



Plan Régional d'Actions en faveur des Lagunes temporaires méditerranéennes

M. Latron, K. Faure, A. Allies, P. Massart, R. Alric, G. Papuga

Août 2021



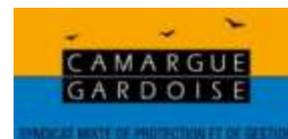
Document réalisé par :



Document réalisé avec le soutien de :



Document réalisé avec la participation de :



Coordination :

Karine Faure – Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles (CBNMed)

Rédaction du document :

Mathilde Latron – Fondation Tour du Valat & CBNMed

Karine Faure – CBNMed

Pablo Massart – CBNMed

Aubin Allies – CBNMed

Renaud Alric – CBNMed

Relecture :

Guillaume Papuga – Faculté des sciences de Montpellier – UMR Botanique et modélisation de l'architecture des plantes et des végétations (AMAP)

James Molina – CBNMed

Personnel du CBNMed impliqué dans le programme :

Sylvia Lochon-Menseau, Frédéric Andrieu, Guilhem De Barros, Henri Michaud, Ines Le Fur

Date de réalisation : Juin 2021

Citation recommandée :

Latron M., Faure K., Allies A., Massart P., Alric R., Papuga G., 2021. Plan régional d'actions en faveur des lagunes temporaires méditerranéennes. Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles, Tour du Valat. 172 p.

Photographie de couverture : CBNMed, 2020 (Lagune temporaire méditerranéenne sur le site du Grand Port Maritime de Marseille)

Remerciements :

ADENA ; Réserve naturelle nationale du Bagnas (FORTUNY Xavier)
Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse (BOSC-BOSSUT Nadine)
Aude Nature (CLEMENT Dominique)
CBNMed (LOCHON-MENSEAU Sylvia, MICHAUD Henri, MOLINA James)
CNRS / Université Paul-Valéry Montpellier 3 (GHIOTTI Stéphane)
Communauté d'Agglomération Béziers Méditerranée (DUPUY Gaëlle, KERJEAN Lucie)
Communauté d'Agglomération Hérault Méditerranée (AZEMA Julien)
Communauté d'Agglomération du Pays de l'Or (COULON Florian, FUSTER Jonathan, PALLARD Benjamin)
Communauté d'Agglomération Var Estérel Méditerranée (BERGERON Kévin)
Communauté de communes la Domitienne (CRESPO Boris, SCHOEN Nina)
Commune de Gruissan (ARCHAMBAULT Mélanie)
Commune de Lattes (FAUCON Gwenaëlle)
Commune de Port Saint Louis du Rhône (DI BENEDETTO Charlotte, RUIZ Christophe)
Commune du Grau du Roi (PETEGNIEF Loïc, ROSSO Christophe)
Conseil départemental de l'Aude (DUMEUNIER Vincent)
Conseil départemental des Bouches-du-Rhône (BANTWELL Laetitia)
Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie (DURAND Héloïse, FOULC Ludovic, JULLIAN Rémi, KLESCZEWSKI Mario, PARADIS Romane, SCHER Olivier)
Conservatoire d'Espaces Naturels Provence – Alpes - Côte d'Azur (OULES Emeline)
Conservatoire du Littoral (DELABIE Matthieu, HIRIGOYEN Jérôme, SEJALON Sophie)
Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Occitanie (MANDON Isabelle)
Entente Interdépartementale de Démoustication (FRANCES Benoît)
Grand Port Maritime de Marseille (BOCOGNANO Jean-Michel, DEVEZE Magali, QUONIAM Isabelle)
IFREMER (OUISSÉ Vincent)
Méridionale salinière (GABANOU Lony)
Métropole Aix-Marseille-Provence (GERBEAU Elodie)
Métropole Toulon Provence Méditerranée (LASCEVE Matthieu)
Montpellier Métropole Méditerranée (CAUCAT Julien)
Muséum d'Histoire Naturelle du Var (MIGLIORE Jérémy)
Parc Naturel Régional de Camargue (MONCOURTOIS Cécile)
Parc Naturel Régional de la Narbonnaise en Méditerranée (MASVIDAL Angélique, MOLLERA Guilhem, NICOLAS Sylvain)
Pôle-relais Lagunes méditerranéennes (BARRE Nathalie, GARRIDO Marie, LOMBARDINI Katia)
Région Occitanie (AOUBID Schéhérazade)
Sète Agglopol Méditerranée (ENJALBERT Olivier, LAFOND Sandrine, PESCAIRE Laurie)
Société Nationale de Protection de la Nature ; Réserve Naturelle Nationale de Camargue (BEFELD Silke, BRICAULT Benjamin, CHEIRON Anaïs)
Syndicat du bassin du Lez (FABREGA Héléne, NAVARRE Sandrine, PENOUILH Julie)
Syndicat mixte du bassin de l'Or (CASE Ludovic, LE POMMELET Eve)
Syndicat mixte du bassin de Thau (PFLEGER Camille)
Syndicat mixte du bassin versant du Réart (MIVIERE Roland)
Syndicat mixte pour la protection et la gestion de la Camargue Gardoise (CUILLERET Anne-Line, LAFOURNIERE Léa)
Syndicat mixte pour l'Etang de Berre (GIPREB) (MOTTE Marie)
Syndicat mixte Rivage (MAILHEAU Marie, NOEL Jean-Alexis, ROBERT Julien)
Fondation Tour du Valat (FONTES Hugo, GRILLAS Patrick, WILLM Loïc)
UMR Biodiversité Marine, Exploitation et Conservation (MARBEC) (DE WITT Rutger)
UMR Botanique et modélisation de l'architecture des plantes et des végétations (AMAP) (PAPUGA Guillaume)

Sommaire

Contexte de l'étude	3
Objectifs de l'étude	5
1. Introduction	7
2. État des lieux des connaissances sur les lagunes temporaires méditerranéennes	9
2.1. Définitions et typologies	9
2.1.1. Point historique	10
2.1.2. Description des lagunes temporaires méditerranéennes.....	12
2.1.3. Développement d'une définition pour les lagunes temporaires méditerranéennes et proposition d'une typologie de l'habitat 1150-2	13
2.2. Distribution des lagunes temporaires sur la côte méditerranéenne de France continentale	17
2.2.2. Cartographie des zones potentielles de lagunes temporaires méditerranéennes via un modèle de télédétection	17
2.2.3. Validation de la cartographie obtenue	25
2.3. Enjeux floristiques au sein des lagunes temporaires méditerranéennes.....	28
2.4. Conclusion	32
3. Fonctionnement écologique des lagunes temporaires méditerranéennes	33
3.1. Matériel et méthode	33
3.2. Analyses et résultats	37
3.3. Discussion et conclusion	47
4. Diagnostic des pressions recensées sur les lagunes temporaires méditerranéennes ..	51
4.1. Pressions recensées sur le terrain.....	51
4.2. Niveaux de protection des lagunes temporaires méditerranéennes	53
4.3. État écologique et pistes pour des indicateurs de pression	55
5. Programme d'actions 2022 – 2032	59
5.1. Améliorer les connaissances sur l'habitat.....	61
Mettre à jour la cartographie des lagunes temporaires méditerranéennes.....	62
Sélectionner des sites pilotes.....	65
Améliorer les connaissances sur le fonctionnement hydrologique de l'habitat	68
Améliorer les connaissances sur le processus d'eutrophisation de l'habitat	70
Réaliser un suivi pluriannuel des macrophytes au niveau de l'habitat.....	72
Améliorer les connaissances sur la phénologie des macrophytes typiques de l'habitat.	74

Améliorer les connaissances sur certains groupes bioindicateurs	76
Améliorer les connaissances sur les conditions écologiques propices au développement des macrophytes typiques de l'habitat	78
5.2. Préserver et restaurer l'habitat.....	81
Réaliser une synthèse des retours d'expérience sur les opérations de gestion et de restauration de l'habitat	82
Définir une méthode de hiérarchisation des enjeux de conservation de l'habitat	84
Évaluer l'état écologique de l'habitat.....	86
Définir une méthode de typification des actions à mener au niveau des sites.....	88
Intégrer la préservation de l'habitat dans les documents d'urbanisme, les stratégies territoriales et les programmes d'actions	90
Mettre en œuvre des actions de restauration de l'habitat	92
5.3. Coordonner le PRA et améliorer la concertation, l'information et la sensibilisation	95
Animer et évaluer le plan régional d'actions	96
Étendre le plan régional d'actions à la Corse	98
Collecter et mutualiser les données issues du plan régional d'actions	100
Informier et sensibiliser les différents acteurs	102
Former les gestionnaires de milieux naturels, services de l'état et les collectivités	104
Publier et diffuser les résultats issus du plan régional d'actions à différentes échelles	106
Bibliographie	109
Annexe 1 : Guide des macrophytes typiques des lagunes temporaires méditerranéennes	113
Annexe 2 : Protocole de suivi hydrologique	137
Annexe 3 : Protocole de suivi des macrophytes	139
Annexe 4 : Protocole de validation du modèle de télédétection	143
Annexe 5 : Protocole de relevé pédologique	145
Annexe 6 : Cartographies des zones de présence potentielle de lagunes temporaires méditerranéennes	147
Annexe 7 : Résumé des données relevées sur les lagunes temporaires méditerranéennes suivies	157

Contexte de l'étude

Les complexes lagunaires méditerranéens français s'étendent sur 129 344 ha entre terre et mer et sur trois régions administratives, Occitanie, Provence-Alpes Côte d'Azur et Corse (Barral *et al.*, 2007). Ils jouent un rôle sociétal fort et font l'objet d'usages ancestraux (pêche, conchyliculture, chasse, production de sel, tourisme...), ce qui les rend incontournables tant dans le paysage économique que culturel des départements qui les hébergent. Ils accueillent également une biodiversité importante (avifaunistique, floristique...) et représentent dès lors des valeurs écologiques, économiques et culturelles fortes. Cependant, l'antagonisme qui peut exister entre ces trois types de valeurs rend leur gestion tout aussi compliquée qu'importante.

A ceci s'ajoute que, depuis 1975, la population vivant au sein des départements littoraux méditerranéens continentaux a considérablement augmenté (+45%) (INSEE, www.insee.fr/fr/statistiques/1893198, *Estimation de population par département, sexe et grande classe d'âge – Années 1975 à 2020*). Cet essor démographique se traduit par une augmentation des pressions anthropiques à travers une artificialisation des milieux naturels, et des apports d'eaux polluées et/ou enrichies en nutriments et en limons vers les lagunes. Or, en cas d'apports massifs, la qualité écologique de ces milieux fragiles peut être dégradée (Sources : Ifremer, 2014).

Ce sont ces conditions de pressions environnementales qui ont amené à la création de différents programmes avec pour objectif principal la préservation des lagunes (masses d'eau) et de leurs zones humides périphériques. Parmi ces programmes nous comptons le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) 2016-2021 qui présente plusieurs grandes orientations fondamentales (OF) qui ont pour visée de préserver la qualité des masses d'eau et des zones humides. Parmi ces orientations, ciblant notamment les lagunes, nous pouvons citer les OF n°5A et B, « Poursuivre les efforts de lutte contre les pollutions d'origine domestique et industrielle » et « Lutter contre l'eutrophisation des milieux aquatiques » ainsi que les OF n°6A et B, « Agir sur la morphologie et le découloisonnement pour préserver et restaurer les milieux aquatiques » et « Préserver, restaurer et gérer les zones humides ». Ces objectifs de préservation sont d'autant plus importants que le changement climatique augmente les risques de perturbation des habitats et de perte de biodiversité, ces effets étant particulièrement visibles dans le cas des zones humides.

Le climat méditerranéen présente de fortes variations hydriques. Il se caractérise par un automne et un hiver doux et humides, avec de fortes précipitations ré-engorgeant les zones humides, et un été aride et sec les asséchant en grande partie. Ce climat fait de la région méditerranéenne, et de ses zones humides en particulier, un bon témoin du réchauffement climatique. L'évolution de la surface des masses d'eau et de leurs zones

humides associées est alors une sentinelle du changement climatique. L'augmentation de la fréquence d'événements extrêmes tels que les sécheresses, les modifications hydrologiques pouvant perturber profondément et de façon permanente le fonctionnement des pièces d'eau ainsi que les pertes de biodiversité liées au changement de l'habitat (augmentation des températures, assèchement, eutrophisation...) sont autant de marqueurs de transformation écologique que l'on peut suivre. Dans le but de contrer ces transformations, il est possible d'engager des actions de restauration physique des milieux et d'amélioration de l'hydrologie comme proposé en OF n°5B-04 du SDAGE. Pour cela il faut, avant tout, mieux comprendre le fonctionnement des milieux aquatiques et humides afin de mieux prédire les risques de perte d'habitat et d'adapter les plans de gestion.

C'est dans ce contexte que la présente étude s'inscrit. Il est ici question de mieux comprendre le fonctionnement écologique et la répartition géographique des lagunes temporaires méditerranéennes. L'étude a été menée sous la coordination du CBNMed, en partenariat avec la Fondation Tour du Valat. L'ensemble des gestionnaires d'espaces lagunaires ont également participé à la réalisation de cette étude à travers des prospections sur le terrain, des suivis hydrologiques et physico-chimiques et une participation aux groupes de travail.

Objectifs de l'étude

Ce plan régional d'actions (PRA) s'inscrit dans la volonté de mieux définir, localiser et comprendre le fonctionnement écologique des lagunes temporaires méditerranéennes qui, bien que très différentes dans leur écologie, sont communément incluses dans la définition des lagunes côtières méditerranéennes. L'étude se déroule en trois phases :

Phase 1 : État des lieux concernant la distribution des lagunes temporaires

Le but, dans un premier temps, est de clarifier la terminologie associée aux lagunes et aux lagunes temporaires méditerranéennes principalement. Nous souhaitons avant tout mettre au point une définition des lagunes temporaires qui soit en accord avec les directives européennes mais aussi avec les définitions scientifiques internationales afin que le présent travail puisse trouver un rayonnement le plus large possible et faciliter la préservation de ces milieux. Dans le futur, la réflexion initiée ici pourrait s'appuyer sur de nouveaux travaux aux niveaux national ou international pour évoluer.

Dans un second temps, nous dressons un état des lieux de la distribution générale des lagunes temporaires méditerranéennes sur le territoire continental français grâce au développement d'un modèle de télédétection. Ce modèle a pour but de mieux cibler les secteurs d'intérêt en mettant en évidence les zones côtières propices à présenter des lagunes temporaires méditerranéennes.

Phase 2 : Analyse du fonctionnement écologique des lagunes temporaires

La seconde phase est constituée d'un suivi de 127 pièces d'eau que nous avons sélectionnées pour être représentatives des lagunes temporaires méditerranéennes. Ces pièces d'eau ont fait l'objet d'un suivi hydrologique au cours d'un cycle hydrologique annuel complet et de relevés floristiques et pédologiques. Cette phase a pour objectif de mieux comprendre le fonctionnement écologique des lagunes temporaires et les processus en jeu permettant d'identifier des leviers efficaces pour restaurer la qualité des lagunes temporaires.

Phase 3 : Rédaction du programme d'actions

Les connaissances acquises durant les deux premières phases du PRA doivent permettre d'identifier les grands enjeux sur les lagunes temporaires méditerranéennes et de proposer des actions concrètes en faveur de cet habitat.

Les fiches actions ont été rédigées à la suite de plusieurs ateliers de réflexion regroupant différents acteurs des complexes lagunaires et notamment les gestionnaires d'espaces naturels, afin de prendre en compte leurs connaissances de terrain, leurs attentes vis-à-vis du PRA et leurs propositions d'actions concrètes répondant à ces attentes.

1. Introduction

Les zones humides ont eu de tout temps un rôle important pour l'homme et elles font le lien entre de nombreux éléments paysagers. Elles ont été qualifiées de "kidneys of the landscape" (*les reins du paysage*) (Mitsch & Gosselink, 2007) mettant ainsi en exergue leur fonction d'épuration des eaux provenant de sources naturelles et anthropiques au sein du bassin versant auquel elles sont rattachées. Elles rendent de nombreux services écosystémiques (Mitsch *et al.*, 2015 ; Zedler & Kercher, 2005) et sont également le berceau d'une biodiversité importante qu'il est primordial de protéger (Bobbink *et al.*, 2007 ; Mitsch & Gosselink, 2000). Les zones humides sont cependant très sensibles aux pollutions des eaux de leur bassin versant ce qui les met, ainsi que leur biodiversité associée, en danger face à l'anthropisation accrue de ces dernières décennies. Si l'on reconnaît aujourd'hui qu'il est indispensable de les protéger, la surexploitation dont elles ont fait l'objet et leur destruction dans le cadre de l'expansion urbaine sont à l'origine de la perte de la moitié de leur surface mondiale au cours des 200 dernières années (Mitsch & Gosselink, 2007 ; Azous & Horner, 2000 ; Darrah *et al.*, 2019 ; Gardner & Finlayson, 2018 ; Li *et al.*, 2018). De ce fait, en Europe les zones humides bénéficient d'une surveillance et d'une protection accrue.

La Directive Habitats Faune Flore (92/43/CEE) adoptée par l'Union Européenne (UE) en 1992 considère notamment les lagunes comme « habitat d'intérêt prioritaire » (European Union, 1992 ; par la suite elle sera nommée DHFF). Les lagunes font également l'objet d'un suivi dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau visant à améliorer la qualité des eaux de surface (European Union, 2000 ; par la suite elle sera nommée DCE).

En vertu de ces deux directives européennes, les lagunes bénéficient d'un statut de protection au sein des pays membres de l'UE qui ont le devoir d'interpréter les définitions des habitats de la DHFF et de la DCE au regard de leurs propres environnements nationaux et de retranscrire, au sein de leurs lois, l'essence de ces deux directives. Mais si les pays membres de l'UE ont le devoir d'interpréter ces définitions, ils n'ont pas l'obligation de se concerter lors de cette interprétation. Ainsi, dans le cas des lagunes côtières (habitat 1150 de la DHFF), une partie de la définition de l'UE n'a pas pris la même importance dans tous les pays. En effet, la définition européenne des lagunes côtières, avant interprétation, inclut les lagunes temporaires avec des végétations de la classe phytosociologique des *Ruppiaetea maritima* qui sont des végétations typiques de ces milieux "[...] **With or without vegetation from Ruppiaetea maritima [...] (CORINE 91: 23.21 or 23.22).**". Cependant, le rattachement de ces lagunes temporaires à l'habitat 1150 est conditionné à un impact peu important de l'homme et une origine primitive naturelle du bassin "[...] **they had their origin on a transformed natural old lagoon or on a saltmarsh, and are characterised by a minor impact from exploitation.**" En l'absence de précision concernant le terme « impact mineur », certains pays ont peu approfondi la question des lagunes temporaires jusqu'à

présent. Nonobstant leur petite taille et la faible diversité de leur biocénose, la biodiversité que ces lagunes temporaires abritent est constituée pour partie d'espèces végétales sténoèces dont certaines bénéficient d'un statut de protection allant du niveau régional au niveau international. Il est donc important de s'intéresser à ces milieux afin de mieux les comprendre, mieux connaître leur distribution le long de la côte méditerranéenne française et de statuer sur leur appartenance, ou non, à l'habitat 1150 de la DHFF. Cette reconnaissance les ferait bénéficier d'un statut de protection qui pourrait s'avérer crucial pour leur préservation et celle de leur biodiversité spécifique.

Ce plan régional d'actions a pour objectif de préserver et de restaurer les lagunes temporaires méditerranéennes. Il doit permettre de répondre aux problématiques suivantes :

- Les lagunes temporaires méditerranéennes font-elles parties de l'habitat 1150 de la DHFF ?
- Quelle est la répartition des lagunes temporaires méditerranéennes sur la façade méditerranéenne continentale française ?
- Quelles sont les caractéristiques écologiques et floristiques des lagunes temporaires méditerranéennes ?
- Quels sont les paramètres environnementaux qui expliquent la présence et l'abondance des espèces typiques des lagunes temporaires méditerranéennes ?
- Quels sont les pressions environnementales subies par les lagunes temporaires méditerranéennes ?

2. État des lieux des connaissances sur les lagunes temporaires méditerranéennes

2.1. Définitions et typologies

Les plans de gestion de la biodiversité basés sur une approche de protection des habitats représentent la pierre angulaire de la biologie de la conservation appliquée de ces dernières dizaines d'années (Noss *et al.*, 1997). Cependant, la définition du concept d'habitat elle-même fait l'objet de débats malgré le fait qu'il s'agisse de l'un des concepts de base de l'écologie moderne (Mitchell, 2005). Deux problèmes se posent :

(1) la notion même d'habitat : Deux grands concepts peuvent prendre place ici, le premier basé sur l'espèce correspondant à la niche écologique, le deuxième basé sur la communauté d'espèces associant l'habitat à une combinaison spécifique d'espèces qui sont le reflet des caractéristiques abiotiques du milieu dans lequel elles se trouvent (Yapp, 1922). Ainsi, il convient d'être clair dès le départ sur la notion qui fera foi dans un écrit avant d'aller plus loin afin de ne pas perdre le lecteur.

(2) la délimitation de ces habitats sur le terrain : une fois ceux-ci définis conceptuellement, la délimitation est intrinsèquement arbitraire du fait de l'origine anthropique de leur définition (Hall *et al.*, 1997 ; Mitchell, 2005). Tout ceci peut avoir pour conséquence une augmentation des difficultés de cartographie de ces habitats sur le terrain (Mücher *et al.*, 2009).

Les lagunes côtières, auxquelles sont rattachées les lagunes temporaires méditerranéennes, font l'objet d'une multitude de définitions à la fois dans la littérature scientifique et dans les textes institutionnels. Si elles se recoupent toutes en partie, elles diffèrent suffisamment pour entraîner un flou sur les limites de la définition et compliquer le rattachement de certaines pièces d'eau à l'habitat 1150 « lagunes côtières » de la DHFF.

Deux questions se posent alors :

- (1) Comment savoir si les lagunes temporaires méditerranéennes se rattachent à la définition des lagunes côtières si toutes les définitions diffèrent ?
- (2) Si les lagunes temporaires méditerranéennes se rattachent aux lagunes côtières, comment développer une définition qui fasse *consensus* au moins sur les côtes nord de la Méditerranée ?

Nous proposons tout d'abord de faire un point historique sur la définition des lagunes côtières et son utilisation dans les textes institutionnels puis d'analyser la bibliographie pour développer une définition des lagunes temporaires méditerranéennes et l'intégrer au sein d'une typologie des lagunes côtières méditerranéennes. Le détail de l'analyse bibliographique est consultable dans la note « Développement d'une définition des

lagunes temporaires méditerranéennes et proposition d'une typologie de l'habitat 1150-2 » annexée au PRA.

2.1.1. Point historique

L'une des premières tentatives pour catégoriser les masses d'eau saumâtres se basait sur les niveaux de salinité comme variable de classification (*The Venice system* ; Anonyme, 1958). Cette première classification archivée est encore aujourd'hui utilisée même si les niveaux de salinité de transition d'un groupe à l'autre ne sont pas toujours exactement respectés par les auteurs. L'une des plus vieilles définitions portant sur les lagunes et leur classification à proprement parler et qui est encore utilisée comme référence de nos jours, est celle de Barnes (1980). Barnes définit les lagunes côtières comme suit : ***“des étendues d'eau saumâtres à salées, peu profondes, peu assujetties aux marées, semblables à des étangs ou des lacs, séparées de la mer adjacente par une barrière sédimentaire mais recevant cependant des flux d'eau en provenance de celle-ci”***. En 1994, Kjerfve publie une nouvelle classification des lagunes. Avec ce nouveau travail de classification vient une nouvelle définition pour les lagunes côtières : ***“des étendues d'eau continentales, généralement parallèles à la côte, séparées de l'océan par une barrière, connectées à l'océan par un ou plusieurs graus plus ou moins larges, avec une profondeur excédant rarement les deux mètres. Les lagunes peuvent, ou non, être sujettes aux marées, et la salinité peut varier de celle de lacs côtiers d'eau douce à des lagunes hyperhalines, en fonction de l'équilibre hydrologique. La formation des lagunes résulte de la hausse du niveau de la mer au cours de l'Holocène ou du Pléistocène et de la formation de barrières côtières via des processus liés aux courants marins”***. La salinité, comme pour *The Venice system*, garde une place importante dans les définitions et dans les classifications des lagunes proposées par Barnes et Kjerfve qui y ajoutent cependant d'autres variables environnementales. Bien que leurs deux définitions soient en grande partie similaires nous remarquerons que la définition de 1994 est plus inclusive et élargit les marges de la définition des lagunes côtières. Ces deux définitions, lorsqu'elles ne sont pas utilisées directement, entièrement ou en partie, servent souvent de base pour la construction des différentes définitions données aux lagunes côtières dans la littérature scientifique.

Du côté institutionnel plusieurs textes se sont penchés, entre autres, sur la définition et la classification des lagunes côtières. Un premier travail de classification typologique et de définitions des biotopes terrestres, CORINE Biotopes, a débuté dans les années 80 et sa première version est parue en 1991. Les lagunes côtières y sont définies sous le code 21 comme ceci ***“Eaux côtières salées voire hypersalines, souvent issues d'anciens bras de mer envasés et isolés par un cordon de sable ou de vase. La présence de végétation peut être précisée par l'addition des codes 23.21 ou 23.22”*** (les codes 23.21 et 23.22 font références aux végétations à *Ruppia* et *Zostera*). Les lagunes temporaires naturelles y sont incluses de par la mention des végétations à *Ruppia*. Cependant, les lagunes temporaires ayant été exploitées sont exclues du code 21 qui définit les lagunes côtières, et font partie de deux

autres habitats sous les codes 89.12 (salines) avec la définition suivante **“Bassins d'évaporation en activité ou récemment abandonnés. Les habitats détaillés peuvent être codés par l'utilisation de la subdivision de 15 et 23 en conjonction avec 89.12 ”** et 89.13 (Autres lagunes industrielles et canaux salins) **“Pas de définition”** (Bissardon *et al*, 1997).

La DHFF adoptée par l'UE en 1992 et ayant une visée réglementaire pour la protection de l'environnement s'appuie sur ce premier travail mais modifie et étoffe la définition des lagunes côtières. La déclinaison française de la DHFF dans les cahiers d'habitats retient la définition suivante **“Étendues d'eau salée côtières, peu profondes, de salinité et de volume d'eau variables, séparées de la mer par une barrière de sable, de galets ou plus rarement par une barrière rocheuse. La salinité peut varier, allant de l'eau saumâtre à l'hypersalinité selon la pluviosité, l'évaporation et les apports d'eau marine fraîche lors des tempêtes, d'un envahissement temporaire par la mer en hiver ou à cause des marées. Avec ou sans une végétation des *Ruppia maritima*, *Potamogeton*, *Zostera* ou *Chara* (CORINE 91 : 23.21 ou 23.22). [...] Les bassins et étangs de salines peuvent être également considérés comme des lagunes, dans la mesure où ils sont le résultat de la transformation d'une ancienne lagune naturelle ou d'un ancien marais salé et caractérisés par un impact mineur de l'activité d'exploitation”** (European Union, 1992).

Un nouveau travail de classification et de définition des habitats européens importants pour la préservation de l'environnement intitulé EUNIS fut entrepris en 1995. Les lagunes y sont séparées en deux catégories, les lagunes littorales salées sous le code X02 et avec la même définition que celle donnée par la DHFF et les lagunes littorales saumâtres sous le code X03 avec une définition identique à la première d'un point de vue morphologique mais pour lesquelles la salinité est plus faible : les lagunes **“pleinement salées”** sont exclues. D'un point de vue phytosociologique, les végétations qui sont décrites dans l'habitat X03 sont des végétations de milieux saumâtres supportant mal les fortes salinités (Gayet *et al*, 2018).

Enfin, en 2000, les lagunes sont décrites dans une seconde Directive européenne à cadre de réglementation, la Directive Cadre sur l'Eau (DCE 2000/60/CE). Cette directive n'ayant pas les mêmes objectifs que la DHFF, ou les typologies CORINE Biotopes et EUNIS, elle ne définit pas l'habitat « lagunes côtières » mais la masse d'eau qui y est associée. Cette dernière définition est la suivante **“masses d'eaux de surface à proximité des embouchures de rivières, qui sont partiellement salines en raison de leur proximité d'eaux côtières, mais qui sont fondamentalement influencées par des courants d'eau douce”** (European Union, 2000). Le SDAGE 2016-2021 du bassin Rhône-Méditerranée va plus loin encore en réduisant les masses d'eau concernées par cette définition au **“Lagunes méditerranéennes de plus de 50 hectares”** (Comité de bassin Rhône Méditerranée, 2015).

Ces différentes définitions, quelles que soient leurs origines, se basent majoritairement sur des caractéristiques hydro-morphologiques pour définir les lagunes

côtières. Même les textes institutionnels (DCE exclue) qui, pour la plupart des unités décrites, proposent des définitions basées principalement sur des critères phytosociologiques, présentent ici une définition où les groupements floristiques ne sont considérés que comme des indicateurs secondaires. Ici, l'*habitat* lagunes côtières ne correspond donc à aucune des deux notions habituellement désignées par le terme *habitat* en écologie. Cependant, dans la suite de ce document nous avons choisi, pour être en accord avec la dénomination donnée par la DHFF et pour une meilleure lisibilité de nos propos, de continuer d'utiliser le terme *habitat* pour désigner les lagunes en tant qu'unité de fonctionnement hydro-morphologique où la végétation ne prend pas la première place mais sert à affiner la définition lorsqu'elle est présente.

Bien que ces différentes définitions se recoupent, elles divergent suffisamment pour entraîner des confusions lors de la cartographie de l'*habitat* lagunes côtières. Parmi les pièces d'eau qui sont tour à tour incluses ou exclues de la cartographie de l'*habitat* « lagunes côtières », il y a les lagunes temporaires méditerranéennes. En assec une partie de l'année, elles sont souvent en mosaïque avec d'autres habitats et sont donc encore plus difficilement identifiables. Les lagunes temporaires méditerranéennes correspondent pourtant à des pièces d'eau côtières saumâtres à salées appartenant aux complexes lagunaires et abritant des espèces aquatiques. Le fonctionnement hydrologique particulier de ces pièces d'eau, les plaçant à la lisière entre milieux aquatiques et milieux terrestres, additionné à la difficulté d'accepter ou non un niveau d'impact anthropique, difficile à évaluer par ailleurs, les a longtemps lésés dans leur prise en compte au niveau des plans de gestion.

Nous proposons ici un travail bibliographique visant à clarifier la nomination et la définition des lagunes temporaires méditerranéennes permettant ainsi de valider, ou non, leur appartenance à l'*habitat* « lagunes côtières » 1150 de la DHFF.

2.1.2. Description des lagunes temporaires méditerranéennes

En nous basant sur des descriptions de lagunes temporaires prenant place dans la présentation des sites d'études dans des articles scientifiques, et sur nos connaissances de terrain, nous pouvons avancer la description suivante : Les lagunes temporaires méditerranéennes peuvent être décrites comme des masses d'eau côtières, temporairement remplies d'eau saumâtre à hyperhaline, qui s'assèchent chaque année (Lopez-Gonzalez *et al.*, 1998 ; Onnis, 1974). Cet assèchement est généralement induit par le déficit hydrique estival typique du climat méditerranéen. Deux temps majeurs rythment le cycle hydrique de ces lagunes temporaires : (1) l'apport d'eau douce en automne et/ou en hiver qui permet de renflouer les masses d'eau et de réduire la salinité ; (2) l'évaporation de l'eau au printemps et en été. Ce cycle hydrologique induit une variation annuelle de la salinité de l'eau. Néanmoins, les variations météorologiques annuelles, les fluctuations de niveau des eaux sous-terraines et l'impact occasionnel de coup de mer (ex : lors de grandes tempêtes) peuvent influencer les temps de mise en eau annuels. Comme les autres lagunes côtières, les

lagunes temporaires sont pour la plupart peu profondes et ne dépassent pas quelques décimètres de profondeur. Ces plans d'eau peuvent ou non contenir une végétation submergée appartenant souvent à la classe des *Ruppiaetea maritimae* (J. Tüxen ex Den Hartog & Segal 1964). Cette classe de végétation est uniquement composée de taxons de macrophytes, parmi lesquels on trouve souvent *Ruppia maritima* L. et *Althenia filiformis* Petit (Cook & Guo, 1990 ; Verhoeven 1975 et 1979). Quelques *Characeae* peuvent être observées, telles que *Lamprothamnium papulosum* (K.Wallroth) J.Groves, *Tolypella salina* Corillon, *Tolypella hispanica* (Nordst ex T.F.Allen, 1888), et différentes *Chara spp.* (Bracamonte *et al.*, 2013 ; Lambert *et al.*, 2013). Deux espèces de bryophytes rares sont également connues sur ce type d'habitat : *Riella helicophylla* (Bory & Mont.) Mont. et *R. notarisii* (Mont.) Mont. (Casas *et al.*, 1992 ; Sabovljević *et al.*, 2016). Ces espèces supportent des variations significatives de salinité et, au moins une étape de leur cycle de vie peut supporter une dessiccation périodique. Par conséquent, la principale différence avec la plupart des lagunes côtières est cet assèchement et une connexion à la mer faible et intermittente lorsqu'elle existe. En raison de leur origine, souvent due au remplissage sédimentaire d'anciennes lagunes, les lagunes temporaires se trouvent souvent à la périphérie des lagunes côtières permanentes. En fonction de leur situation géographique dans le complexe lagunaire et de leur formation historique, les lagunes temporaires sont soit totalement endoréiques, soit reliées entre elles dans un complexe lagunaire pendant les périodes d'inondation, de l'automne au printemps. Ces lagunes ont souvent été fragmentées par des barrages pour contrôler leur fonctionnement hydrologique (l'origine de l'eau, les dates et durées d'inondation,...) et concentrer le sel. De nombreuses exploitations ont été abandonnées au cours des 50 dernières années, ce qui a entraîné un réaménagement des habitats (De Wit *et al.*, 2020).

2.1.3. Développement d'une définition pour les lagunes temporaires méditerranéennes et proposition d'une typologie de l'habitat 1150-2

Sur la base de l'étude de trois corpus de textes composés d'articles scientifiques et de textes institutionnels, nous avons étudié les thèmes et le vocabulaire utilisés dans les définitions données aux lagunes côtières dans un premier temps, et aux lagunes temporaires dans un second temps. Le but était :

- (1) de vérifier, au regard de la littérature et sachant leur appartenance aux milieux lagunaires, si les lagunes temporaires méditerranéennes répondent à une définition compatible avec la définition des lagunes côtières.
- (2) de donner une définition et un nom à cet habitat qui soient représentatifs des caractéristiques écologiques observées, et qui puissent être intégrés et utilisés aussi bien par la communauté des chercheurs que par celle des gestionnaires d'espaces naturels.

L'une des complications majeures que l'on rencontre lorsque l'on cherche à donner une définition consensuelle internationale aux lagunes côtières vient de leur large répartition mondiale. En effet, leurs caractéristiques hydrologiques et géomorphologiques, tout comme leur fonctionnement écologique peuvent varier de façon importante d'un territoire à l'autre sur l'ensemble du globe. Cependant, si l'on se concentre sur la zone du paléarctique ouest, et plus particulièrement dans le bassin méditerranéen, les pièces d'eau englobées dans la définition des lagunes côtières sont plus similaires, et se distinguent nettement des autres systèmes côtiers. Notre étude bibliographique n'a donc porté que sur des textes prenant place dans la zone du paléarctique ouest. Au total, 318 références ont été examinées pour en extraire les définitions et les étudier. Nous avons ainsi récolté 87 définitions de lagunes côtières, 5 définitions de lagunes temporaires et 6 définitions institutionnelles. Les résultats de l'analyse de texte sont résumés dans la Figure 1.

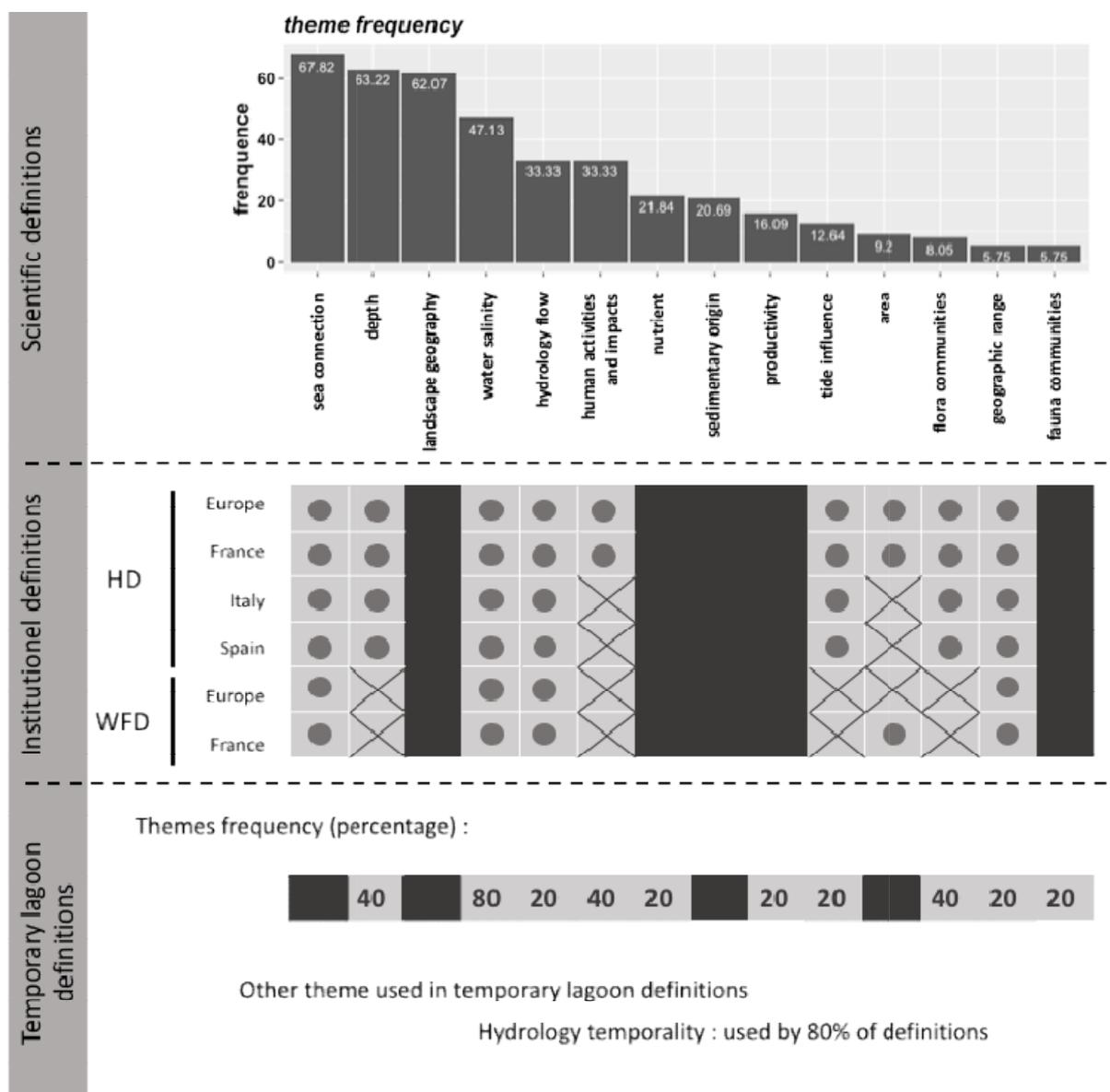


Figure 1 : Thèmes utilisés dans les définitions des trois corpus de texte. (a) Le graphique du haut représente le pourcentage de récurrence des thèmes abordés dans les définitions du *corpus lagunes côtières* (définitions utilisées dans la littérature scientifique) ; (b) le tableau au centre représente l'utilisation (avec un point gris) ou Plan Régional d'Actions en faveur des lagunes temporaires méditerranéennes ; CBNMed, Fondation Tour du Valat ; Août 2021

la non utilisation (avec une croix) des thèmes abordés dans les définitions institutionnelles (HD = DHFF ; WFD = DCE), les thèmes qui ne sont utilisés dans aucune des six définitions de ce *corpus* sont entièrement grisés ; (c) la fréquence des thèmes utilisés dans les définitions du *corpus lagunes temporaires méditerranéennes* est représentée dans la partie basse de la figure.

On peut voir qu'il existe de grandes analogies entre les définitions institutionnelles et celles issues de la littérature scientifique se rapportant aux lagunes côtières. Bien que nous n'ayons trouvé que très peu de définitions portant sur les lagunes temporaires, les thèmes utilisés pour les décrire sont également très analogues à ceux utilisés dans les définitions des lagunes côtières avec l'ajout quasi constant (4 définitions sur 5) du thème de la temporalité de la mise en eau. Les thèmes à privilégier pour le développement de notre définition sont donc la **profondeur**, la **salinité**, les **flux hydriques**, les **communautés floristiques** et la **temporalité** du milieu.

Au regard de nos connaissances et des éléments qui vous ont été présentés ci-dessus, nous proposons un schéma de séparation des eaux de surfaces côtières méditerranéennes en Figure 2 et une typologie de l'habitat des lagunes côtières en trois unités distinctes en fonction de leurs caractéristiques hydrologiques : les **lagunes côtières permanentes euryhalines et polyhalines**, les **lagunes côtières permanentes oligohalines à mésohalines** et les **lagunes côtières temporaires à salinité variable**.

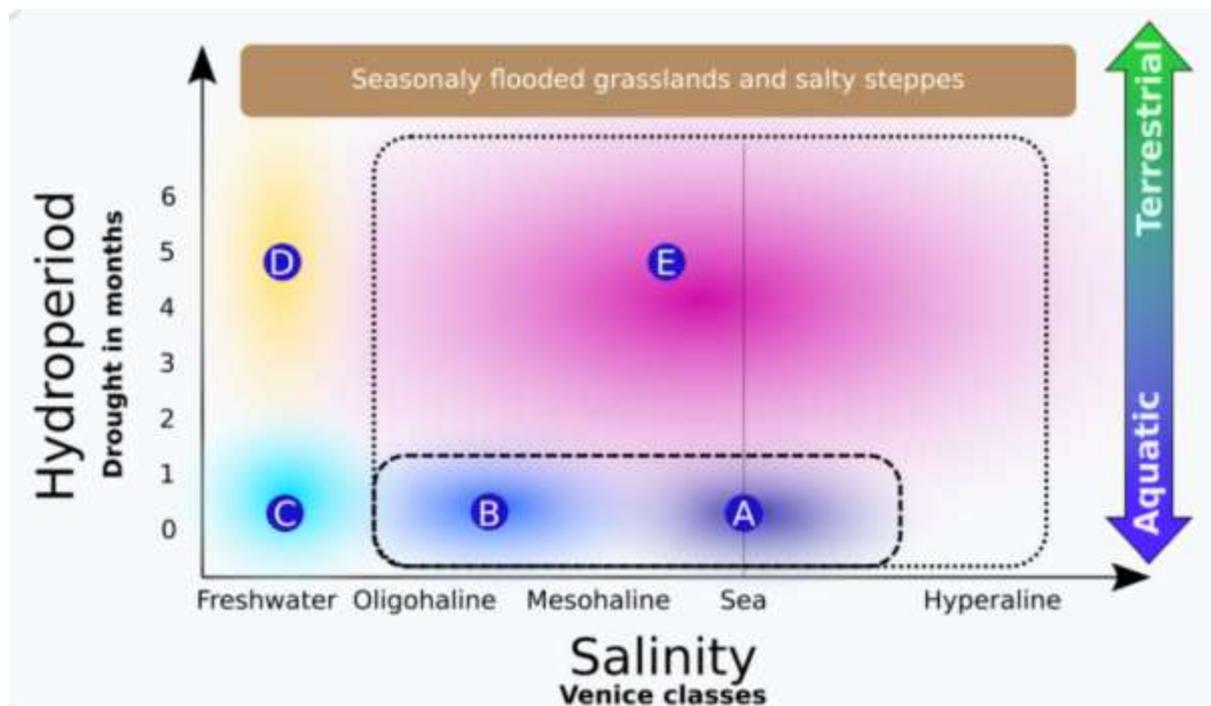


Figure 2 : schéma conceptuel dissociant les pièces d'eau du bassin méditerranéen en unités distinctes (basé sur Grillas, 1990). **A** représente les lagunes côtières permanentes euryhalines et polyhalines (ex : Étang de Thau dans Bec *et al.*, 2005) ; **B** représente les lagunes côtières permanentes oligohalines à mésohalines (ex : Étang du Bagnas dans Menu *et al.*, re-soumission après révisions) ; **C** représente les lacs d'eau douce permanents (ex : Lac Hourtin dans Buquet *et al.* 2017) ; **D** représente les mares temporaires d'eau douce (ex : la mare d'Agriate dans Paradis *et al.* 2015) ; **E** représente les lagunes temporaires méditerranéennes avec

d'importantes variations inter- et intra-annuelles de la salinité et du temps d'assèchement (ex : complexe lagunaire de Camargue dans Verhoeven, 1975).

Deux facteurs écologiques conditionnent l'expression de la biodiversité au sein des milieux aquatiques temporaires : le temps de mise en eau et la salinité (Keddy, 2016 ; Grillas, 1990). Par conséquent, lorsqu'une masse d'eau est (1) située dans un contexte sédimentaire côtier, (2) avec des eaux saumâtres à hyperhalines, (3) avec peu de profondeur d'eau et (4) dont la végétation (si elle est présente) est dominée par des macrophytes, nous recommandons l'utilisation de la dénomination "lagune côtière" (et donc une affiliation à l'habitat 1150-2), qu'elle subisse des assèchements annuels ou non. La dominance des macrophytes atteste de l'importance de l'eau sur l'écosystème et lui permet de se différencier des habitats environnants de zones humides tels que les fourrés halophiles ou les steppes salées.

Typologie de l'habitat 1150-2 – lagunes côtières méditerranéennes :

- Les **lagunes côtières permanentes euryhalines et polyhalines** sont des masses d'eau dont la salinité est proche ou supérieure à celle de la mer (~18 à 40 g.l-1) et qui ne s'assèchent pas selon un cycle saisonnier. Les eaux proviennent le plus souvent d'un mélange d'eau douce (c'est-à-dire du ruissellement ou du débit d'une rivière), d'eau de pluie et d'eau salée par le biais d'une connexion avec la mer, qu'elle soit permanente ou temporaire. La végétation se compose le plus souvent de phanérogames (*Zostera sp.*) et d'algues du genre *Ulva*, *Enteromorpha*, *Cladophora* ou même *Codium* (Christia *et al.*, 2018 ; De Wit *et al.*, 2020 ; Le Fur *et al.*, 2017 ; Pérez-Ruzafa *et al.*, 2011).
- Les **lagunes côtières permanentes oligohalines (0,5 à 5 g.l-1 de sel) à mésohalines (5 à 18 g.l-1 de sel)** ont une salinité relativement faible et stable pendant l'année. Ces masses d'eau ne s'assèchent généralement pas totalement selon un cycle saisonnier. Les apports d'eau douce proviennent principalement des rivières et les apports directs de la mer sont rares, voire inexistantes. La végétation est souvent constituée de phanérogames euryèces telles que *Stuckenia pectinata*, *Ruppia cirrhosa* et d'algues du genre *Ulva*, ainsi que de diverses *Characeae* (Christia *et al.*, 2018 ; De Wit *et al.*, 2020 ; Le Fur *et al.*, 2017 ; Pérez-Ruzafa *et al.*, 2011).
- Les **lagunes côtières méditerranéennes temporaires** sont des masses d'eau qui présentent d'importantes fluctuations annuelles de leur niveau d'eau et qui sont généralement endoréiques. Elles sont souvent isolées de la mer mais peuvent recevoir des eaux marines lors de surcotes marines importantes. Elles présentent un niveau d'eau fluctuant induit par la variation climatique annuelle, avec une période sèche en été qui va d'un mois à six mois ou plus. La salinité présente une variation cyclique en fonction du niveau de l'eau, augmentant tout au long de la saison végétative, de l'hiver à la fin du printemps avec l'assèchement des lagunes. Les salinités les plus basses en début de saison sont de l'ordre de ≈5 g/l et, selon les

conditions locales, peuvent augmenter jusqu'à des concentrations très élevées jusqu'à former une croûte de sel sur le sol asséché de la lagune. Ces masses d'eau peuvent être recouvertes ou non par une végétation de macrophytes, dominée par des espèces sténoèces caractéristiques de ce type d'habitat.

L'impact de l'homme n'est pas abordé par volonté. De cette façon, la complexité des écosystèmes transformés par l'homme ne devrait pas influencer notre définition des habitats et permettre une vision plus large de leur conservation.

2.2. Distribution des lagunes temporaires sur la côte méditerranéenne de France continentale

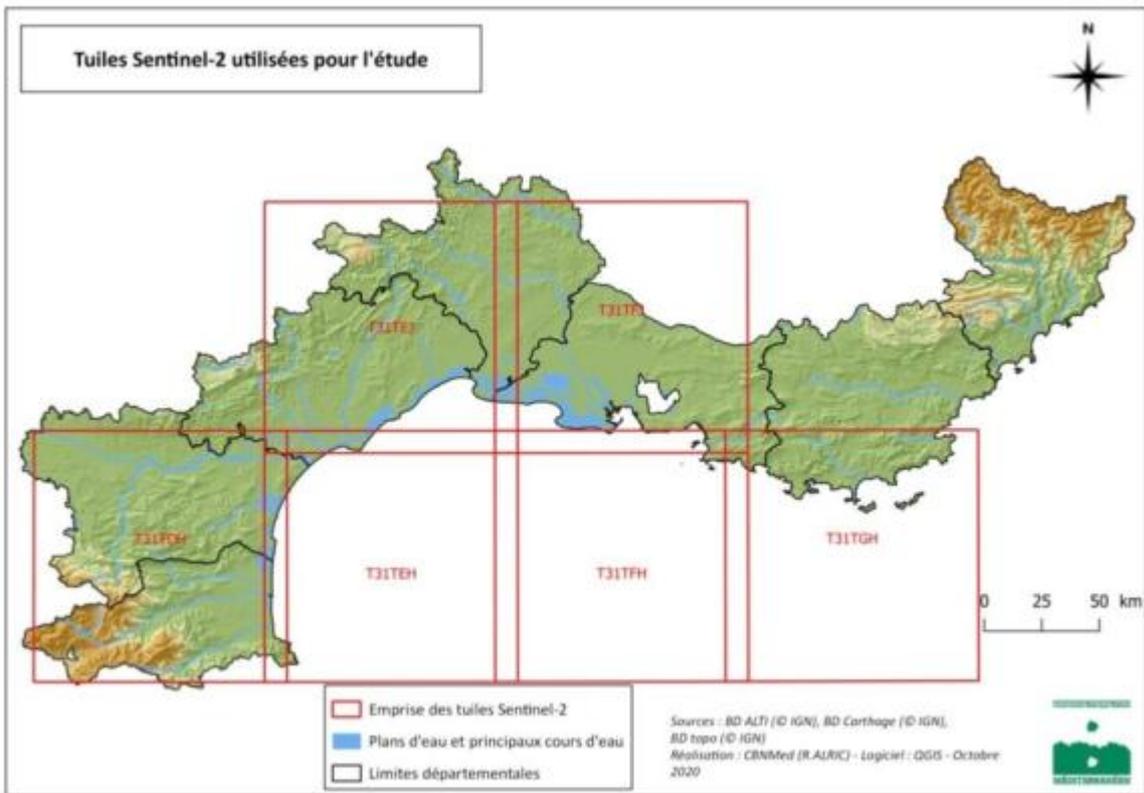
2.2.2. Cartographie des zones potentielles de lagunes temporaires méditerranéennes via un modèle de télédétection

La méthode développée vise à cartographier les zones de lagunes temporaires potentielles et leurs hydroperiodes. Elle est basée sur l'exploitation de séries d'images issues du satellite Sentinel-2 et de différentes couches d'information principalement issues de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN). La méthode est présentée et détaillée en deux temps. Une première partie consiste en un Modèle Linéaire Généralisé (GLM) qui combine les hydroperiodes, l'indice de végétation MSAVI2 (Modified Soil Adjusted Vegetation Index 2) et les valeurs d'altitude (Modèle Numérique de Terrain) afin de déterminer une carte de probabilité de présence des lagunes temporaires. La deuxième partie est consacrée au traitement des mixels (pixels hétérogènes comprenant à la fois des milieux aquatiques et des milieux secs) sur la base de différentes couches d'information de l'IGN. Cette partie est entièrement réalisée avec le logiciel QGIS.

a. Collecte et prétraitement des données

Collecte des données spatialisées

Les images Sentinel-2 téléchargées sur la plateforme Theia sont les tuiles T31TDH, T31TEJ, T31TEH, T31TFJ, T31TFH, T31TGH afin de couvrir l'ensemble du territoire concerné (Carte 1).



Carte 1 : Mosaïque des tuiles Sentinel-2 sur le littoral continental français méditerranéen

L'objectif est d'avoir au moins une image par mois durant les années hydrologiques 2018-2019 et 2019-2020 (Tableau 1 et 2). L'année hydrologique débute à l'automne, au mois de septembre, et se termine au mois de septembre de l'année suivante. La disponibilité des images et la couverture nuageuse variable a conduit à l'utilisation des images suivantes :

T31TDH		T31TEH		T31TEJ		T31TFH		T31TFJ		T31TGH	
Date	Δ										
16/08/2018		26/08/2018		26/08/2018		02/09/2018		02/09/2018		28/08/2018	
20/09/2018	35	20/09/2018	25	25/10/2018	60	07/09/2018	5	27/09/2018	25	27/09/2018	30
25/10/2018	35	05/10/2018	15	24/11/2018	30	27/09/2018	20	02/10/2018	5	02/10/2018	5
24/11/2018	30	25/10/2018	20	29/12/2018	35	02/10/2018	5	06/12/2018	65	06/12/2018	65
29/12/2018	35	24/11/2018	30	03/01/2019	5	06/12/2018	65	11/12/2018	5	10/01/2019	35
03/01/2019	5	24/12/2018	30	12/02/2019	40	11/12/2018	5	05/01/2019	25	15/01/2019	5
12/02/2019	40	29/12/2018	5	22/02/2019	10	05/01/2019	25	25/01/2019	20	25/01/2019	10
22/02/2019	10	03/01/2019	5	27/02/2019	5	10/01/2019	5	04/02/2019	10	04/02/2019	10
27/02/2019	5	12/02/2019	40	24/03/2019	25	15/01/2019	5	01/03/2019	25	14/02/2019	10
29/03/2019	30	22/02/2019	10	13/04/2019	20	04/02/2019	20	16/03/2019	15	01/03/2019	15
13/04/2019	15	27/02/2019	5	13/05/2019	30	14/02/2019	10	21/03/2019	5	16/03/2019	15
13/05/2019	30	29/03/2019	30	02/06/2019	20	01/03/2019	15	31/03/2019	10	21/03/2019	5
23/05/2019	10	13/05/2019	45	17/06/2019	15	11/03/2019	10	05/04/2019	5	31/03/2019	10
17/06/2019	25	23/05/2019	10	27/06/2019	10	16/03/2019	5	30/04/2019	25	05/04/2019	5
22/06/2019	5	27/06/2019	35	17/07/2019	20	21/03/2019	5	04/06/2019	35	04/06/2019	60
27/06/2019	5	02/07/2019	5	22/07/2019	5	31/03/2019	10	24/06/2019	20	19/06/2019	15
12/07/2019	15	12/07/2019	10	16/08/2019	25	05/04/2019	5	29/06/2019	5	24/06/2019	5
22/07/2019	10	22/07/2019	10	26/08/2019	10	15/04/2019	10	04/07/2019	5	24/07/2019	30
01/08/2019	10	11/08/2019	20	31/08/2019	5	30/04/2019	15	19/07/2019	15	29/07/2019	5
16/08/2019	15	26/08/2019	15			30/05/2019	30	24/07/2019	5	03/08/2019	5
31/08/2019	15	31/08/2019	5			04/06/2019	5	29/07/2019	5		
						29/06/2019	25	03/08/2019	5		
						04/07/2019	5	08/08/2019	5		
						14/07/2019	10	23/08/2019	15		
						24/07/2019	10				
						24/07/2019	0				
						29/07/2019	5				
						03/08/2019	5				
						23/08/2019	20				

Tableau 1 : Dates des images et nombre de jours écoulés (Δ) entre les images utilisées lors de l'année hydrologique 2018-2019

T31TDH		T31TEH		T31TEJ		T31TFH		T31TFJ		T31TGH	
Date	Δ										
15/09/2019		05/09/2019		05/09/2019		02/09/2019		07/09/2019		07/09/2019	
25/10/2019	40	05/10/2019	30	05/10/2019	30	07/09/2019	5	07/09/2019	5	12/09/2019	5
04/11/2019	10	25/10/2019	20	25/10/2019	20	12/09/2019	5	12/09/2019	5	27/09/2019	15
09/12/2019	35	04/11/2019	10	30/10/2019	5	17/09/2019	5	17/09/2019	5	02/10/2019	5
24/12/2019	15	29/12/2019	55	29/12/2019	60	27/09/2019	10	27/09/2019	10	07/10/2019	5
02/02/2020	40	22/02/2020	55	08/01/2020	10	07/10/2019	10	07/10/2019	10	27/10/2019	20
22/02/2020	20	08/03/2020	15	22/02/2020	45	27/10/2019	20	27/10/2019	20	06/11/2019	10
08/03/2020	15	18/03/2020	10	08/03/2020	15	06/11/2019	10	06/12/2019	40	16/11/2019	10
18/03/2020	10	07/04/2020	20	13/03/2020	5	05/01/2020	60	31/12/2019	25	21/12/2019	35
07/05/2020	50	07/05/2020	30	18/03/2020	5	04/02/2020	30	05/01/2020	5	26/12/2019	5
22/05/2020	15	22/05/2020	15	28/03/2020	10	14/02/2020	10	04/02/2020	30	31/12/2019	5
27/05/2020	5	27/05/2020	5	07/04/2020	10	19/02/2020	5	14/02/2020	10	05/01/2020	5
21/06/2020	25	06/07/2020	40	07/05/2020	30	24/02/2020	5	24/02/2020	10	04/02/2020	30
26/07/2020	35	26/07/2020	20	22/05/2020	15	15/03/2020	20	10/03/2020	15	14/02/2020	10
05/08/2020	10	05/08/2020	10	27/05/2020	5	04/04/2020	20	20/03/2020	10	19/02/2020	5
15/08/2020	10	15/08/2020	10	21/06/2020	25	09/04/2020	5	04/04/2020	15	15/03/2020	25
25/08/2020	10	25/08/2020	10	06/07/2020	15	14/04/2020	5	09/04/2020	5	04/04/2020	20
04/09/2020	10	04/09/2020	10	11/07/2020	5	29/04/2020	15	14/04/2020	5	09/04/2020	5
				16/07/2020	5	04/05/2020	5	04/05/2020	20	24/05/2020	45
				31/07/2020	15	24/05/2020	20	19/05/2020	15	23/06/2020	30
				05/08/2020	5	23/06/2020	30	24/05/2020	5	28/06/2020	5
				04/09/2020	30	03/07/2020	10	03/07/2020	40	03/07/2020	5
						08/07/2020	5	08/07/2020	5	08/07/2020	5
						02/08/2020	25	23/07/2020	15	02/08/2020	25
						07/08/2020	5	02/08/2020	10	07/08/2020	5
						22/08/2020	15	07/08/2020	5	22/08/2020	15
						27/08/2020	5	22/08/2020	15	27/08/2020	5
						01/09/2020	5	27/08/2020	5	01/09/2020	5
								01/09/2020	5		
								06/09/2020	5		

Tableau 2 : Dates des images et nombre de jours écoulés (Δ) entre les images utilisées lors de l'année hydrologique 2019-2020

Prétraitement

La première étape consiste à filtrer les nuages et les ombres portées afin d'éviter tous faux-positifs ou faux-négatifs dans le produit « Hydropériodes » résultant de l'algorithme. Pour ce faire, les masques géophysiques MG2_R1 et MG2_R2 fournis avec les images Sentinel-2 ont été utilisés. Plus précisément, sur l'ensemble des images téléchargées et l'ensemble des bandes utilisées (B4, B8A, B8 et B12), les pixels concernés par les valeurs indiquées dans le Tableau 3, du masque MG2_R1 pour les bandes B4 et B8 (10 m de résolution) et MG2_R2 pour les bandes B8A et B12 (20 m de résolution) ont été éliminés.

Valeur du pixel	Correspondance
2 (Bit 1)	Tous nuages
8 (Bit 3)	Toutes ombres
16 (Bit 4)	Ombres topographiques
32 (Bit 5)	Pixels masqués par le relief
64 (Bit 6)	Soleil trop bas pour une bonne correction des pentes
128 (Bit 7)	Soleil tangent à la surface (mauvaise correction des pentes)

Tableau 3 : Valeurs et correspondances prises par les pixels dans le masque MG2, éliminés dans l'étape de filtration

b. Calcul des hydropériodes

Méthode

Pour chaque date, les bandes B8A et B12 sont combinées par contrôle conditionnel, pour obtenir une seule image binaire appelée « Water mask » (WM) représentant les zones en eau (1 = pixels en eau, 0 = pixels secs). L'arbre décisionnel permettant d'obtenir cette image binaire à chaque date est présenté dans la Figure 3.

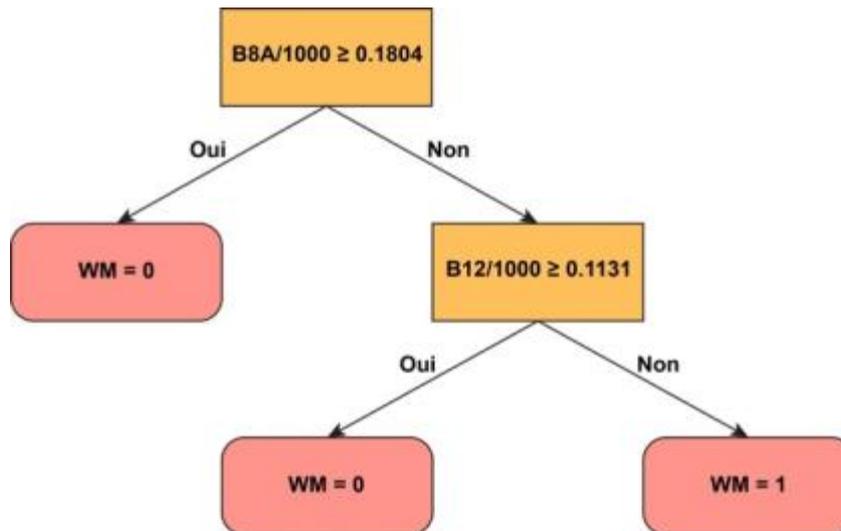


Figure 3 : Arbre décisionnel binaire permettant d'obtenir la valeur du « Water mask » d'un pixel

Entre deux dates consécutives, les hydropériodes sont calculées à partir des images binaires obtenues dans le water mask comme suit (Lefebvre *et al.*, 2019) :

$$HP_{J1-J2} = \frac{(WM_{J1} + WM_{J2})}{2} \Delta_{J1-J2}$$

où HP_{J1-J2} est l'hydropériode du pixel entre les dates $J1$ et $J2$ exprimée en jours ; WM_{J1} et WM_{J2} sont la valeur de « water mask » (0 ou 1) prise par le pixel à la date $J1$, respectivement $J2$ et Δ_{J1-J2} est le nombre de jours écoulés entre les dates $J1$ et $J2$.

Pour l'ensemble des images disponibles sur l'année hydrologique considérée, les hydropériodes générées sont sommées afin d'obtenir une seule image d'hydropériode annuelle :

$$HP_a = \sum_{j=J1}^{Jn} HP_{j-j+1}$$

Où HP_a ([0 – 365] jours) correspond à l'hydropériode annuelle et Jn au dernier jour de la série d'images exploitées.

Résultats

Afin d'estimer la qualité du modèle, des indicateurs ont été calculés à partir des valeurs d'hydropériodes observées sur le terrain entre le 01/01/2020 et le 31/08/2020 et de celles calculées par télédétection aux mêmes dates. Après une analyse par régression linéaire, nous obtenons les résultats suivants (Figure 4) :

- Un biais : Biais = -0.094 jours
- Un coefficient de détermination : $r^2 = 0.69$
- Une erreur quadratique moyenne : RMSE = 25.6 jours
- Une erreur quadratique moyenne relative : RRMSE = 13.77 %

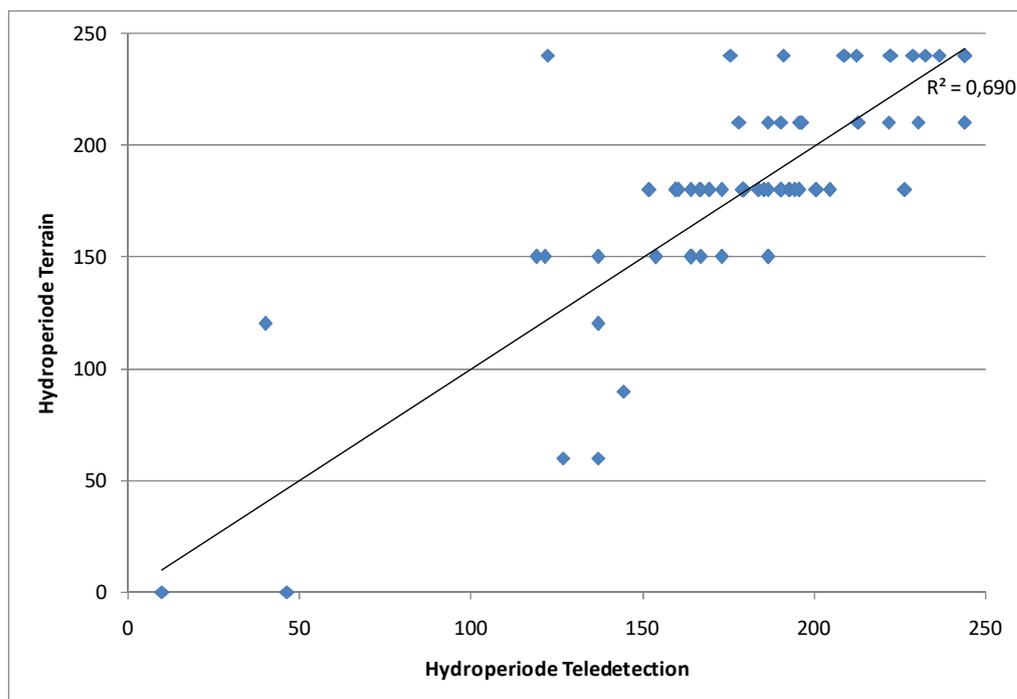


Figure 4 : Droite de régression linéaire entre l'hydropériode observée sur le terrain et celle calculée par le modèle

c. Calcul du MSAVI

Les bandes B4 et B8 étant fournies à 10 m de résolution, elles sont préalablement sous-échantillonnées à 20 m de résolution afin de pouvoir être combinées aux bandes B8A et B12 à 20 m de résolution.

Pour chaque date, les bandes B4 et B8 sont combinées pour obtenir le MSAVI2 de la manière suivante (Qi *et al.*, 1994) :

$$MSAVI2 = \frac{(2B8 + 1)\sqrt{(2B8 + 1)^2 - 8(B8 - B4)}}{2}$$

Où B8 et B4 correspondent à la valeur prise par le pixel dans la bande 8, respectivement 4 des images Sentinel-2. Comparativement à d'autres indices de végétation, le MSAVI2 a été sélectionné pour sa capacité à d'avantage retranscrire la dynamique de la réponse de la végétation, en particulier pour de faibles couverts, et réduire les variations du signal de fond du sol (Qi *et al.*, 1994).

Sur l'ensemble des images disponibles sur l'année hydrologique considérée, la médiane des valeurs de MSAVI2 entre le 1^{er} février et le 1^{er} juillet est calculée afin d'obtenir une seule image de MSAVI2 médian printanier.

d. Ré-échantillonnage du Modèle Numérique de Terrain

Le modèle numérique de terrain de l'IGN disponible au pas de 5 mètres (RGE ALTI) est ré-échantillonné à 20 mètres et reprojété dans le même système de coordonnées que les images sentinel-2 (EPSG:32631 - WGS 84 / UTM zone 31N) afin d'être comparable aux deux autres sources d'information intégrant le GLM, à savoir les hydropériodes et le MSAVI.

e. Modèle linéaire généralisé

Les rasters précédents nous ont permis de mettre en œuvre le Modèle Linéaire Généralisé (GLM) décrit dans le logigramme suivant (Figure 5). Les couches de présence / absence correspondent aux données validées sur le terrain dans le cadre de l'étude du fonctionnement écologique des lagunes temporaires (chapitre 3).

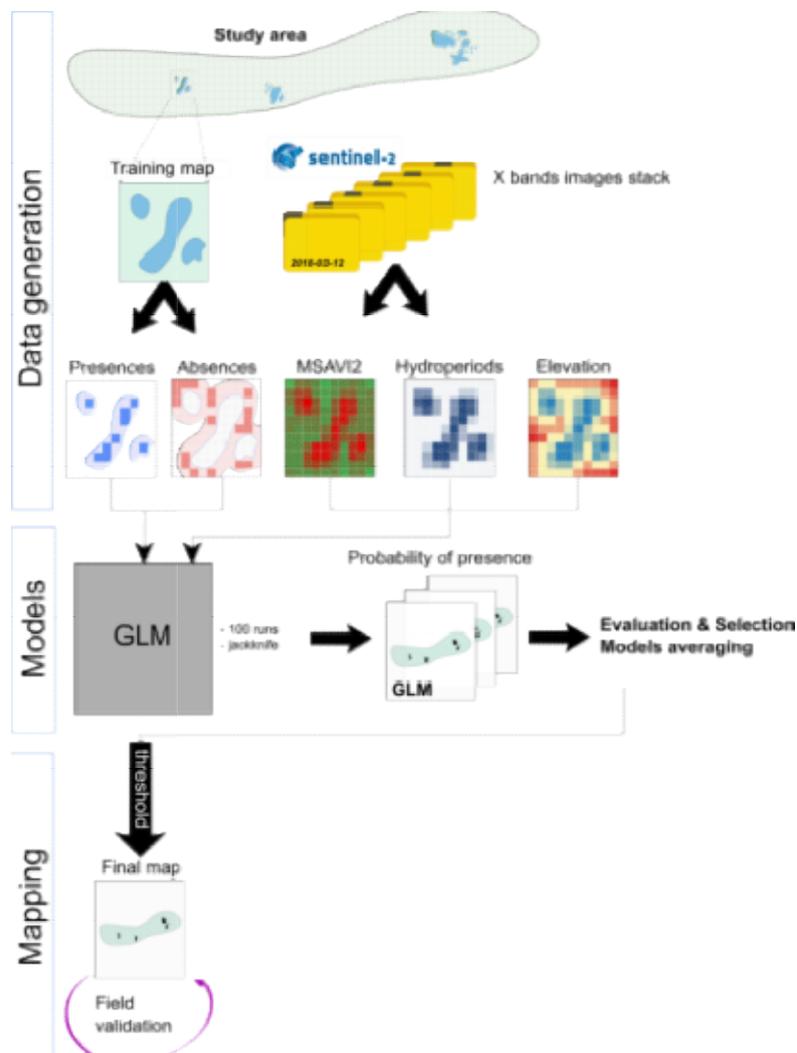


Figure 5 : Modèle linéaire généralisé permettant d'identifier les probabilités de présence de lagunes temporaires méditerranéennes

Ce modèle permet la création de rasters de probabilité de présence de lagunes temporaires. Trois rasters binaires ont été créés, dont la probabilité de présence était supérieure à 70%, 60% et 50%.

f. Traitement des mixels

Les résultats du GLM font apparaître des mixels : pixels hétérogènes comprenant à la fois des milieux aquatiques et des milieux terrestres et interprétés comme des milieux à hydropériode temporaire. Ces mixels apparaissent notamment sur les bordures de lagunes permanentes et au niveau des ports. Afin d'éliminer ces mixels, nous avons créé deux couches supplémentaires que nous avons soustraites aux résultats du GLM :

- Un buffer de 20m autour des pièces d'eau permanentes (hydropériode supérieure à 335 jours) ;
- Une couche des surfaces urbaines créée à partir des données Corine Land Cover de 2012. Les entités retenues comme urbaines sont les suivantes :
 - 111 - Tissu urbain continu
 - 112 - Tissu urbain discontinu
 - 121 - Zones industrielles ou commerciales et installations publiques
 - 122 - Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
 - 123 - Zones portuaires
 - 124 - Aéroports
 - 131 - Extraction de matériaux
 - 132 - Décharges
 - 133 - Chantiers
 - 141 - Espaces verts urbains
 - 142 - Équipements sportifs et de loisirs

Les résultats post traitement font ressortir des zones potentielles de lagunes temporaires dans six départements du littoral continental français méditerranéen pour une surface totale de 21 186 ha (Tableau 4).

Départements	Surfaces de lagunes temporaires méditerranéennes potentielles (ha)	% de lagunes temporaires méditerranéennes potentielles
Pyrénées-Orientales	239	1,1%
Aude	1 197	5,7%
Hérault	1 193	5,6%
Gard	4 821	22,8%
Bouches-du-Rhône	13 612	64,2%
Var	124	0,6%
TOTAL	21 186	100%

Tableau 4 : Surfaces et pourcentages de zones potentielles de lagunes temporaires méditerranéennes sur les départements de France continentale

2.2.3. Validation de la cartographie obtenue

Il est indispensable, après avoir obtenu la carte des zones potentielles de lagunes temporaires, de vérifier la validité de cette dernière avec des prospections de terrain. Le modèle s'appuie sur des hydropériodes calculées à partir d'images satellites Sentinel-2, et malgré un nettoyage minutieux des images, il est possible que des artéfacts polluent l'analyse. De plus, il n'est pas possible de valider la salinité des pièces d'eau mises en évidence sans faire un passage sur le terrain.

Ainsi, les prospections nous permettent de nous assurer que les zones mises en évidence par le modèle sont bien des pièces d'eau dans un premier temps et que la masse d'eau présente une salinité de 5 g/l minimum. Les prospections ont, pour une grande majorité, été menées avec le concours des gestionnaires de terrain qui ont partagé leur connaissance approfondie du territoire et nous ont permis de valider le caractère temporaire des pièces d'eau prospectées. Une autre façon de vérifier les résultats de la cartographie obtenue est d'analyser sa correspondance avec la répartition d'espèces connues pour être inféodées au milieu.

a. Validation par prospection sur le terrain

Protocole

Pour ces prospections nous avons sélectionné toutes les zones de notre carte qui présentaient au moins dix pièces d'eau distinctes (≈15 zones). Nous avons ensuite tiré au sort les huit zones qui serviraient aux prospections. Au sein de chaque zone sélectionnée nous avons mis en évidence toutes les potentielles lagunes temporaires méditerranéennes et nous avons tiré au sort dix pièces d'eau à prospecter sur chaque site. La prospection consistait en :

- Un relevé de salinité,
- Une discussion avec le gestionnaire du site pour connaître la temporalité de mise en eau et les pressions environnementales connues sur la pièce d'eau,
- Un relevé des macrophytes en présence.

Le protocole est détaillé en annexe 4. Si un point ne pouvait être prospecté, soit pour ne pas déranger les oiseaux en cours de nidification, soit du fait de l'assèchement préalable de la pièce d'eau, nous le remplaçons par un autre point du site qui n'avait initialement pas été sélectionné.

Résultats

Sur un total de 86 prospections :

- 2 points étaient des plans d'eau permanents. Il s'agit de deux anciens bassins d'élevage de crevette dont le fond est tapissé d'une bâche noire qui a créé un artéfact lors de l'analyse.
- 1 point correspondait à un enclos à bétail inondé une grande partie de l'année.
- 1 point correspondait à une partie du grau de l'étang de Pissevache qui s'assèche en été.
- 67 pièces d'eau présentaient une salinité supérieure à 5 g/l.

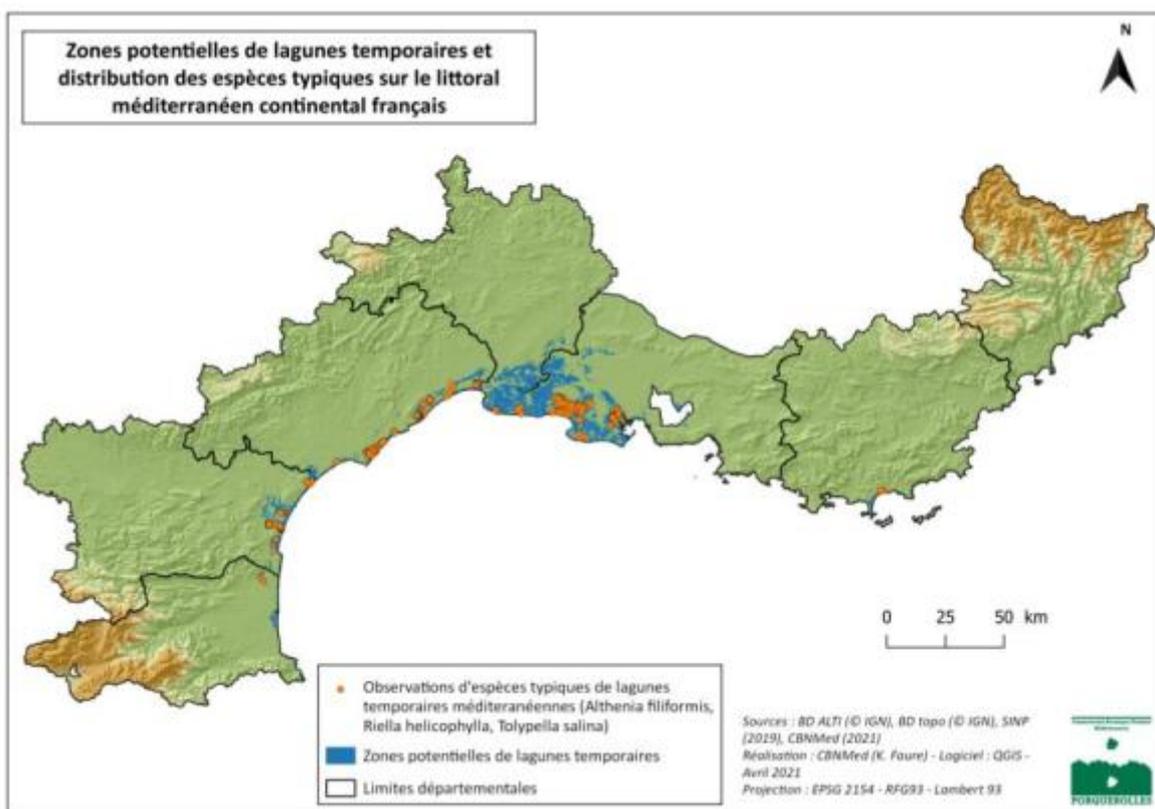
Sur les 86 points de prospection, 97,67 % correspondent bien à des pièces d'eau temporaires, 98,83 % si on y intègre le point du grau de l'étang de Pissevache qui s'assèche en été. Sur l'ensemble des pièces d'eau validées comme temporaires lors de la prospection, 77 % présentaient une salinité supérieure à 5 g/l.

b. Analyse de la correspondance entre les résultats cartographiques et la répartition des espèces typiques

Protocole

Certaines espèces sont connues pour avoir une biologie particulièrement adaptée aux lagunes temporaires méditerranéennes (Voir Annexe 1 et partie 2.3). Il est alors possible de comparer la répartition connue de ces espèces avec les résultats cartographiques du modèle de télédétection (Carte 2). Nous nous sommes intéressés à trois espèces en grande partie inféodées au milieu, à savoir *Althenia filiformis*, *Riella helicophylla*, et *Tolypella salina*. Le but est de comparer le nombre d'observations de ces espèces se trouvant à l'intérieur des zones de présence potentielles de lagunes temporaires méditerranéennes et le nombre d'observations se trouvant à l'extérieur (Tableau 5).

Résultats



Carte 2 : Carte de répartition des espèces typiques comparativement aux résultats de la cartographie des zones potentielles de lagunes temporaires.

Le tableau suivant présente le pourcentage de présence de ces espèces dans les zones potentielles de lagunes temporaires méditerranéennes cartographiées.

Espèces	Nombre d'observations dans les zones potentielles LTM	% d'observations de l'espèce dans les zones potentielles LTM	Nombre d'observations hors des zones potentielles LTM	% d'observations de l'espèce hors des zones potentielles LTM
<i>Althenia filiformis</i>	2588	68%	1199	32%
<i>Riella helicophylla</i>	298	93%	24	7%
<i>Tolypella salina</i>	69	75%	23	25%
Nombre total d'observations	2955	-	1246	-
% moyen d'observation des espèces typiques	-	79%	-	21%

Tableau 5 : Observations d'espèces typiques dans et hors zones potentielles de lagunes temporaires cartographiées.

Bien que toutes les observations des trois espèces testées ne se trouvent pas incluses dans les zones potentielles de lagunes temporaires cartographiées, une grande partie s'y trouvent (plus de 75%), ce qui appuie la fiabilité de notre modèle. De plus, il est à noter que cette cartographie a été réalisée à partir d'images satellite couvrant l'année hydrologique 2019 – 2020. Or, le cycle hydrologique des lagunes temporaires méditerranéennes varie

d'une année sur l'autre en fonction des conditions climatiques. Il est donc possible qu'en exécutant le modèle à partir d'images satellite couvrant une autre année hydrologique, les résultats changent. Il serait intéressant de refaire tourner le modèle sur plusieurs années hydrologiques afin de faire une moyenne des résultats obtenus qui prendrait mieux en compte les variabilités interannuelles.

c. Conclusion

Le modèle qui nous a permis de créer cette cartographie est fiable à plus de 95 % pour ce qui est de sélectionner des zones de mise en eau temporaire. Il ne s'agit cependant pas d'une cartographie de l'habitat « lagunes temporaires méditerranéennes » mais bien d'une cartographie des zones potentielles de présence de cet habitat sur la côte méditerranéenne continentale française. Elle doit être accompagnée d'une validation de terrain qui, seule, permettra de produire une cartographie fine de l'habitat. Outre les artéfacts mis en évidence lors des prospections, la salinité ne peut pas être validée autrement que par un relevé *in situ*. De plus, cette cartographie met en évidence des zones potentielles dont la surface est supérieure à 400 m². Les lagunes temporaires méditerranéennes inférieures à cette surface et notamment les lagunes temporaires en mosaïque avec d'autres habitats ne sont donc pas incluses. Elles nécessitent une approche plus fine, soit par télédétection à partir d'images satellite à résolution plus importante, soit par des inventaires de terrain. La cartographie des zones potentielles de lagunes temporaires est présentée en annexe 6.

2.3. Enjeux floristiques au sein des lagunes temporaires méditerranéennes

Les macrophytes sont des végétaux aquatiques photosynthétiques dont tout le cycle de vie, y compris la reproduction, se déroule dans l'eau. Ils regroupent les phanérogytes et les macro-algues. Dans les lagunes méditerranéennes, les macrophytes, dont la biomasse est souvent importante, interviennent dans la structure et le fonctionnement de l'écosystème. Leurs peuplements varient en fonction des facteurs abiotiques (lumière, profondeur, turbidité, quantité d'éléments nutritifs, hydrodynamisme, salinité, température, substrat) et biotiques (compétition entre espèces, consommation par les espèces animales...) (pour exemples : Mannino *et al.*, 2015 ; Verhoeven, 1979 ; Cirujano & Longas, 1989 ; Lambert *et al.*, 2013 ; Blindow & Langangen, 1995). L'abondance et la composition des peuplements évoluent notamment en réponse à l'eutrophisation de l'habitat (Blindow & Langangen, 1995 ; Cirujano Bracamonte *et al.*, 2013 ; Mannino *et al.*, 2015) faisant d'eux de potentiels bio-indicateurs. Ainsi, dans le contexte de la gestion des milieux naturels ces bio-indicateurs peuvent être associés à des grilles d'interprétation qui permettent de qualifier l'état de l'habitat (Barré *et al.*, 2020).

En analysant les relevés de végétation effectués lors des prospections de validation de la cartographie (Voir 2.2.3.a), nous avons mis en évidence quatre regroupements

d'espèces représentés dans un dendrogramme (Figure 6). Les deux groupes les plus récurrents sont des groupes monospécifiques où les lagunes présentent uniquement *Ruppia cirrhosa*, ou uniquement *Ruppia maritima*. Ces deux espèces sont celles présentant le spectre environnemental le plus large (Voir partie 3. et Annexe 1). Un groupe rassemble des espèces peu représentées dans nos relevés de végétations et plutôt caractéristiques d'eaux saumâtres. Enfin, nous trouvons un groupe présentant des espèces connues pour vivre dans des milieux saumâtres à hyperhalins présentant des variations de salinité au cours de l'année. Ces espèces sont également connues pour supporter la dessiccation pendant au moins une partie de leur cycle de vie. Parmi ces espèces, nous trouvons *R. maritima*, *A. filiformis*, *L. papulosum*, *R. cirrhosa* et *T. salina*. Du fait des particularités convergentes de la biologie de ces espèces, de la fréquence de leur présence dans les lagunes temporaires méditerranéennes et de leur assemblage récurrent en herbier, ce groupe sera considéré comme rassemblant des espèces que l'on qualifiera par la suite de « typiques » des lagunes temporaires méditerranéennes.

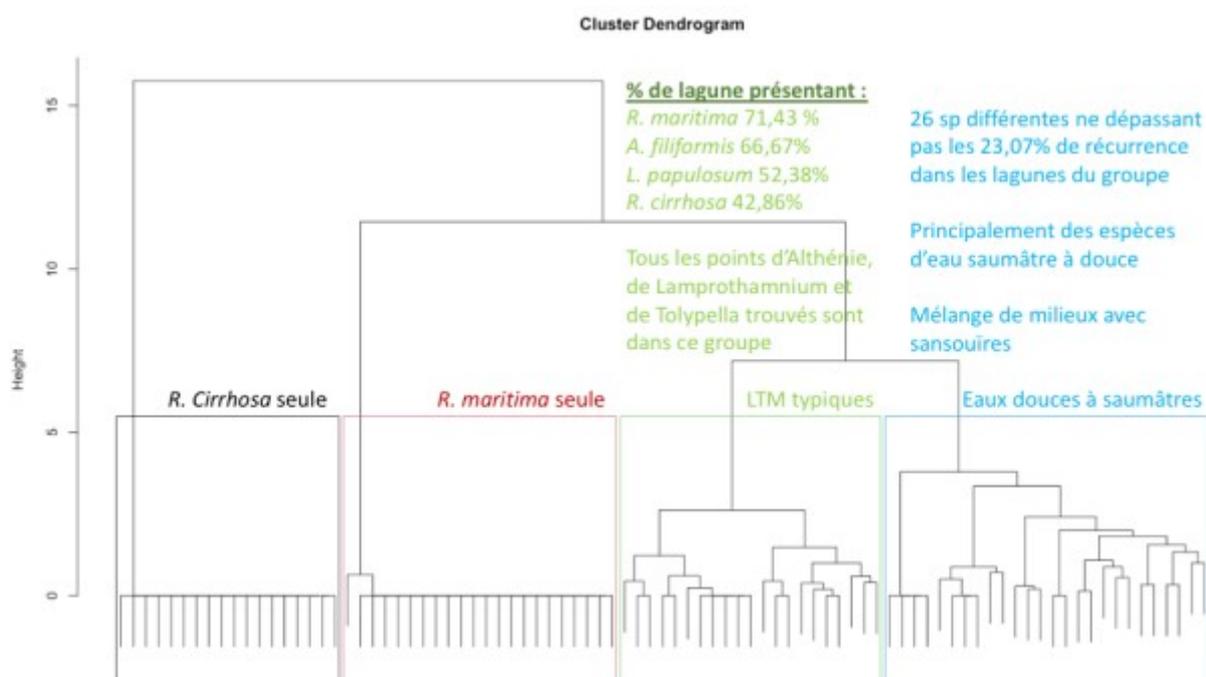


Figure 6 : Dendrogramme issu des relevés de végétations dans les lagunes prospectées dans le cadre de la validation de la cartographie (voir 2.2.3.). Les groupes noirs et rouges représentent les relevés les plus nombreux. Ils ne présentent tous deux qu'une seule espèce de *Ruppia*, respectivement *cirrhosa* et *maritima*. Le groupe vert est composé d'un ensemble d'espèces que l'on qualifiera de typiques des lagunes temporaires méditerranéennes. Le groupe bleu regroupe toutes les espèces qui sont peu représentées dans nos relevés de végétation.

Le tableau 6 présentant l'ensemble des espèces relevées au cours des prospections et des relevés dans les lagunes suivies (voir partie 3.) appuie les résultats du dendrogramme effectué uniquement sur les données issues des prospections. En effet, parmi les six espèces les plus récurrentes dans les relevés, nous retrouvons les cinq espèces du groupe dit typique. *R. helicophylla* qui fait partie des six espèces les plus récurrentes dans le tableau 6 ne se retrouve pas dans la figure 6 car nous n'avons fait aucun relevé de cette espèce rare lors des

prospections. Au vu de sa biologie elle sera ajoutée à la liste des espèces typiques des lagunes temporaires méditerranéennes.

Espèces	Nombre de lagunes où l'espèce est présente sur 197 lagunes	Niveau de salinité moyen supporté basé sur l'indice de Pignatti (2005 ; 0 : 3)
<i>Althenia filiformis</i> subsp. <i>filiformis</i>	79	2
<i>Chara aspera</i>	4	1
<i>Chara baltica</i>	5	2
<i>Chara canescens</i>	6	2
<i>Chara connivens</i>	1	0
<i>Chara vulgaris</i>	2	0
<i>Chara vulgaris</i> var. <i>longibracteata</i>	1	0
<i>Lamprothamnium papulosum</i>	49	2
<i>Ranunculus</i> sp.	1	-
<i>Ranunculus peltatus</i> subsp. <i>peltatus</i>	6	0
<i>Riella helicophylla</i>	11	3
<i>Ruppia</i> sp.	5	-
<i>Ruppia cirrhosa</i>	42	2
<i>Ruppia maritima</i>	89	2
<i>Stuckenia pectinata</i>	7	1
<i>Tolypella</i> sp.	2	-
<i>Tolypella hispanica</i>	3	3
<i>Tolypella salina</i>	14	3
<i>Zannichellia</i> sp.	1	-
<i>Zannichellia palustris</i>	3	1
<i>Zannichellia pedunculata</i>	5	1
<i>Zostera noltei</i>	2	3

Tableau 6 : Liste des espèces observées lors des relevés de macrophytes (prospections + lagunes suivies) effectués dans le courant de l'année hydrologique 2019 – 2020. Les six espèces les plus récurrentes sont surlignées en rouge. Les niveaux de salinité ont été basés sur le travail de Pignatti (2005) pour les Phanérogames et adapté à l'indice de Pignatti d'après les travaux de Mouronval *et al.* (2015) pour les Charophytes et de Cirujano *et al.* (1993) pour les Bryophytes. 0 = eau douce ; 1 = eau saumâtre ; 2 = eau salée ; 3 = eau hyper haline.

R. cirrhosa, bien que très présente lors de nos différents relevés est une espèce commune des lagunes permanentes. Sa biologie est plus adaptée à des temps de mise en eau longs et à des facteurs environnementaux moins variables au cours de l'année que ceux observés en moyenne dans les lagunes temporaires (voir 3. Fonctionnement écologique et Annexe 1). Sans être un facteur d'exclusion de l'habitat « lagunes temporaires méditerranéennes », la présence de *R. cirrhosa* est un indice de fonctionnement hydrologique tendant vers les lagunes permanentes (durée longue d'inondation).

Ces espèces typiques sont présentées dans l'Annexe 1 « Guide des macrophytes typiques des lagunes temporaires méditerranéennes ». Les trois espèces les plus

emblématiques des lagunes temporaires méditerranéennes sont *Althenia filiformis* (protégée au sein de l'ancienne région Languedoc-Roussillon et en Poitou-Charentes), *Tolypella salina* (protégée au niveau national) et *Riella helicophylla* (protégée au niveau national et européen ; Photographies 1, 2 et 3). Elles sont accompagnées d'espèces plus communes comme les *Ruppia sp.* (dont *R. maritima* qui est protégé en région PACA ; Photographie 4) ou d'algues de la famille des characées comme *Lamprothamnium papulosum* (protégée en Aquitaine ; Photographie 5). L'interaction entre la durée de mise en eau, la salinité et la température conditionnent la germination, la floraison et la fructification de ces plantes, induisant de fortes variations interannuelles dans leur expression (Onnis, 1974 ; Cook & Guo, 1990 ; Mannino et al., 2015). Cette flore est donc adaptée à des conditions environnementales particulières en termes de germination et de durée de cycle de vie, afin de se développer et se reproduire dans une fenêtre hydrologique ne durant parfois que quelques mois (Guerlesquin, 1992 ; Gesti et al., 2005 ; Onnis, 1974 ; Mannino et al., 2015 ; Comelles, 1986). Ainsi, au cours de l'année et des saisons, le faciès de ces lagunes varie énormément, à la fois en termes d'hydrologie mais aussi de végétations qui sont donc très différentes dans l'espace et dans le temps. Le régime hydrologique est la clef de voute du bon état écologique de ces lagunes temporaires méditerranéennes.



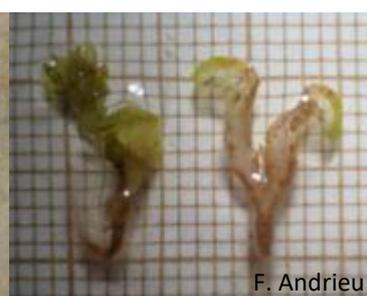
F. Andrieu

Photographie 1 : *Althenia filiformis*



F. Andrieu

Photographie 2 : *Tolypella salina*



F. Andrieu

Photographie 3 : *Riella helicophylla*



F. Andrieu

Photographie 4 : *Ruppia maritima*



F. Andrieu

Photographie 5 : *Lamprothamnium papulosum*

2.4. Conclusion

Les lagunes temporaires méditerranéennes sont présentes sur une grande surface du littoral méditerranéen de la France continentale et abritent une flore sténoèce rare qu'il est important de protéger. Le rattachement des lagunes temporaires méditerranéennes à l'habitat 1150-2 des cahiers d'habitats français permettra de les inclure dans la cartographie de cet habitat lors de la prochaine révision des Documents d'objectifs (DOCOB) Natura 2000. Cette inclusion dans la cartographie des DOCOB leur donnera une meilleure visibilité et un meilleur statut législatif au regard de la gestion des milieux naturels.

Du point de vue de leur prise en compte et de leur statut de protection, il reste des points importants à approfondir comme (1) le statut exact que pourraient revêtir les salins en activité au sein de cette définition des lagunes temporaires méditerranéennes, (2) voir s'il est possible de réfléchir à des plans de gestion et de protection à l'échelle internationale avec les pays voisins dont nous partageons le trait de côte ou encore (3) mettre au point une uniformisation des définitions et rendre cohérentes les stratégies de gestion qui découlent des différentes Directives s'appliquant sur les milieux lagunaires (DHFF, Directive Oiseaux, DCE). Mais pour cela, il est avant tout primordial de mieux comprendre le fonctionnement écologique de cet habitat encore mal connu. Nous vous proposons ici un premier travail portant sur le fonctionnement et la flore des lagunes temporaires méditerranéennes de France continentale.

3. Fonctionnement écologique des lagunes temporaires méditerranéennes

Les lagunes temporaires méditerranéennes sont des masses d'eau peu profondes qui présentent une alternance de phases inondées et sèches au cours de leur cycle hydrologique annuel. Elles présentent un niveau d'eau fluctuant induit par les variations climatiques annuelles, avec une période sèche en été qui varie d'un mois à six mois ou plus. La salinité présente une variation cyclique en fonction du niveau de l'eau, augmentant tout au long de la saison végétative, de l'hiver à la fin du printemps avec l'assèchement des lagunes, et varie de $\approx 5\text{g/l}$ à des salinités très élevées ($>200\text{ g/l}$), selon les conditions locales (par exemple, apport d'eau souterraine ou approvisionnement en eau de ruissellement). Ces pièces d'eau peuvent être recouvertes ou non par des végétations de macrophytes, dominées par des espèces sténoèces caractéristiques de ce type d'habitat.

Nous avons voulu ici approfondir les connaissances que nous avons sur le fonctionnement écologique de cet habitat et sa relation avec la composition et l'abondance des herbiers. Nous nous sommes tout particulièrement intéressés aux six espèces « typiques » de ces milieux mis en évidence précédemment dans la partie 2.3 et présentées plus en détail dans l'annexe 1. Dans ce but, nous avons mis en place des suivis hydrologiques, et des relevés de macrophytes et pédologiques.

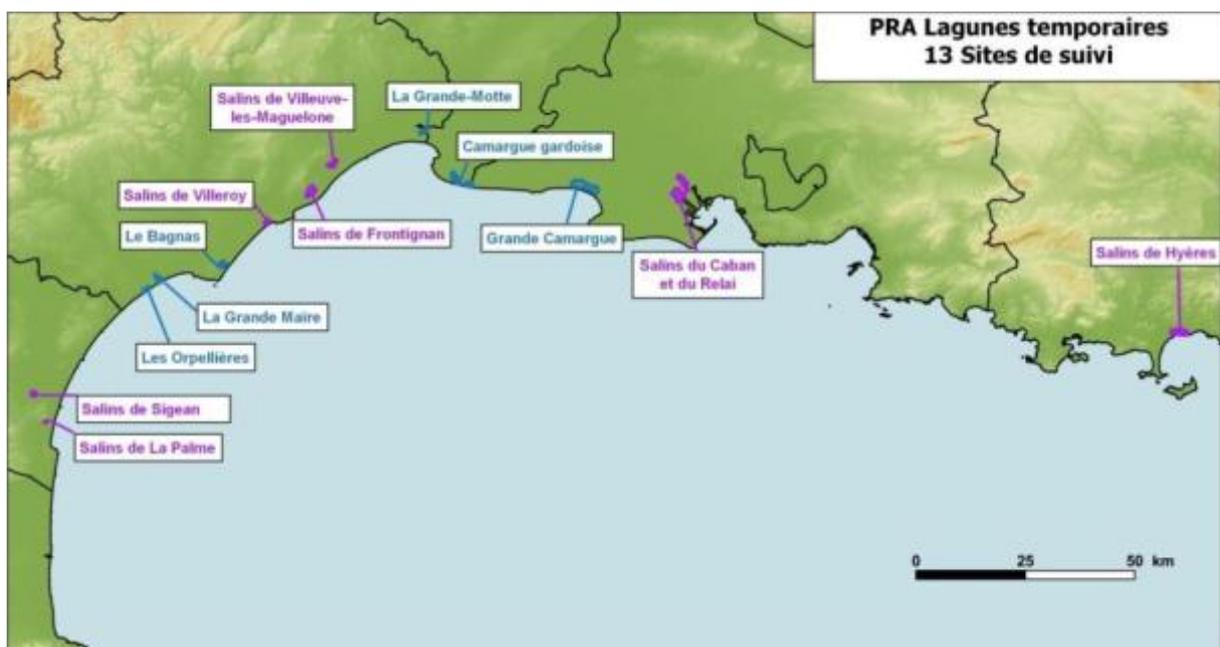
3.1. Matériel et méthode

a. Protocoles d'échantillonnage

Nous avons, avec la participation active des gestionnaires de sites, suivi 127 lagunes temporaires réparties dans treize sites localisés le long de la côte méditerranéenne de France continentale (Carte 3). Afin de couvrir le plus de variabilité possible dans notre étude les treize sites suivis se divisent en deux catégories : sept sites qui correspondent à d'anciens salins et six sites qui présentent une influence anthropique moins marquée. Nous nous sommes également assurés du caractère temporaire des lagunes que nous sélectionnons. Ainsi, toutes les lagunes sélectionnées pour faire l'objet de suivis au cours de notre étude l'ont été soit car elles sont connues par les gestionnaires du milieu comme étant temporaires soit car elles ont présenté, lors des prospections de l'année hydrologique 2018 – 2019, un fonctionnement hydrologique compatible avec celui des lagunes temporaires. Nous avons également sélectionné les sites et les lagunes de sorte à être représentatifs de divers fonctionnements hydrologiques. Parmi les lagunes sélectionnées, certaines sont régies par une gestion anthropique quasi permanente des apports d'eau, tandis que d'autres sont assujetties à un fonctionnement hydrologique totalement naturel plus ou moins endoréique.

Chaque site présente en moyenne dix pièces d'eau et, en plus des variables de fonctionnement hydrologique cités précédemment, plusieurs variables ont été prises en compte dans le choix de ces dix lagunes :

- Les niveaux d'isolement vis-à-vis des complexes lagunaires auxquels elles appartiennent varient d'un isolement total à une connexion forte en période hivernale.
- Les espèces typiques ont été prises en compte afin d'avoir une partie des lagunes avec présence de ces espèces et une autre partie sans espèce typique connue.
- La salinité de l'ensemble des dix pièces d'eau d'un site devait représenter au mieux la variabilité de la salinité au sein du site.
- Les pièces d'eau devaient être accessibles afin que les suivis mensuels puissent se faire sans trop de difficulté.
- Les pièces d'eau devaient avoir une surface d'au moins 200m² pour que le protocole de relevé des macrophytes puisse être mis en place.



Carte 3 : Carte de répartition des sites suivis. Les sites en rose sont les sites qui correspondent à d'anciens salins ; les sites en bleu sont les sites au fonctionnement plus naturel.

Trois protocoles ont été mis en place sur les 127 lagunes suivies (1) un suivi hydrologique au cours de l'année hydrologique 2019 – 2020, (2) un relevé des espèces de macrophytes et (3) un relevé pédologique. Pour ces trois protocoles nous avons utilisé un même point de relevé de référence géo-localisé lors du premier passage sur la lagune. Le point de relevé a été choisi à une distance d'au moins dix mètres du bord pour deux raisons :

- mesurer l'évolution globale des paramètres hydrologiques de la pièce d'eau tout en évitant au maximum les effets de bord.

- le protocole macrophytes nécessite 200m² auquel, lorsque cela est possible, il faut ajouter une zone tampon de trois mètres à l'extérieur du relevé pour éviter l'effet de bordure.

Ce point de relevé central permet de faire le lien entre les trois protocoles et d'avoir des données hydrologiques et pédologiques qui soient, en moyenne, représentatives des conditions et des variations environnementales que les herbiers ont subi au cours de l'année hydrologique étudiée.

b. Les suivis hydrologiques

Les suivis hydrologiques ont consisté en un relevé mensuel à partir du mois de novembre et jusqu'à assèchement des pièces d'eau. La **hauteur**, la **salinité**, la **conductivité**, la **température** et la **transparence** de l'eau ont été relevées à chaque passage. Pour ces mesures, un mètre, un conductimètre et un tube de turbidité ont été nécessaires. Le protocole et les fiches de relevé sont consultables en annexe 2 (Protocole de suivis hydrologique ; Photographie 6).

Ces relevés nous permettent d'avoir une estimation de l'évolution au cours de l'année de paramètres importants dans le développement des macrophytes. En effet, d'après la littérature, ces variables hydrologiques sont des facteurs décisifs dans le cycle de vie des macrophytes des lagunes et des lagunes temporaires (voir Annexe 1).



Photographie 6 : Suivis hydrologiques

c. Les relevés macrophytes

Le relevé des macrophytes présents dans les lagunes a été réalisé lors d'un passage au printemps, entre les mois de mars et avril 2020, période à laquelle les herbiers sont les plus développés. Pour chaque lagune, un relevé sur vingt points contacts répartis le long de quatre transects orientés vers les quatre points cardinaux est effectué. Sur ces points contacts sont notés : le **recouvrement végétal total** (RVT ; en pourcentage), les **espèces**

présentes et le **recouvrement végétal relatif** de chaque espèce (RVR ; en pourcentage) (voir illustration en Figure 7). Chaque point contact correspond à une surface circulaire de 30 cm de diamètre qui correspond à la dimension de la fenêtre de l'aquascope utilisé. Les vingt points contacts représentent au total une surface de 1,6 m². Sur un même transect, les relevés se font à une distance d'un mètre les uns à la suite des autres, cette distance tampon permet d'éviter au maximum de troubler l'eau. Ces relevés de macrophytes permettent de caractériser la composition spécifique de l'herbier, la fréquence de chaque espèce et le recouvrement végétal au niveau du point contact.

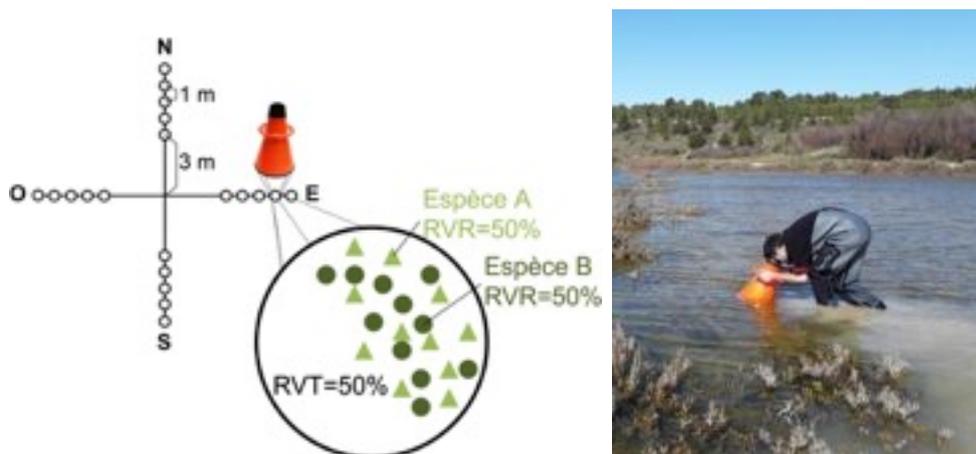


Figure 7 : Schéma de relevé macrophytes au moyen d'un aquascope de 30 cm de diamètre. Cinq points de contact répartis le long de quatre transects orientés vers les directions des quatre points cardinaux.

Dans le cadre d'un relevé non exhaustif, faire plusieurs points de relevés permet d'avoir un échantillonnage plus représentatif de la réalité du recouvrement. On peut alors estimer à la fois une moyenne de recouvrement sur la totalité des 200m² du relevé, augmenter nos chances d'observer toutes les espèces en présence et avoir une représentation de la variation spatiale de l'herbier. Le protocole de relevé macrophytes ainsi qu'une feuille de relevé vierge sont présentés en annexe 3 (Protocole de relevé macrophytes).

d. Les relevés pédologiques

Les relevés pédologiques ont été effectués sur le même périmètre de 200m² que les relevés macrophytes. Les prélèvements ont été faits lors de la période d'assèchement des lagunes, entre les mois de juin et juillet 2020. Pour chaque lagune, six à huit carottes de sol de cinq à huit cm de profondeur ont permis d'obtenir entre 0,5 et 1 kg de sol. Le prélèvement est réalisé à l'aide d'un tube PVC de 4-5 cm de diamètre taillé en biseau et pourvu d'un piston permettant de faire remonter les sédiments dans le tube. Toutes les carottes d'une même lagune ont été stockées dans un sachet de prélèvement hermétique et

mélangées afin d'homogénéiser les prélèvements et d'obtenir des résultats reflétant les caractéristiques moyennes du sol sur les 200m² étudiés. Les sachets de sol ainsi échantillonnés sont ensuite stockés au réfrigérateur avant d'être déposés pour analyses en laboratoire (Laboratoire d'analyses agricoles Teyssier, 26460 Bourdeaux).

Les variables mesurées en laboratoire sont la **granulométrie**, les pourcentages de **matière organique**, de **phosphates**, **d'azote** et de **carbonates** totaux ainsi que le niveau de **fer**.

Ces variables pédologiques peuvent ensuite être mises au regard de la composition et de l'abondance des herbiers lorsqu'il y en a. Le pourcentage de matière organique et les niveaux d'azote peuvent par exemple nous renseigner sur le niveau d'eutrophisation des pièces d'eau. Le protocole d'échantillonnage des sols est présenté en annexe 5 (protocole de relevé pédologique).

L'ensemble des résultats des relevés (hydrologiques, macrophytes) et des analyses pédologiques pour les lagunes suivies sont résumées dans l'Annexe 7. La totalité des données de présences d'espèces de macrophytes relevées lors des prospections et des relevés macrophytes ont été reversées au SINP et sont consultables sur demande.

3.2. Analyses et résultats

a. Fonctionnement général

Les lagunes temporaires méditerranéennes suivies ne présentent pas toutes la même temporalité de mise en eau. Lors de l'année hydrologique 2019 – 2020, sur les 127 lagunes suivies, une seule ne s'est pas du tout mise en eau alors qu'elle avait présenté pour l'année hydrologique précédente un temps de mise en eau de quatre mois. Une autre n'a été en eau que pendant une période d'un mois. Au cours de cette année hydrologique, une partie des lagunes (7,9 %) ne se sont pas asséchées. 66,9 % des lagunes suivies ont eu un temps de mise en eau allant de 6 à 9 mois. Les temps de mise en eau sont présentés dans la Figure 8. Il est à noter qu'aucune des lagunes temporaires présentant moins de six mois de mise en eau ne présente de macrophytes.

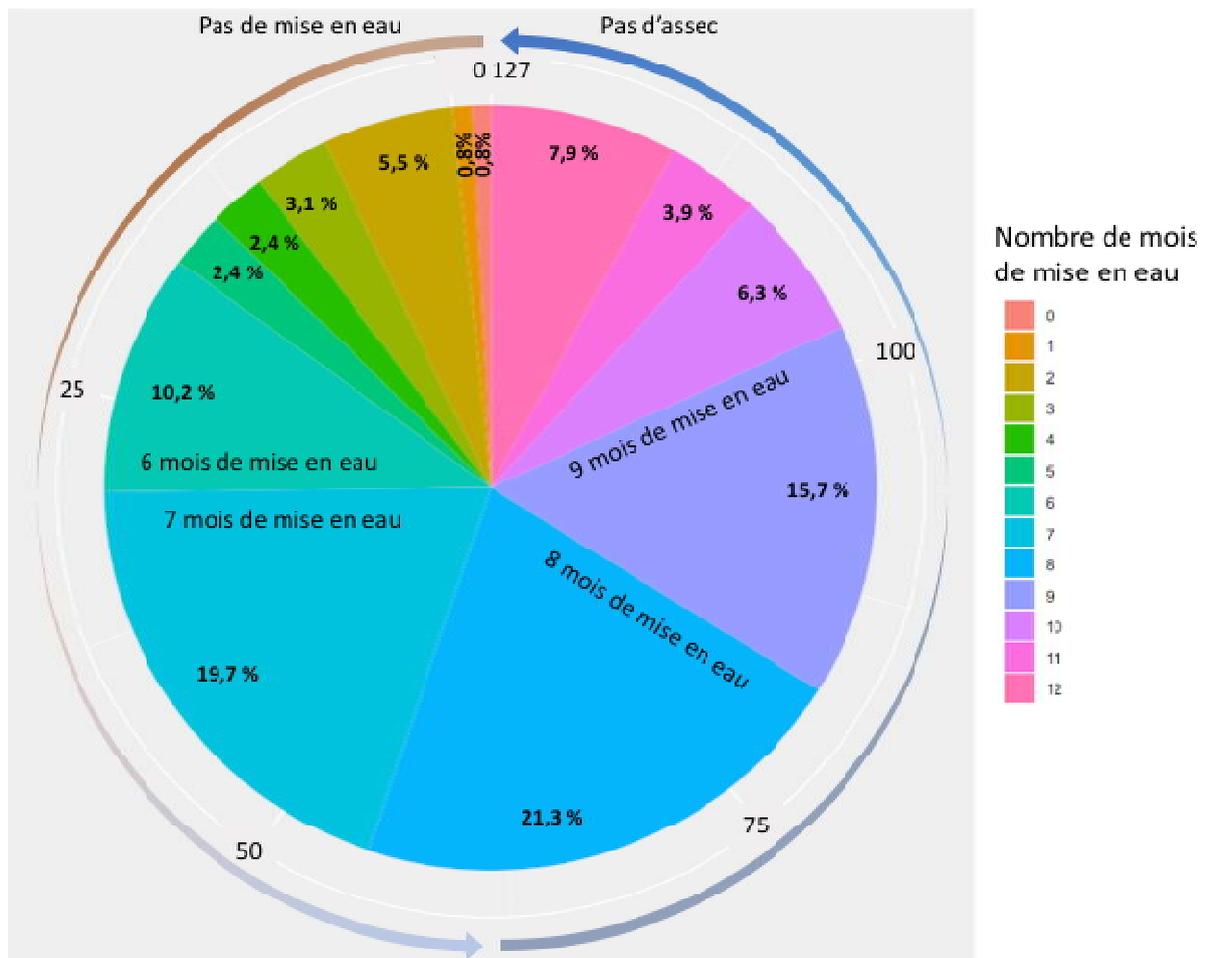


Figure 8 : Temps de mise en eau des 127 lagunes temporaires suivies lors de la saison hydrologique 2019 – 2020. Le temps de mise en eau va croissant dans le sens antihoraire du graphique allant de 0 à 12 mois. Les nombres autour du graphique représentent le nombre de lagunes de 0 à 127.

Les niveaux d'azote dans le sol varient de 97 à 4334 mg / kg de terre (Figure 9). 39.4 % des lagunes temporaires suivies présentent des niveaux d'eutrophisation peu élevés (< 700 mg / kg de sol), 44.9 % présentent de niveaux d'eutrophisation moyen (de 700 à 1500 mg / kg de sol) et 15.7 % des lagunes temporaires suivies présentent des niveaux d'azote très importants et peuvent être dites « eutrophes » (> 1500 mg / kg de sol). Le type d'herbier observé dans les lagunes semble être très dépendant du niveau trophique de celles-ci (Tableau 7).

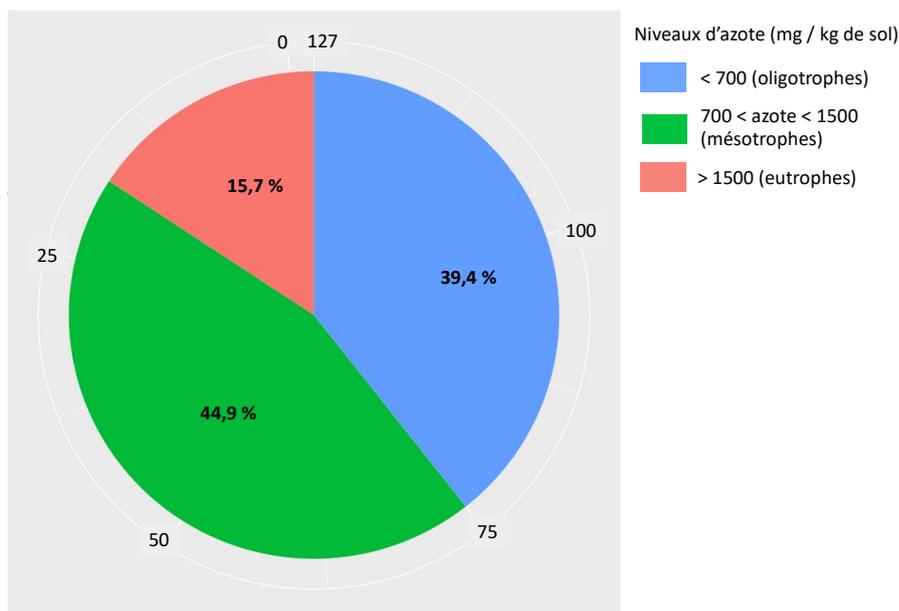


Figure 9 : Niveaux d'azote dans les lagunes temporaires suivies.

	lagunes eutrophes	lagunes mésotrophes	lagunes oligotrophes
lagunes présentant des herbiers typiques (%)	5.9	53	79.1
lagunes présentant des espèces d'eau saumâtre (%)	17.6	3.9	7
lagunes présentant <i>Ruppia cirrhosa</i> (%)	35.3	7.8	2.3
lagunes sans végétation (%)	41.2	35.3	11.6
Total (%)	100	100	100

Tableau 7 : Types d'herbiers observés en fonction du niveau trophique des lagunes (pourcentage).

Enfin, nous constatons que les niveaux de sel dilué dans l'eau sont bas en début de saison hydrologique, en moyenne 24 g/kg d'eau entre octobre et février (écart-type = 12,78), et commencent à augmenter entre les mois de février et mars pour l'ensemble des lagunes. Les niveaux de sel augmentent très rapidement au moment de l'assèchement des lagunes et peuvent atteindre des niveaux très élevés (jusqu'à 346 g/kg d'eau) (Figure 10). Les niveaux les plus élevés de salinité s'observent après la fin de la saison de reproduction des macrophytes qui finalisent généralement leur cycle de vie en début de printemps.

Niveau de salinité au cours du temps

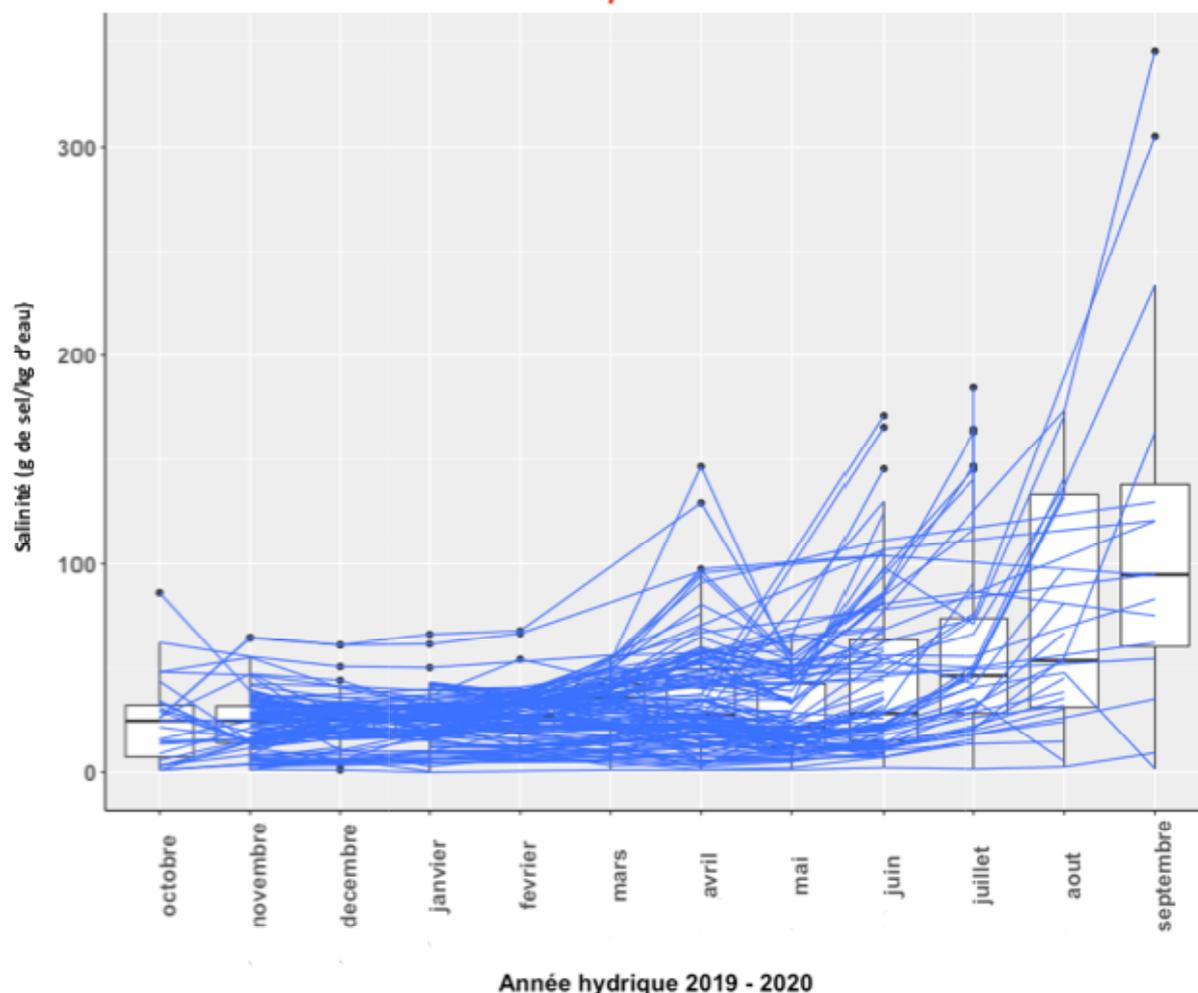


Figure 10 : Niveaux de salinité dans les lagunes temporaires suivies au cours de l'année hydrologique 2019 – 2020.

b. Relation entre les variables environnementales et la composition des herbiers

Dans le but d'analyser conjointement les données écologiques et floristiques relevées au sein des lagunes suivies, quatre groupes différents basés sur la composition des herbiers ont été mis en évidence.

Lors des prospections sur le terrain pour valider la cartographie issue du modèle de télédétection, nous avons relevé la végétation présente dans les pièces d'eau visitées et nous avons pu mettre en évidence un groupement d'espèces spécifiques des lagunes temporaires (Partie 2.3. ; Figure 6). Nous nous sommes servis de ce résultat ainsi que des indices de salinité de Pignatti (Partie 2.3. ; Tableau 6) pour les espèces observées uniquement lors des relevés macrophytes afin de séparer les lagunes suivies en fonction de la composition de leurs herbiers. Les quatre groupes de lagunes sont les suivants :

- les **lagunes sans végétation**,
- les **lagunes présentant des espèces d'eau saumâtre**,
- les **lagunes présentant une ou plusieurs des espèces typiques** des lagunes temporaires méditerranéennes

- les lagunes présentant *Ruppia cirrhosa* dans leur herbier

Nous avons comparé les caractéristiques environnementales de ces quatre groupes avec une ACP (Analyse en Composantes Principales ; Figure 11) dans laquelle chacun des quatre groupes est représenté par une ellipse de couleur. Sur le graphique en Figure 11, les flèches rouges représentent les variables environnementales qui contribuent à l'ACP. Plus les flèches sont foncées et plus elles sont longues, plus elles contribuent à l'explication des axes du graphique basé sur les deux premières dimensions de l'ACP. On remarque que les ellipses de l'ACP sont tirées par des variables différentes en fonction du type de végétation qu'elles représentent. Cette observation peut également être faite sur les barycentres de chaque ellipse. Les lagunes temporaires méditerranéennes présentant des herbiers typiques sont majoritairement réparties en fonction de l'axe 1, ce qui reflète des niveaux de salinité très variables (salinité moyenne en avril : 39 g/l, écart-type 21,45 ; salinité maximale en avril : 97,5 g/l). Ces lagunes typiques ne semblent par contre pas supporter de forts niveaux d'eutrophisation, représentés par le niveau d'azote total dans le sol (niveau d'azote moyen : 696 mg/kg de sol, écart-type 398,14). A l'inverse, les lagunes temporaires présentant *R. cirrhosa* dans leurs herbiers sont plutôt réparties le long de l'axe 2, ce qui reflète une grande variation des niveaux d'azote dans leur sol. Elles semblent ainsi peu sensibles à l'eutrophisation, leur barycentre est tiré par des niveaux élevés d'azote (niveau d'azote moyen : 1896,72 mg/kg de sol, écart-type 1083,37). Ce groupe présente une salinité moyenne élevée mais une variation au sein de cette variable et des valeurs extrêmes de salinité qui sont moins importantes que pour le groupe des lagunes typiques (salinité moyenne en avril : 47,01 g/l, écart-type 12,38 ; salinité maximale en avril : 57 g/l). Les lagunes présentant des espèces d'eau saumâtre semblent principalement tirées par des niveaux de salinité plus faibles que pour les deux autres groupes (salinité moyenne en avril : 12,12 g/l, écart-type 11,30). Ce dernier groupe présente une forte variation sur l'axe 2 qui reflète des niveaux d'eutrophisation très variables (niveau d'azote moyen : 1250,13 mg/kg de sol, écart-type 974,63). Les temps moyens de mise en eau parmi ces trois groupes de lagunes sont respectivement de 271 jours pour les lagunes typiques, 261,75 jours pour les lagunes saumâtres et 288,27 jours pour les lagunes avec des *R. cirrhosa*.

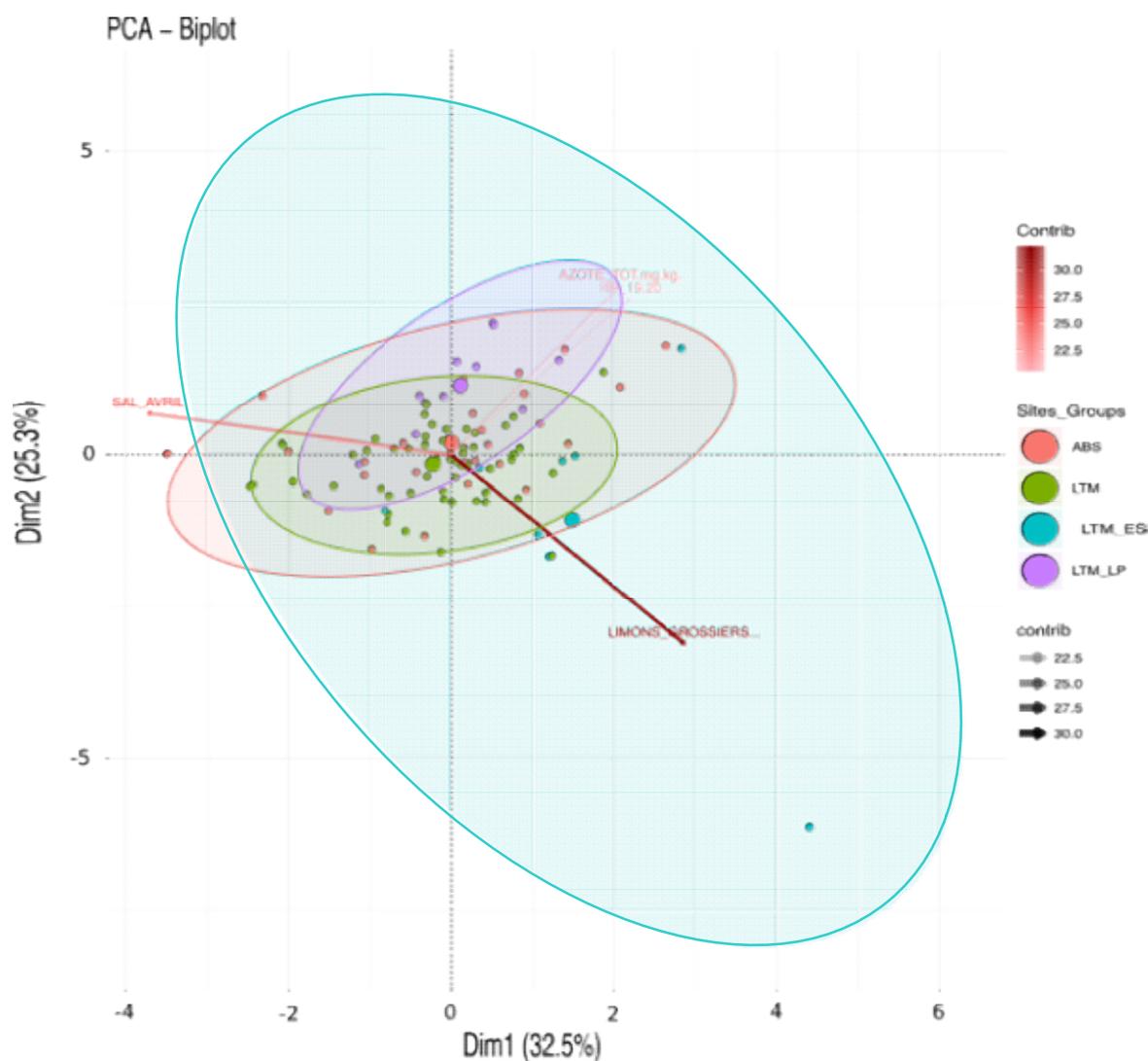


Figure 11 : ACP présentant les lagunes temporaires suivies en fonction du type de végétation qu’elles présentent. L’ellipse rouge représente les lagunes sans végétation ; l’ellipse verte représente les lagunes avec une végétation typique des lagunes temporaires méditerranéennes ; l’ellipse violette représente les lagunes avec *R. cirrhosa* dans leurs herbiers et l’ellipse bleue représente les lagunes qui présentent des espèces d’eau douceâtre à saumâtre au sein de leurs herbiers (niveau de confiance des ellipses : 0,95). Pour chaque groupe, les points de couleur correspondante représentent l’ensemble des lagunes composant le groupe. Le barycentre des ellipses est représenté par un point de couleur correspondante plus large que les autres.

L’ACP nous informe sur les variables qui jouent un rôle dans la présence et la composition des herbiers mais pas sur les variables qui jouent un rôle sur l’abondance des macrophytes. Nous avons effectué une analyse de redondance (RDA ; figure 12) qui nous informe sur les variables qui jouent un rôle sur les pourcentages de recouvrement des espèces au sein des lagunes temporaires suivies. De la même façon que pour l’ACP, les flèches rouges représentent les variables environnementales, et leur direction ainsi que leur longueur nous informent sur leur participation à la construction des axes du graphique. On remarque que les pourcentages de recouvrement des espèces qui sont typiques des lagunes temporaires méditerranéennes, *L. papulosum*, *A. filiformis*, *R. maritima*, *R. helicophylla* ou encore *T. salina*, sont négativement corrélées au niveau d’azote total détecté dans le sol. A

l'inverse, le pourcentage de recouvrement de *R. cirrhosa* est fortement corrélé au niveau d'azote dans le sol de la lagune. Il semble également possible de séparer les espèces typiques des lagunes temporaires méditerranéennes en deux groupes : d'un côté les pourcentages de recouvrement de *A. filiformis*, de *R. helicophylla*, de *R. maritima* et de *T. salina* semblent anti-corrélés au temps de mise en eau long, de l'autre le pourcentage de recouvrement de *L. papulosum* semblent moins sensibles à la durée de mise en eau.

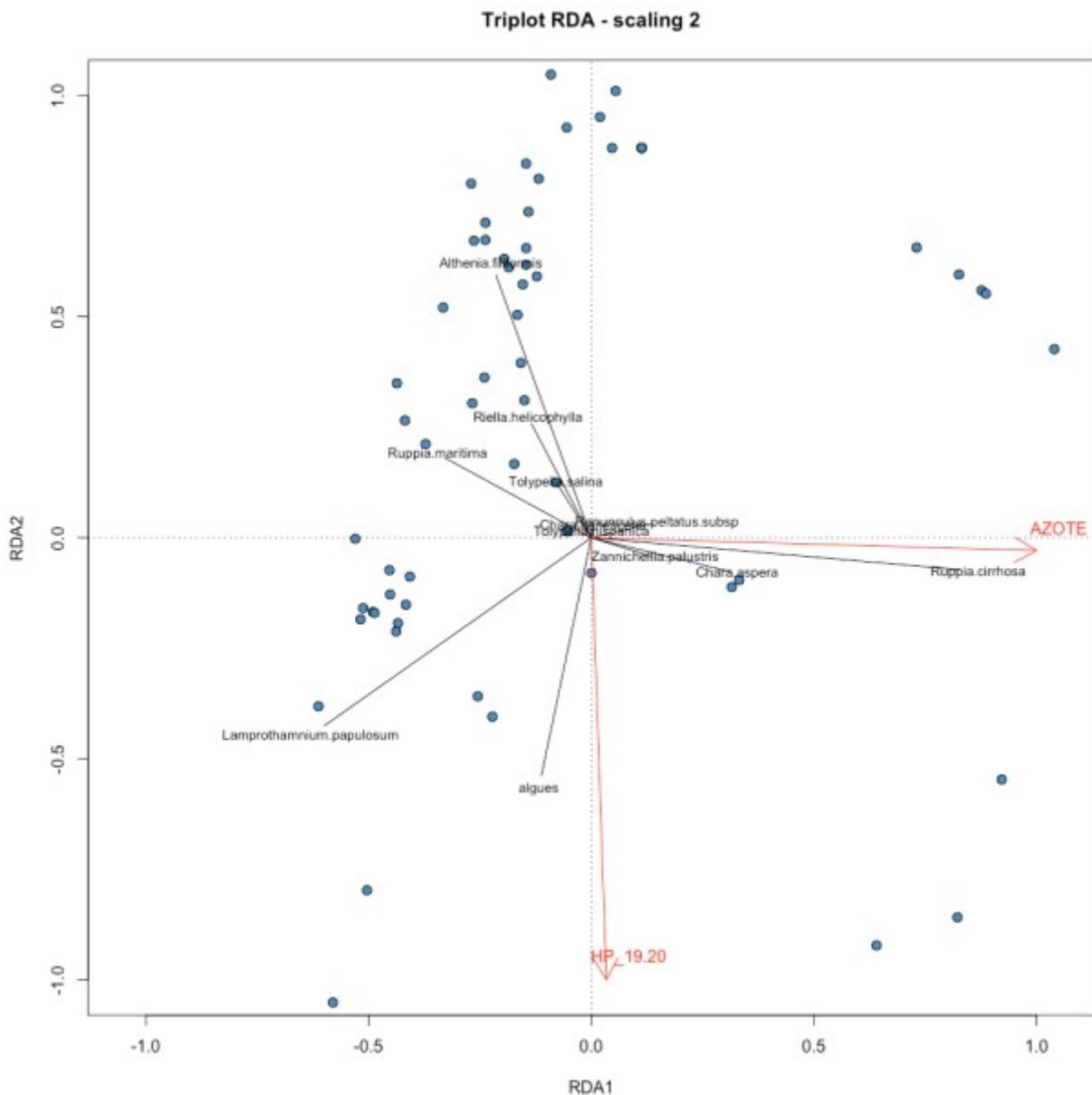


Figure 12 : Analyse de redondance appliquée aux matrices de densité de recouvrement des espèces relevées sur les lagunes suivies et de variables environnementales.

c. Effet des variables environnementales sur la densité des espèces les plus récurrentes

Nous avons effectué des régressions linéaires multiples afin de vérifier l'effet des variables environnementales sur les espèces typiques des lagunes temporaires méditerranéennes indépendamment les unes des autres. Les analyses n'ont pas pu être

effectuées pour *R. helicophylla* car le nombre d'observations, inférieur à dix, est insuffisant (Burnham & Anderson, 2002). Les variables n'étant pas liées entre elles, les résultats sont exploitables ($1.03 < \text{test VIF} < 1.76$).

Couverture absolue des herbiers « typiques » des lagunes temporaires méditerranéennes

Le recouvrement cumulé des espèces typiques des lagunes temporaires méditerranéennes est significativement anti-corrélé au niveau de salinité ($p = 0.0424$), et au niveau d'azote ($p = 0.0497$) (Figure 13).

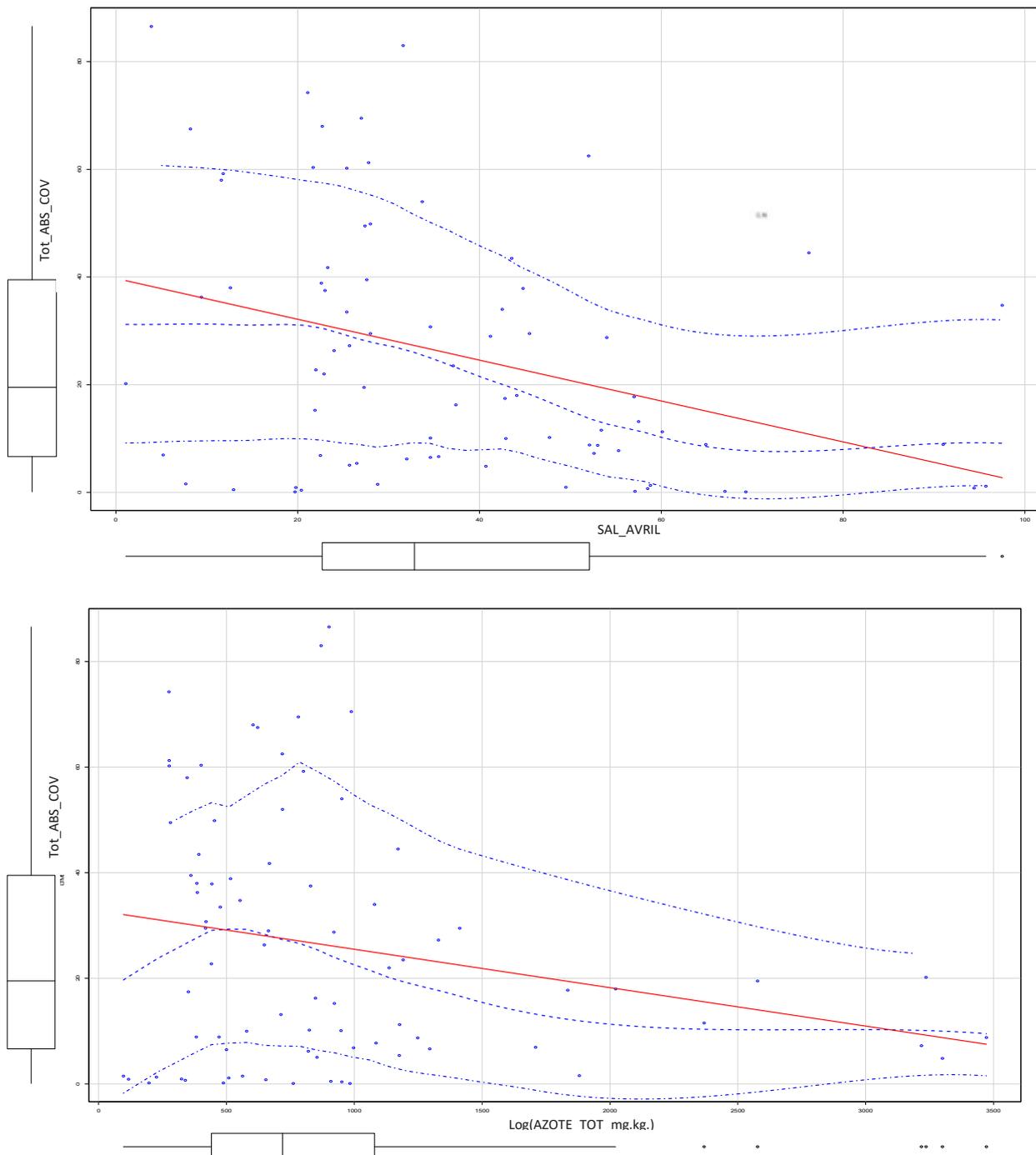


Figure 13 : Régressions linéaires présentant le recouvrement cumulé des espèces typiques des lagunes temporaires méditerranéennes en fonction de la salinité et de log(azote).

Althenia filiformis (65 observations)

Le pourcentage de recouvrement absolu d'*A. filiformis* est significativement anti-corrélé au niveau d'azote ($p = 0.0453$) (figure 14).

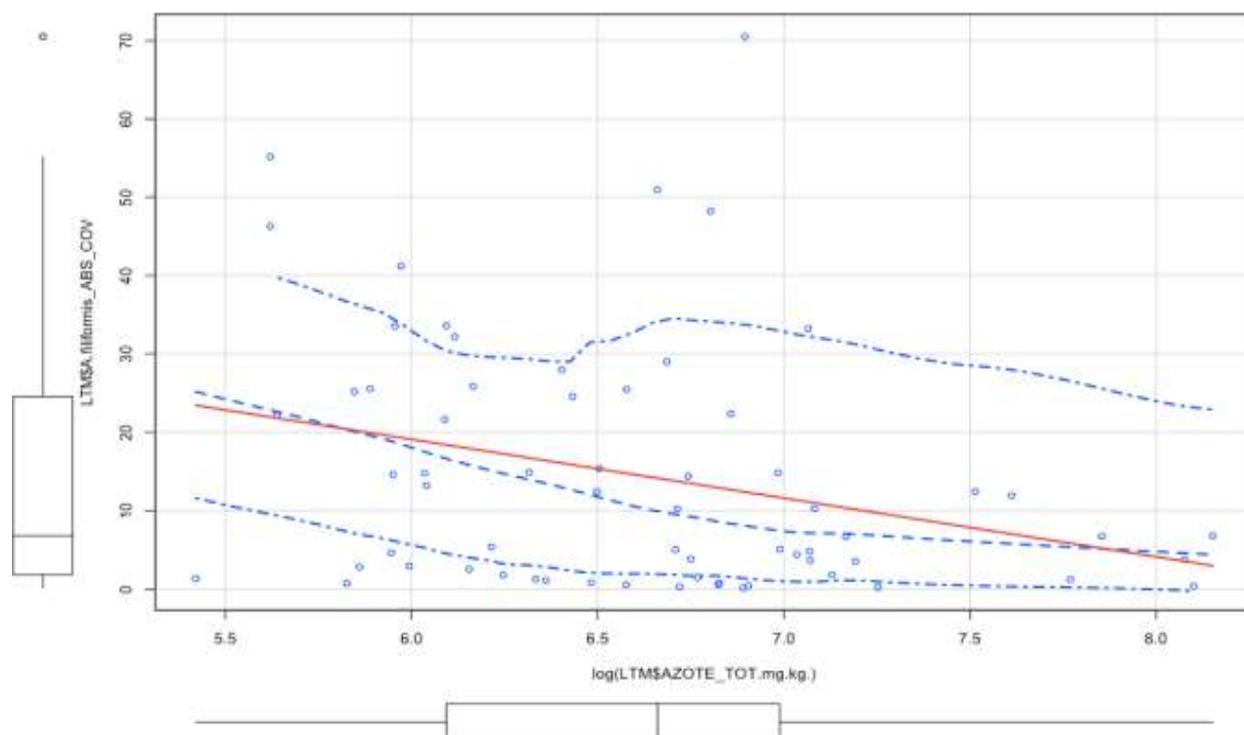


Figure 14 : Régression linéaire présentant le pourcentage de recouvrement absolu d'*A. filiformis* en fonction de $\log(\text{azote})$.

Ruppia maritima (50 observations)

Au sein des lagunes suivies, aucune des variables ne semble avoir d'effet significatif sur le pourcentage de recouvrement absolu de *R. maritima*.

Lamprothamnium papulosum (38 observations)

Le pourcentage de recouvrement absolu de *L. papulosum* est significativement anti-corrélé au niveau de salinité ($p = 0.03114$), et positivement corrélé à la quantité de sables fins dans le sol (0.00432) (Figure 15).

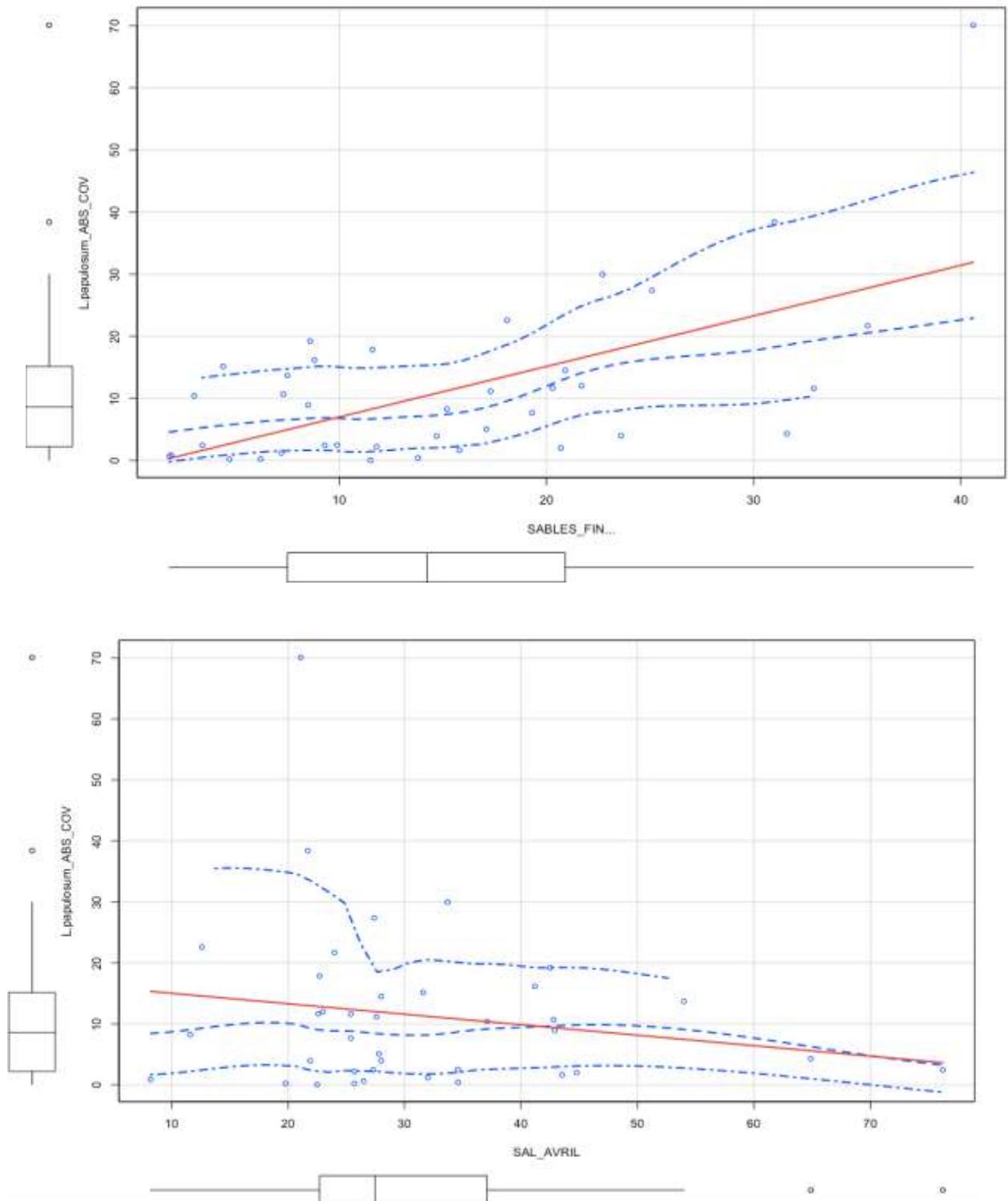


Figure 15 : Régressions linéaires présentant le pourcentage de recouvrement absolu de *L. papulosum* en fonction de la salinité et du pourcentage de sables fins dans le sol.

Tolypella salina (14 observations)

Aucune des variables n'a d'effet significatif sur le pourcentage de recouvrement de *T. salina*. Cependant, une tendance à la corrélation négative est observée considérant les niveaux de salinité dans les lagunes ($p = 0.0918$).

Ruppia cirrhosa (11 observations)

Aucune des variables n'a d'effet significatif sur le pourcentage de recouvrement absolu de *R. cirrhosa*.

L'ensemble de ces résultats ne représente qu'une étude partielle de l'ensemble des conditions environnementales permettant le développement de ces espèces. Un échantillonnage plus large, recouvrant mieux la variabilité des conditions écologiques de l'habitat, permettrait de réaliser des analyses plus fines, et d'identifier les niches écologiques de ces espèces.

3.3. Discussion et conclusion

a. Caractéristiques écologiques des lagunes temporaires méditerranéennes

Trois grandes variables semblent importantes considérant le fonctionnement des lagunes temporaires et son effet sur les herbiers qu'elles hébergent : **le temps de mise en eau, la salinité et l'eutrophisation.**

Les lagunes temporaires méditerranéennes sont caractérisées par un assèchement estival dû à leur faible profondeur et au déficit hydrique estival typique du bassin méditerranéen. En effet, leur faible profondeur additionnée à leur fonctionnement en grande partie endoréique les rend très sensibles à l'évaporation. Cependant, la durée annuelle de mise en eau des lagunes temporaires varie d'une lagune à l'autre et entre années en fonction des apports d'eau et du climat. Si les lagunes suivies n'ont pas toutes présenté le même temps de mise en eau, il est remarquable que le temps moyen de mise en eau varie entre 6 et 9 mois (67 % des lagunes), la période d'assèchement commençant au mois de mars. Cette durée de mise en eau annuelle est également fonction des conditions climatiques annuelles, de telle sorte qu'une même lagune pourra ne pas présenter le même cycle hydrologique chaque année. Si le temps de mise en eau varie dans l'espace et le temps, il est à noter que dans des cas extrêmes, l'assèchement des lagunes temporaires, de même que leur mise en eau, peuvent ne pas être annuels. Ainsi, bien qu'ayant sélectionné les lagunes temporaires suivies en fonction de leurs cycles hydrologiques passés, douze lagunes n'ont pas présenté, lors de l'année hydrologique 2019 – 2020, les deux phases caractéristiques attendues du cycle hydrologique des lagunes temporaires méditerranéennes.

Ces dernières observations pourraient être une manifestation du caractère transitionnel des lagunes temporaires et du chevauchement d'habitats qui les caractérise (Figure 16). Au sein des complexes lagunaires, ces lagunes temporaires sont à l'interface entre les milieux terrestres et aquatiques de par leur localisation ainsi que leur fonctionnement hydrologique. Les lagunes temporaires sont souvent le fruit du comblement progressif de lagunes permanentes, sur leur totalité ou sur une partie de leur surface, ce qui explique leur localisation au sein des complexes lagunaires en périphérie des lagunes permanentes. Ce comblement, s'il se poursuit, peut être à l'origine, à long terme, de la transition d'un habitat aquatique à un habitat terrestre. La fluctuation de la durée des périodes de mise en eau d'une année sur l'autre rend la barrière entre habitats terrestres et aquatiques floue.

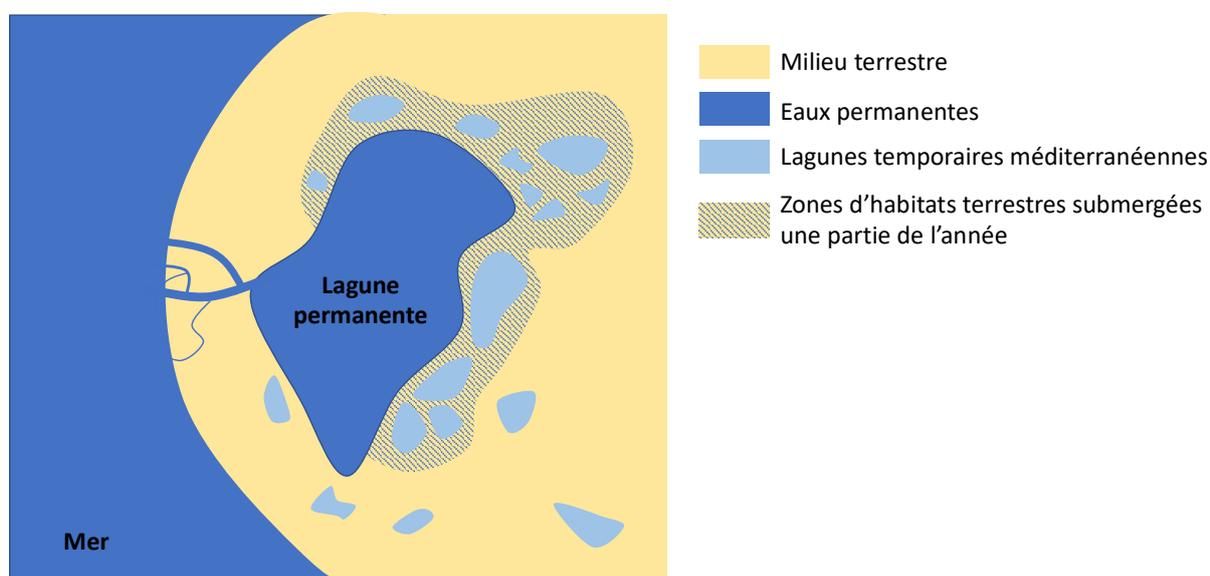


Figure 16 : Schéma d'un complexe lagunaire.

La salinité des masses d'eau, liée à la variation des niveaux d'eau au sein des lagunes temporaires et à leur fonctionnement majoritairement endoréique excluant les entrées et les sorties de sel, varie au cours de l'année hydrologique. La salinité augmente au cours de l'évaporation estivale pour devenir maximale au moment de l'assèchement et ne finir par laisser qu'une croûte de sel en surface. Cette augmentation de la salinité commence au printemps dès le mois de mars et coïncide avec la période d'augmentation des températures engendrant l'évaporation des lagunes. Au moment de la remise en eau en automne, à partir du mois d'octobre, les niveaux d'eau ré-augmentent, induisant une dilution de la croûte de sel et une salinité inférieure comparativement aux niveaux de la fin de saison hydrologique en été.

Les niveaux de salinité peuvent donc devenir très importants rapidement à partir du début du printemps qui est également le moment où les herbiers sont les plus développés et où les espèces se reproduisent. Les espèces végétales qui sont hébergées dans ces milieux doivent alors être adaptées à ces conditions particulières. Certaines des espèces de lagunes

temporaires sont connues pour supporter, au moins pendant une partie de leur cycle de vie, des salinités très élevées et pour avoir un cycle de vie dont la durée varie en fonction des conditions environnementales et notamment en fonction des niveaux de sel et de température (Onnis, 1974 ; Cook & Guo, 1990 ; Mannino *et al.*, 2015). Ces niveaux de sel peuvent être influencés dans le cas d'une gestion des niveaux d'eau en fonction du type d'apport en eau douce ou en eau salée.

Les niveaux d'eutrophisation, que l'on peut estimer à travers les niveaux d'azote dans le sol, varient fortement d'une lagune à l'autre et semblent avoir un effet négatif important sur la présence et le pourcentage de recouvrement absolu des espèces typiques des lagunes temporaires méditerranéennes. En effet, le pourcentage de lagunes présentant des herbiers typiques est plus important lorsque les niveaux d'azote sont bas, et plus le niveau d'azote augmente moins la couverture des herbiers typiques est importante.

De façon générale, la salinité, l'eutrophisation ainsi que le temps de mise en eau semblent jouer un rôle majeur dans la présence, la composition et le taux de recouvrement absolu des herbiers.

b. Effet des variables environnementales sur la composition et le taux de recouvrement absolu des herbiers au sein des lagunes temporaires méditerranéennes

Parmi les six espèces que nous avons le plus souvent observées dans les lagunes temporaires suivies, nous avons pu analyser l'influence des variables environnementales pour cinq d'entre elles. Concernant *R. helicophylla*, nous disposons de moins de dix observations parmi les 127 relevés, ce qui est trop peu pour permettre des analyses fiables. Les résultats obtenus pour *T. salina* ainsi que pour *R. cirrhosa* sont à lire avec précaution car nous ne disposons pas non plus d'un nombre d'observations important.

L'analyse de redondance que nous avons effectuée nous permet déjà d'évaluer l'effet des deux variables les plus importantes sur la composition des herbiers au sein des lagunes suivies. *R. cirrhosa* qui est une espèce plutôt courante dans les lagunes permanentes (Gesti *et al.*, 2005; Mannino *et al.*, 2015) semble très bien supporter les forts niveaux d'eutrophisation contrairement à l'ensemble des autres espèces. Le recouvrement des cinq espèces typiques des lagunes temporaires, à savoir *R. maritima*, *A. filiformis*, *R. helicophylla*, *L. papulosum* et *T. salina* semble quant à lui être négativement impacté par les forts niveaux d'eutrophisation.

Les régressions linéaires confirment ces premières observations. Si, ni le recouvrement de *R. maritima* ni celui de *R. cirrhosa*, qui sont deux espèces plutôt communes sur le territoire littoral méditerranéen français, ne présentent de variation significative en fonction des variables environnementales mesurées ici, ce n'est pas le cas de *L. papulosum* ou d'*A.*

filiformis. En effet, le recouvrement d'*A. filiformis* est significativement négativement corrélé avec le niveau d'azote dans le sol des lagunes. Les populations d'*A. filiformis* pourrait donc être négativement impactées par l'eutrophisation des pièces d'eau. Il est à noter que, bien que les résultats ne soient pas significatifs, les recouvrements de *L. papulosum* montrent une tendance à la décroissance lorsque les niveaux d'azote dans le sol augmentent. De plus, les niveaux d'azote dans les sols des lagunes où l'espèce est présente sont significativement plus bas que ceux des lagunes où l'espèce est absente. L'eutrophisation des lagunes pourrait donc également avoir un effet négatif sur les populations de *L. papulosum*, ce qui est cohérent avec ce qui est connu de sa biologie (Blindow & Langangen, 1995). Si *L. papulosum* est une espèce fréquemment observée dans les lagunes temporaires méditerranéennes et si la salinité des pièces d'eau en avril n'a pas d'effet sur la présence ou l'absence de l'espèce, les concentrations de sel très élevées ont malgré tout un effet négatif sur le pourcentage de recouvrement des populations. Concernant *T. salina*, aucun effet significatif des variables environnementales testées n'est observé. Cependant, l'espèce montre des tendances qui sont sensiblement similaires aux observations faites sur *L. papulosum* en ce qui concerne l'effet de la salinité sur le pourcentage de recouvrement de ses populations.

Les espèces typiques des lagunes temporaires seraient donc plutôt représentatives de lagunes peu eutrophes. La salinité au moment de la reproduction, bien que n'influençant pas la présence de ces espèces typiques agit sur le pourcentage de recouvrement de leurs populations. Le cycle de vie de ces espèces est connu pour être court, quelques semaines seulement, ce qui pourrait leur permettre de le réaliser en grande partie, voir totalement, en début de printemps avant une augmentation trop importante des niveaux de salinité. Ceci, additionné à leur germination précoce dans la saison, lorsque les niveaux de salinité sont les plus bas, pourrait expliquer l'effet nul de cette variable sur la présence des espèces. Une description détaillée de l'état de l'art concernant la biologie et l'écologie de ces espèces typiques est disponible en Annexe 1.

4. Diagnostic des pressions recensées sur les lagunes temporaires méditerranéennes

4.1. Pressions recensées sur le terrain

Le fonctionnement hydrologique est l'un des facteurs les plus importants du fonctionnement écologique des lagunes temporaires méditerranéennes. Si les lagunes temporaires fonctionnent principalement de façon endoréïque, il n'est pas rare, lorsque la mise en eau est maximale, que des lagunes temporaires d'un même complexe lagunaire soient connectées entre elles ou qu'elles le soient avec une lagune permanente. Les nombreuses transformations qu'ont subies les complexes lagunaires au cours du temps et les roubines qui en ont résulté participent également à la connectivité au sein du complexe lagunaire. Nous avons noté, sur l'ensemble des lagunes suivies et prospectées au cours de l'année hydrologique 2019 – 2020, les lagunes qui présentaient des signes visibles d'apport d'eau extérieur, autre que les eaux de pluie et de ruissellement, et le type de connexion qui y était associé. Sur un ensemble de 254 observations, nous avons relevé 74 lagunes (29 %) qui ne présentaient aucun signe d'apport d'eau extérieur et 180 lagunes (71 %) qui présentaient des signes de connexion à d'autres masses d'eau (Figure 17). Sur ces 180 lagunes, 66 (36,7 %) ne présentaient qu'une connexion à une ou plusieurs autres lagunes temporaires méditerranéennes adjacentes. Les deux autres types de connexions les plus fréquentes se font avec des roubines ou avec une lagune permanente adjacente. Les apports d'eau provenant de coups de mer, de stations d'épuration ou de ruissellements urbains importants sont minoritaires. On soulignera malgré tout que certains complexes de lagunes temporaires présentent une configuration géographique telle que la connexion à la mer se fait plus forte, c'est par exemple le cas à l'Espiguette. Il est également à noter que sur les 180 lagunes qui présentent des apports d'eau extérieurs visibles, 62 (34,4 %) présentent des connexions multiples (de deux à trois connexions).

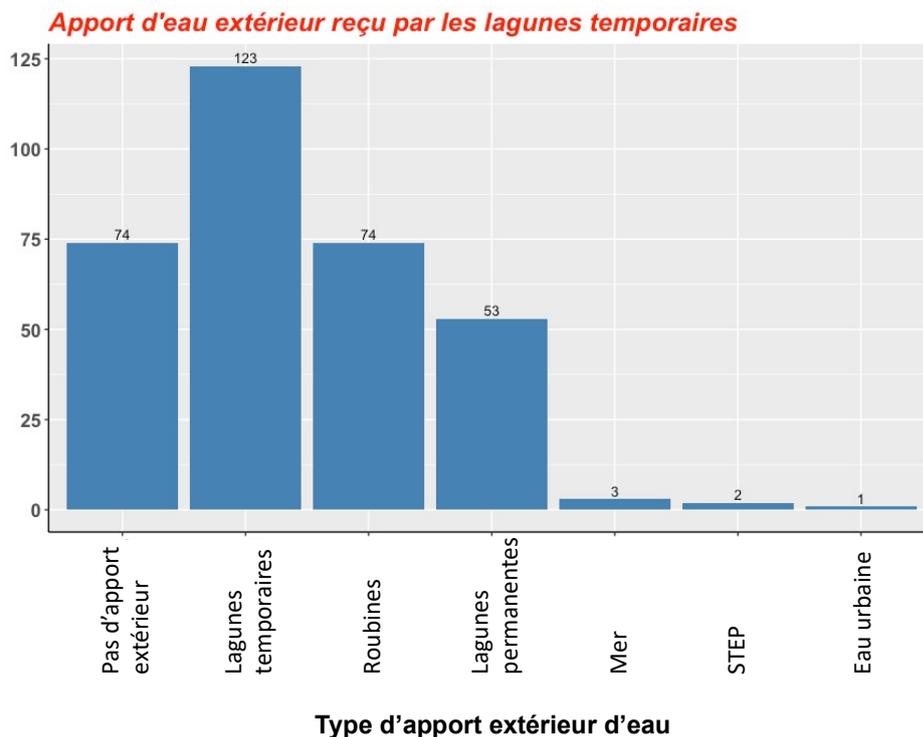


Figure 17 : types de connexions observés sur les lagunes suivies et prospectées dans le courant de l'année hydrologique 2019 – 2020.

La trophie des lagunes temporaires méditerranéennes ayant une incidence significative sur leur état écologique général et sur la présence et l'abondance des espèces typiques, nous avons cherché à savoir s'il y avait un lien entre les niveaux trophiques observables dans les lagunes temporaires et leurs apports hydrologiques connus. Pour cela, nous avons relevé les lagunes qui présentaient de fortes densités de macro-algues et les avons classées en trois catégories d'eutrophisation : « nulle » = pas de macro-algues, « faible » = peu de macro-algues et « élevée » = beaucoup de macro-algues (Tableau 8).

	Eutrophisation « nulle »	Eutrophisation « faible »	Eutrophisation « élevée »
Fonctionnement endoréique	53 (75,7 %)	15 (21,4 %)	2 (2,9 %)
Apport d'eau extérieur	96 (53,3 %)	61 (33,9 %)	23 (12,8 %)

Tableau 8 : Niveaux d'eutrophisation pour les lagunes temporaires avec et sans apport d'eau extérieur.

Si l'on compare, à l'aide d'un test de χ^2 , les deux groupes de lagunes, on constate qu'ils sont significativement différents et donc que les niveaux d'eutrophisation ne sont pas répartis de la même façon dans les deux groupes. Les lagunes n'étant pas connectées à d'autres masses d'eau sont en moyenne moins eutrophes que les autres. Si nous comparons les niveaux trophiques des apports d'eau extérieurs aux niveaux trophiques des lagunes temporaires elles-mêmes, on remarque que les deux sont fortement liés (Figure 18).

Niveau de trophie des lagunes temporaires et de leurs apports d'eau extérieur

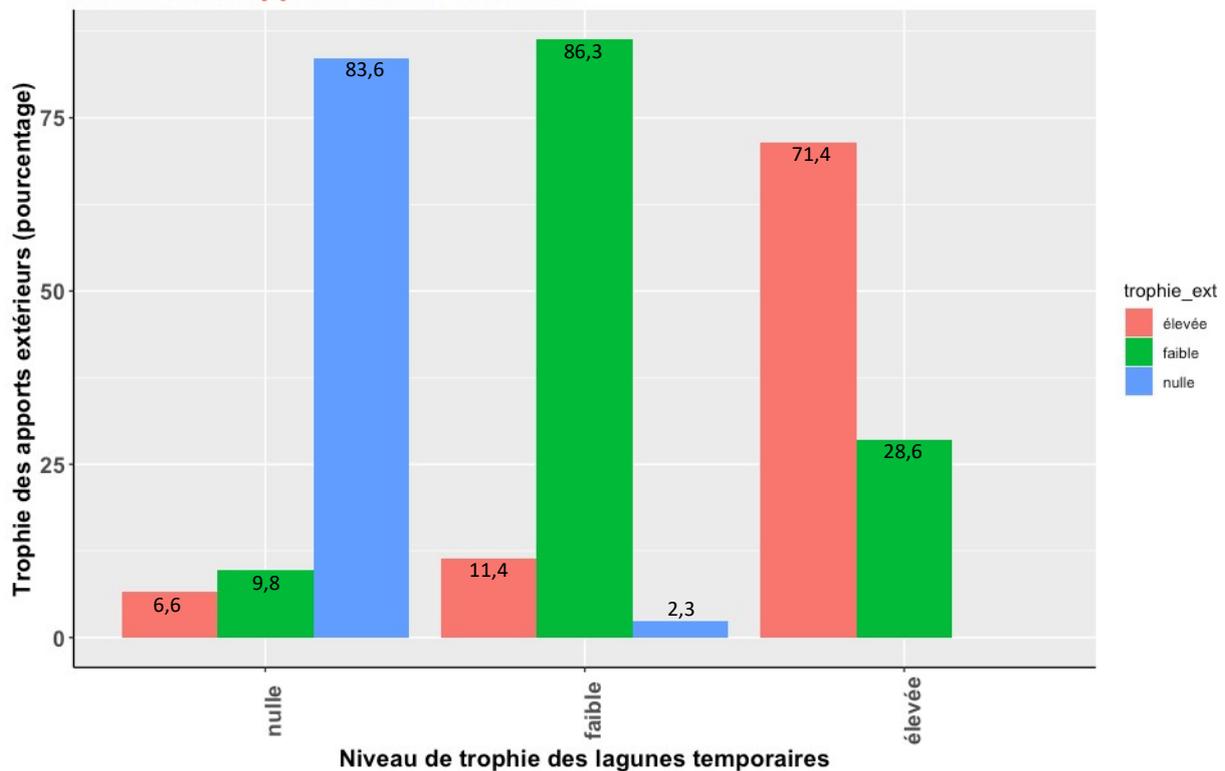


Figure 18 : niveaux trophique des lagunes temporaires en fonction des niveaux trophiques des apports d'eau extérieurs.

D'autres informations collectées lors des prospections de terrain ont révélé la présence de déchets dans un petit nombre de lagunes temporaires (14,7 %), ou encore la présence d'espèces exotiques envahissantes telles que des ragondins (16,9 %) ou du cascaïl lorsque les pièces d'eau ont des périodes de mise en eau longues (11,6 %).

4.2. Niveaux de protection des lagunes temporaires méditerranéennes

Du fait de leur appartenance aux milieux lagunaires, les lagunes temporaires méditerranéennes sont déjà, pour la plupart, incluses dans des zones soumises à des réglementations liées à la protection des espèces ou des habitats naturels. La carte 4 présente la cartographie des zones potentielles de lagunes temporaires issue du modèle de télédétection (voir partie 2.2) selon le niveau de protection auxquels elles sont soumises ou selon leur identification dans des programmes de porter à connaissance. Trois niveaux ont été définis :

Un niveau de protection forte comprenant :

- Réserves Naturelles Nationales
- Réserves Naturelles Régionales
- Espaces Naturels Sensibles départementaux
- Parcs Naturels Nationaux (cœur de parc)
- Terrains du Conservatoire du Littoral
- Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotopes

- Terrains du Conservatoire d'Espace Naturel

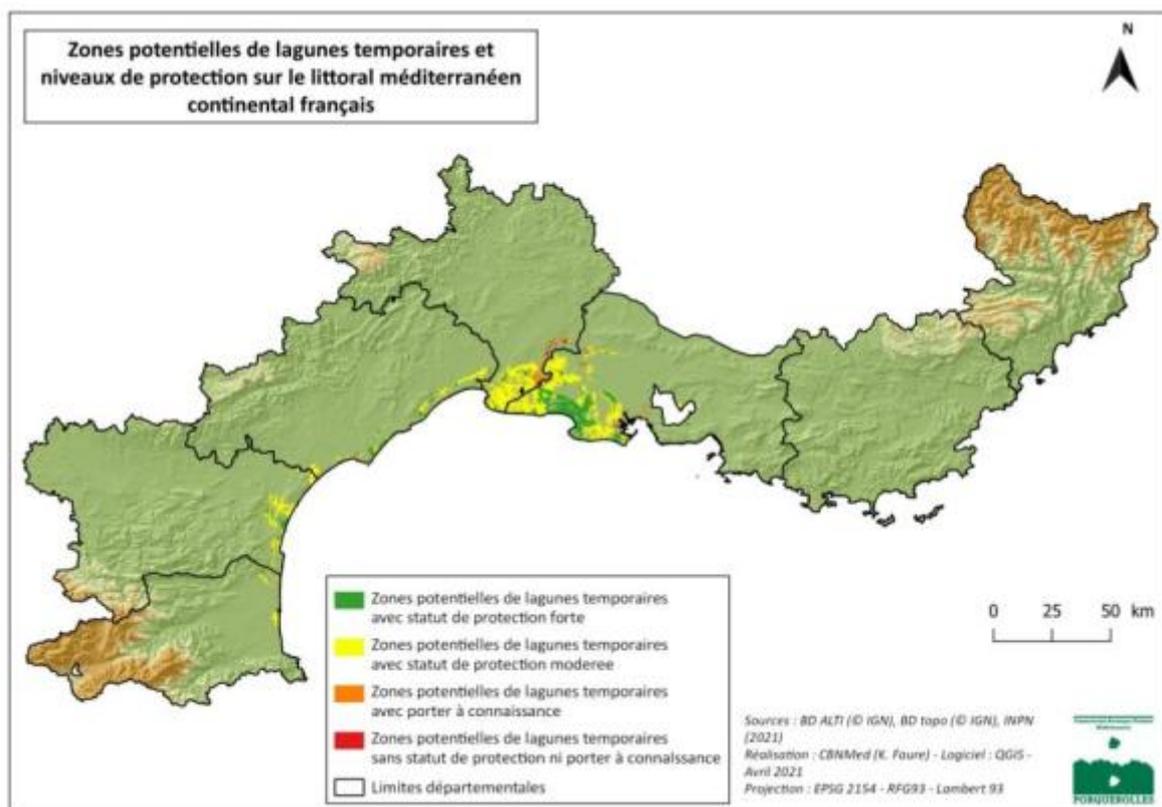
Un niveau de protection moyen comprenant :

- Sites Classés
- Parcs Naturels Nationaux (Aire d'adhésion)
- Zones Natura 2000 (SIC et ZPS)
- Parc Naturels Régionaux

Un niveau sans protection mais avec porter à connaissance :

- Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique
- Zones RAMSAR (zones humides d'intérêt international)

Le chevauchement cartographique de nombreuses réglementations environnementales, tous niveaux de protection confondu, entraîne des superpositions de ces trois niveaux de protection (Tableau 9).



Carte 4 : Zones potentielles de lagunes temporaires méditerranéennes en fonction de leur niveau de protection.

	Surfaces en ha	%
Zones potentielles de lagunes temporaires méditerranéennes	21 243	100,00%
Protection forte	7 638	36%
Protection modérée	20 230	95%
Porter à connaissance	20 474	96%

Tableau 9 : Pourcentage des zones potentielles de lagunes temporaires méditerranéennes incluses au sein de chaque niveau de protection

Les statuts de protection présentés ici n'ont pas les mêmes objectifs de préservation et les zones de porter à connaissance ne protègent pas contre la destruction ou la dégradation des milieux naturels. Il conviendra de porter une attention particulière prioritairement sur les zones ne bénéficiant pas de statut de protection, en confirmant dans un premier temps leur appartenance à l'habitat lagunes temporaires méditerranéennes et en évaluant dans un second temps les pressions qui s'exercent sur elles.

4.3. État écologique et pistes pour des indicateurs de pression

Il est complexe d'évaluer l'état écologique d'un milieu, d'autant plus lorsque l'on ne dispose pas d'un état zéro dudit milieu. On peut cependant mettre en avant des facteurs qui sont, de façon générale, des indicateurs de transformation des lagunes temporaires :

- la gestion de l'eau peut impacter de façon importante les herbiers typiques des lagunes temporaires pour qui le fonctionnement hydrologique spécifique du milieu joue un rôle majeur dans leur cycle de vie. En effet, en plus de l'impact sur le cycle de vie et la dynamique des espèces en elles-mêmes, un changement dans la durée de mise en eau ou dans les niveaux de salinité des lagunes temporaires peut s'accompagner d'un changement dans la composition des herbiers en favorisant des espèces qui ne supportent pas les fortes salinités ou les temps de mise en eau court et qui entreront alors en compétition avec les espèces typiques des lagunes temporaires qui sont, pour la plupart peu compétitives.
- l'eutrophisation accélère la dégradation des milieux aquatiques et entraîne la diminution voire la disparition des herbiers typiques des lagunes temporaires méditerranéennes.

Des travaux ont déjà été menés pour proposer des indicateurs de pressions sur les lagunes en général et sur les lagunes temporaires. Les indicateurs proposés dans le classeur technique « façade méditerranéenne » du guide d'évaluation de l'état de conservation des "Lagunes côtières" d'intérêt communautaire (UE 1150*) (Barré *et al.*, 2020) sont analysés au regard des résultats de la présente étude.

Trois indicateurs parmi les sept proposés sur les lagunes temporaires nous semblent particulièrement adaptés :

- **Indicateur i1** : surface des lagunes

Cet indicateur suit l'évolution de la surface des lagunes au cours du temps. Dans le cas des lagunes temporaires, le temps de mise en eau et l'importance de cette mise en eau peuvent varier d'une année sur l'autre en fonction des conditions environnementales. Il est donc nécessaire d'effectuer le relevé toujours à la même période de l'année et de prendre en compte les conditions climatiques sur la durée de mise en eau des pièces d'eau lors des années de relevés. A long terme, cet indice permet d'estimer la taille moyenne de la lagune temporaire et l'enveloppe des variations qui l'entoure. De cette façon, il est possible, à long terme, de mettre en évidence de potentiels comblements, déficits hydriques (ex : modification du bassin versant), et/ou augmentations de la surface par apports d'eau.

- **Indicateur i2c** : macrophytes

Il s'agit d'un indice consistant en un relevé des espèces présentes dans les lagunes et une estimation de leur recouvrement les unes par rapport aux autres. Si les lagunes temporaires méditerranéennes n'abritent pas toujours des espèces végétales, lorsque c'est le cas il est possible de suivre l'évolution des herbiers d'une année sur l'autre. En plus des espèces typiques, d'autres espèces sont récurrentes sur les lagunes et toutes n'ont pas les mêmes tolérances au sel ou à l'eutrophisation. Suivre la composition des herbiers permet de suivre indirectement l'évolution de l'état écologique de la lagune. Il sera possible, par exemple, de mettre en évidence un adoucissement ou une eutrophisation des lagunes suivies.

- **Indicateur i9** : fonctionnement hydrologique

Nous avons vu que le fonctionnement hydrologique naturel particulier des lagunes temporaires méditerranéennes est un facteur essentiel pour les herbiers qui y sont liés. Changer le fonctionnement hydrologique naturel peut donc avoir des conséquences fortement négatives sur l'état écologique de cet habitat. Il est donc important de ne pas forcer la mise en eau et de ne pas limiter artificiellement les apports d'eau extérieurs. Gérer les temps de mise en eau change le cycle hydrologique des lagunes temporaires. De plus, quel que soit le choix du type d'eau utilisée, douce ou salée, cela entraîne des changements dans les niveaux de salinité propres à la lagune et peut entraîner une augmentation de la trophie du milieu.

Quatre autres indicateurs proposés sont plus compliqués à prendre en compte, ou n'ont qu'un faible impact sur le fonctionnement des lagunes temporaires :

- **Indicateurs i4 et i6** : relevés d'espèces exotiques envahissantes

Ces relevés sont importants dans le cadre du suivi de propagation de ces espèces mais elles sont peu présentes sur les lagunes temporaires et semblent avoir un impact mineur sur leur

fonctionnement global au regard des perturbations bien plus importantes liées au cycle hydrologique ou à l'eutrophisation de l'habitat.

- **Indicateur i7** : connexion à la mer ou à d'autres lagunes

Toutes les lagunes temporaires méditerranéennes n'ont pas le même fonctionnement hydrologique et les mêmes niveaux de connexion au complexe lagunaire auquel elles appartiennent. Il est donc compliqué, de notre point de vue, de mettre en place un indicateur qui évalue l'état écologique des lagunes temporaires en fonction de leur connectivité au réseau lagunaire.

- **Indicateur i8** : nature des berges

Il est fréquent, dans le cas des lagunes temporaires méditerranéennes, que l'habitat ait subi de nombreuses modifications anthropiques au cours du temps. Les berges sont donc rarement naturelles. Sans faire de grande différence entre des berges totalement naturelles et des berges herbacées, il reste malgré tout intéressant de noter le degré d'artificialisation des berges et notamment de berge "à nue".

5. Programme d'actions 2022 – 2032

Suite aux connaissances accumulées durant l'élaboration du PRA sur le fonctionnement écologique des lagunes temporaires méditerranéennes, sur les espèces typiques qui y sont associées et sur les potentielles pressions environnementales pouvant impacter leur état écologique, nous avons conduit des ateliers de concertation avec les acteurs de terrain des milieux lagunaires. Lors de ces ateliers nous avons pu discuter, en tables rondes, des actions que les acteurs pensent importantes à mettre en place durant la mise en œuvre du PRA. Dix objectifs sont ressortis de ces ateliers pour répondre aux trois grands enjeux identifiés sur les lagunes temporaires méditerranéennes. Ces objectifs ont été déclinés en 21 fiches actions qui ont été rédigées sur la base des échanges avec les acteurs lors des ateliers et des comités de pilotage. Ces fiches actions ont ensuite été proposées à la relecture et dans un sondage afin de pouvoir les hiérarchiser.

Cette partie détaille les actions retenues. Le tableau 10 recense les actions pour chaque enjeu et chaque objectif avec le calendrier de réalisation correspondant. Les actions sont détaillées à la suite de ce tableau sous forme d'un catalogue de fiches.

Enjeux	Objectifs	Actions	Calendrier de réalisation	Page
1. Améliorer les connaissances sur l'habitat	Améliorer les connaissances sur la distribution spatiale de l'habitat	1.1. Mettre à jour la cartographie des lagunes temporaires méditerranéennes	Tout le long du PRA	62
	Améliorer les connaissances sur les caractéristiques fonctionnelles de l'habitat	1.2. Sélection de sites pilotes	2022	65
		1.3. Améliorer les connaissances sur le fonctionnement hydrologique de l'habitat	2023-2025	68
		1.4. Améliorer les connaissances sur le processus d'eutrophisation de l'habitat	2023-2025	70
		1.5. Réaliser un suivi pluriannuel des macrophytes au niveau de l'habitat	2022-2026	72
	Améliorer les connaissances sur la biocénose de l'habitat	1.6. Améliorer les connaissances sur la phénologie des macrophytes typiques de l'habitat	2023-2025	74
		1.7. Améliorer les connaissances sur certains groupes bioindicateurs	2023-2025	76
		1.8. Améliorer les connaissances sur les conditions écologiques propices au développement des macrophytes typiques de l'habitat	2026	78
2. Préserver et restaurer l'habitat	Établir un état des lieux des connaissances et une veille sur les problématiques de préservation et de restauration de l'habitat	2.1. Réaliser une synthèse de retours d'expériences sur les opérations de gestion et de restauration de l'habitat	2022-2024	82
	Définir une stratégie de préservation de l'habitat à l'échelle globale et à l'échelle locale	2.2. Définir une méthode de hiérarchisation des enjeux de conservation de l'habitat	2027	84
		2.3. Evaluer l'état écologique de l'habitat	2027-2028	86
		2.4. Définir une méthode de typification des actions à mener au niveau des sites	2028-2029	88
	Préserver l'habitat	2.5. Intégrer la préservation de l'habitat dans les documents d'urbanisme, les stratégies territoriales et les programmes d'actions	Tout le long du PRA	90
	Restaurer l'habitat	2.6. Mettre en œuvre des actions de restauration de l'habitat	2029-2031	92
3. Coordonner le PRA et améliorer la concertation, l'information et la sensibilisation	Animer et coordonner le plan régional d'actions	3.1. Animer et évaluer le plan régional d'actions	Tout le long du PRA	96
		3.2. Étendre le plan régional d'actions à la Corse	2022	98
		3.3. Collecter et mutualiser les données issues du plan régional d'actions	Tout le long du PRA	100
	Sensibiliser les publics cibles et échanger avec les acteurs en ce qui concerne l'habitat et ses enjeux	3.4. Informer et sensibiliser les différents acteurs	Tout le long du PRA	102
		3.5. Former les gestionnaires de milieux naturels, les services de l'état et les collectivités	Tout le long du PRA	104
	Valoriser les résultats du plan régional d'actions	3.6. Publier et diffuser les résultats issus du plan régional d'actions à différentes échelles	Tout le long du PRA	106

Tableau 10 : Enjeux, objectifs, actions et calendrier de réalisation du PRA.

5.1. Améliorer les connaissances sur l'habitat

N° 1.1	Mettre à jour la cartographie des lagunes temporaires méditerranéennes	Priorité : 1
Enjeu	Améliorer les connaissances sur l'habitat	
Objectif	Améliorer les connaissances sur la distribution spatiale de l'habitat	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions		
Annexe 1 « Guide des macrophytes typiques » et annexes protocoles 2 et 4 (suivi hydrologique et prospection macrophytes); fiches actions 1.3 (fonctionnement hydrologique) et 3.5 (Formation)		
Organismes concernés		Partenaires
Tous les gestionnaires de milieux lagunaires, CBNMed, Bureaux d'étude		Pôle Relais lagunes méditerranéennes, Structure animatrice
Localisation - Périmètre d'application		
Littoral méditerranéen continental français		
Contexte		
<p>Le PRA a permis de développer une définition des lagunes temporaires méditerranéennes qui permet de rattacher cet habitat à l'habitat d'intérêt prioritaire 1150-2 « Lagunes méditerranéennes ». Il a également permis de développer un modèle de télédétection mettant en évidence les zones de présence potentielle de lagunes temporaires méditerranéennes [Allies <i>et al.</i> 2021] afin d'aider à l'établissement d'une cartographie de ce sous habitat à l'échelle du littoral méditerranéen de France continentale. Cette cartographie représente un outil essentiel pour la préservation de l'habitat 1150-2 dans son ensemble, dans la mesure où elle permet d'informer et de communiquer sur sa présence, ses enjeux et d'anticiper les impacts que pourraient occasionner d'éventuels projets d'aménagement ou programmes d'action.</p> <p>Les gestionnaires ont à présent ces deux outils (définition et carte des zones potentielles) à disposition pour réaliser ou mettre à jour la cartographie des lagunes temporaires sur leurs territoires respectifs. Il s'agit de réaliser des prospections de terrain et de vérifier un certain nombre de critères pour valider, ou non, l'appartenance à cet habitat naturel. Ces prospections permettront de mettre à jour les cartographies des DOCOB Natura 2000 et d'affiner les résultats du modèle de télédétection.</p>		
Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre		

Les prospections de terrain pourront se dérouler dans le cadre de la mise à jour des DOCOB Natura 2000 ou, hors zone Natura 2000, pour valider les résultats du modèle de télédétection. Dans ce dernier cas, la sélection des pièces d'eau à visiter pourra se dérouler par tirage aléatoire dans les zones de présence potentielle de lagunes temporaires cartographiées par le modèle.

Pour valider l'appartenance à l'habitat lagunes temporaires méditerranéennes, nous préconisons les relevés suivants :

- Relevé des espèces végétales présentes dans les pièces d'eau selon le protocole de prospection des macrophytes (Annexe 4).
- Vérification de la temporalité de la mise en eau : renseignement auprès des acteurs locaux ou suivi hydrologique au cours d'un ou de plusieurs cycles hydrologiques complets en suivant le protocole de suivi hydrologique (annexe 2).
- Mesure du niveau de salinité des pièces d'eau.

Les critères de validation sont les suivants :

- Durée de mise en eau en moyenne entre 2 et 11 mois et récurrence de l'assec
- Salinité minimale de la pièce d'eau supérieure à 5g/l au moment de la prospection des macrophytes (printemps)
- En présence de macrophytes, l'observateur pourra s'appuyer sur la présence d'espèces caractéristiques de ce sous habitat du 1150-2 (*Althenia filiformis*, *Ruppia maritima*, *Tolipella sp.*, *Riella sp.*, *Lamprothamnium papulosum* ; voir l'annexe 1 « guide des macrophytes typiques des lagunes temporaires méditerranéennes »). L'absence de macrophytes ou de ces macrophytes typiques n'est cependant pas un indice suffisant pour ne pas rattacher le milieu aux lagunes temporaires méditerranéennes, ce n'est qu'un facteur de validation.

L'arbre décisionnel ou tableau de critères suivant est un outil d'aide pour la validation (tableau 1).

	2 mois < Temps de mise en eau < 11 mois	Salinité ≥ 5g/l au printemps	Macrophytes typiques	Rattachement aux lagunes temporaires méditerranéennes
Lagune 1	x	x		Oui
Lagune 2	x	x	x	Oui
Lagune 3	>11 mois ou NA	x	x	Si pas d'assec l'année du relevé, vérifier si la pièce d'eau s'assèche l'année suivante
Lagune 4	x	< 5g/l	x	Refaire la mesure de salinité en plusieurs niveaux de la colonne d'eau si la mesure est faite après une pluie. Vérifier la salinité durant une année hydrologique complète

Lagune 5	NA	NA	x	Non – vérifier la salinité et le temps de mise en eau
----------	----	----	---	---

Tableau 1 : exemple de tableau de rattachement au milieu lagunes temporaires méditerranéennes

Les résultats des prospections seront transmis à la structure animatrice afin de capitaliser le travail des différents acteurs.

Le modèle de télédétection sera recalibré une fois par an en intégrant les nouveaux résultats de la validation.

Calendrier de réalisation

Les prospections devront être réalisées au printemps au cours des 5 premières années du PRA

Indicateurs de suivi de l'action

- Nombre de pièces d'eau prospectées
- Nombre de cartographies Natura 2000 comprenant des lagunes temporaires mises à jour
- Pourcentage de pièces d'eau prospectées par complexe lagunaire
- Pourcentage de pièces d'eau validant le modèle.

Estimation du coût des opérations

10 pièces d'eau / jour; 500€/ jour

Financeurs possibles

DREAL / DDTM / Europe (Natura 2000) ; Conseils départementaux ; GPMM

Bibliographie

Développement du modèle de télédétection (Alliès *et al.*, 2021 ; en préparation)

N° 1.2	Sélectionner des sites pilotes	Priorité : 1
Enjeu	Améliorer les connaissances sur l'habitat	
Objectif	Améliorer les connaissances sur les caractéristiques fonctionnelles de l'habitat	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions		
Fiches actions 1.3, 1.4, 1.5, 1.6 et 1.7		
Organismes concernés	Partenaires	
Tous les gestionnaires de milieux lagunaires, structure animatrice	Pôle Relais lagunes méditerranéennes	
Localisation - Périmètre d'application		
Littoral méditerranéen continental français		
Contexte		
<p>Dans cette partie du PRA, où nous proposons d'étudier plus en profondeur le fonctionnement du milieu des lagunes temporaires méditerranéennes, il est important de bien choisir sur quels sites faire les suivis pour optimiser les protocoles d'échantillonnage. Une bonne optimisation des protocoles de suivis et d'échantillonnage permettra de couvrir le plus possible les variations environnementales du milieu en les rendant le moins chronophage possible.</p> <p>Il est important d'avoir des sites pilotes les plus diversifiés possible pour que l'étude puisse rendre compte du fonctionnement du milieu dans son ensemble y compris dans les milieux marginaux où les lagunes temporaires méditerranéennes sont en mosaïque avec d'autres milieux. Ces sites serviront à la mise en place des fiches actions 1.3, 1.4, 1.5, 1.6 et 1.7.</p>		
Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre		
<p>Afin que ces suivis puissent également être mis au regard des lagunes permanentes du complexe lagunaire auquel les lagunes temporaires appartiennent, et pour faciliter la mise œuvre de cette action, les sites pilotes pourront être intégrés au sein des complexes lagunaires dont les lagunes permanentes font déjà l'objet de suivis (voir Tableau 1).</p> <p>Les sites pilotes doivent dépeindre au mieux la variabilité des fonctionnements écologiques des lagunes temporaires méditerranéennes en choisissant par exemple : un site à influence marine importante (ex : Grande Maïre), un site à influence dulçaquicole importante (ex : Salins de Villeneuve), un site présentant des eaux particulièrement stagnantes (anciens salins de Sigean ou de La Palme), un site où l'eutrophisation y est suspectée voir bien connue (ex : Villeroy), un site qui présente peu d'eutrophisation (ex : Petite ou Grande Camargue)... (voir Tableau 2)</p> <p>Afin que les analyses qui résulteront de ces suivis soient robustes et fiables il est important qu'un minimum de cinquante lagunes temporaires fassent partie du suivi.</p>		

Lagunes permanentes (suivies dans le cadre des programmes Obslag et de l'Observatoire sur les lagunes désallées)	Lagunes temporaires (codes PRA)
Etang de Canet (CNS)	LTM de Canet (CAN_NAZ_6/8/9/10/11/12)
Etang de La Palme (LAP)	Ancien salin de La Palme (LAP_SAL_1 à 10)
Etang de Bages Sigean (BGS)	Ancien salin de Sigean (SIG_GSA_1 à 10)
Etang de l'Ayrolle (AYR)	Ancien salin de Campagnol (SIG_CAM_3/4/5/6)
Etang de Thau (MAR)	Castellas (THA_CAS_1/3/4/5/6/7/8/10)
Etang de Thau (BOU)	Ancien salin de Villeroy (THA_SET_3/4/5/6/7/8/9)
Etang de Vic (VIC)	Ancien salin de Villeneuve (PAL_VIL_1 à 10)
Etang de l'Or (ORW)	Site suivi de la Grande Motte (EOR_MOT_1 à 10) et éventuellement site prospecté (EOR_CRO/PLA)
Etang de Berre (BER)	Les Pâtis (BER_PAT_1/4/5/6/7/8)
Etang du Bagnas	BAG_GRA_01
Etang de Vaccarès	GCA_RNC_01
Etang de Pissevache	BPA_PIS_1/2/3/4/5/7/9/12/13/20/40
Etang de Leucate	SAL_DEV_7/11/12/14/31/37
Complexe de la Grande Maïre	ORB_MAI
Complexe des Orpellières	ORB_ORP
Etang de Diane (Corse)	NA
Etang de Urbino (Corse)	NA
Etang de Palo (Corse)	NA

Le tableau 1 résume quelques sites de suivi DCE pour lesquels des prospections ont été faites au cours de l'élaboration du PRA et où des lagunes temporaires sont connues :

Facteurs environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> -Niveaux d'eutrophisation variables -Niveaux de salinité allant de 5 g/l à 30 g/l ou plus en automne -Connexion plus ou moins forte avec le complexe lagunaire -Lagunes dont les niveaux d'eau sont gérés et d'autres fonctionnant naturellement -Lagunes avec et sans herbiers -Lagunes naturelles et des anciens salins
---------------------------	--

Facteurs logistiques	<ul style="list-style-type: none"> -Accessibilité des lagunes temporaires -Capacité des structures gestionnaires à accueillir des stagiaires ou à prendre en charge une partie des suivis en les mutualisant avec des suivis déjà effectués sur les sites -Facilités de financement (ex : site N2000, ...)
Le tableau 2 résume les facteurs devant être pris en compte lors du choix des sites pilotes	
Calendrier de réalisation	
Première année du PRA : 2022	
Indicateurs de suivi de l'action	
Nombre de sites pilotes défini en concertation avec les gestionnaires	
Estimation du coût des opérations	
Financeurs possibles	
Bibliographie	

N° 1.3	Améliorer les connaissances sur le fonctionnement hydrologique de l'habitat	Priorité : 1
Objectif	Améliorer les connaissances sur les caractéristiques fonctionnelles de l'habitat	
Enjeu	Améliorer les connaissances sur l'habitat	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions		
Annexe protocole 2 (suivi hydrologique), fiches actions 1.2 (sélection des sites pilotes), et 1.8 (analyses)		
Organismes concernés		Partenaires
Gestionnaires de milieux lagunaires, Bureaux d'études		Pôle Relais lagunes méditerranéennes
Localisation - Périmètre d'application		
Sites pilotes sélectionnés		
Contexte		
<p>Les lagunes temporaires méditerranéennes sont caractérisées par un fonctionnement hydrologique particulier permettant l'expression d'un cortège de macrophytes sténoèces. De manière générale, ces lagunes sont plus ou moins endoréiques. La majeure partie de ces apports sont dus aux épisodes pluvieux, aux ruissellements naturels et à la possible proximité de nappes phréatiques ou de sources souterraines.</p> <p>Cependant, d'autres types d'apports non strictement caractéristiques d'un fonctionnement endoréique sont souvent mis en évidence au niveau des lagunes temporaires. En effet, ces systèmes lagunaires sont souvent sujets à des entrées d'eaux marines ou des crues d'eaux douces à saumâtres en amont. Ces apports d'eau peuvent donc être multiples, mais aussi très variables au cours de l'année et d'une année sur l'autre. De ce fait, il est peu évident de dresser un schéma du fonctionnement hydrologique type attribuable à ces lagunes temporaires. Par contre, il semble réalisable de mettre en évidence les régimes hydrologiques excluant la possibilité de présence des macrophytes sténoèces rare caractéristiques des lagunes temporaires méditerranéennes, et de préciser quels sont ceux qui les favorisent.</p> <p>Afin d'améliorer les connaissances sur le fonctionnement hydrologique de l'habitat, des études hydrologiques approfondies sur des sites présentant des fonctionnements hydrologiques variés seront menées. Il est important que certaines pièces d'eau soient connues pour abriter des cortèges de macrophytes caractéristiques et d'autres pour ne pas en abriter afin de comparer les pièces d'eau entre elles en fonction de la présence ou de l'absence de ces espèces.</p> <p>Sur le long terme, cette action pourra également permettre de mieux comprendre le phénomène d'apparition et de disparition des systèmes lagunaires temporaires méditerranéens. Cet aspect est essentiel pour pouvoir juger la pertinence d'une éventuelle intervention à but de conservation au niveau d'un site (fiche action 2.2), pour se prononcer sur le niveau de priorité d'intervention ou sur</p>		

les modalités d'actions de préservation ou de restauration qui pourront y être menées (fiche action 2.4).

Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre

- Définir un cahier des charges pour une étude du fonctionnement hydrologique des sites pilotes. Se rapprocher de bureaux d'études compétents.
- Mettre en œuvre ces études

Calendrier de réalisation

Après le choix des sites pilotes, en 2023

Indicateurs de suivi de l'action

Nombre de suivis mis en place. Publication d'une synthèse des résultats des études menées.

Estimation du coût des opérations

Pas évaluable à ce stade

Financeurs possibles

Conseils départementaux ; GPMM ; appels à projets

Bibliographie

Article sur le fonctionnement écologique des lagunes temporaires méditerranéennes (en préparation)

N° 1.4	Améliorer les connaissances sur le processus d'eutrophisation de l'habitat	Priorité : 1
Objectif	Améliorer les connaissances sur les caractéristiques fonctionnelles de l'habitat	
Enjeu	Améliorer les connaissances sur l'habitat	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions		
Fiches actions 1.5 (suivi macrophyte), 1.2 (sélection des sites pilotes), et 1.8 (analyses)		
Organismes concernés		Partenaires
Gestionnaires de milieux lagunaires, Bureaux d'études		UMR Marbec, CBNmed
Localisation - Périmètre d'application		
Sites pilotes sélectionnés		
Contexte		
<p>Un des leviers majeurs de la préservation des lagunes temporaires méditerranéennes réside dans le suivi et le maintien de la qualité de l'eau au sein de cet habitat. Ceci peut en effet être affirmé dans la mesure où la flore sténoèce de ces milieux temporaires est la plupart du temps négativement impactée par les niveaux élevés de matière organique qui reflètent les niveaux d'eutrophisation (Latron <i>et al.</i>, 2021). À terme, l'eutrophisation des pièces d'eau conduit à leur comblement et <i>in fine</i> à leur disparition. Cette eutrophisation des eaux est grandement liée aux activités du bassin versant, (nitrates et pesticides agricoles, rejets de stations d'épuration, assainissement non collectif non conforme, peintures antifouling, phytosanitaires et autres contaminants issus des rejets urbains et industriels).</p> <p>Afin d'assurer un suivi et un maintien de la qualité de l'eau au sein de cet habitat et de ses apports, il s'avère tout d'abord essentiel de sélectionner un indicateur qui rende compte de ce phénomène d'eutrophisation de façon pertinente.</p> <p>La mesure de la chlorophylle donne une idée du niveau d'eutrophisation et de compétition pour la lumière liée au développement de phytoplanctons dans les pièces d'eau. Cette mesure doit se faire très régulièrement pour pouvoir mettre en évidence le « bloom » de fin d'été. Il s'agit également d'un indicateur déjà utilisé dans le cadre des suivis de l'état écologique des lagunes permanentes.</p> <p>Une étude de la qualité de l'eau des lagunes côtières, et plus spécifiquement de leur eutrophisation, a été menée à grande échelle par l'Ifremer entre 2013 et 2018. Cette étude pourra servir de base dans le cadre du PRA pour établir un protocole de suivi opérationnel de certains sites pilotes. Ces derniers pourront être choisis de façon à pouvoir étudier la relation entre ce processus d'eutrophisation et différentes caractéristiques écologiques du milieu (composition, abondance et phénologie des macrophytes ; type de fonctionnement hydrologique : fiche action 1.3).</p>		

<p>Sur le long terme, cette action pourra aussi permettre de mieux comprendre les enjeux de conservation de l'habitat (fiche action 2.2) et de préciser les modalités d'actions de préservation ou de restauration qui pourront être menées (fiche 2.4 typification des actions).</p>
<p>Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Définir un protocole de suivi en concertation avec les experts permettant de prendre en compte les pourcentages de recouvrement des espèces caractéristiques des lagunes temporaires méditerranéennes comparé au recouvrement des espèces typiques d'un milieu eutrophe (<i>Monostroma sp.</i>, <i>Ulva sp.</i>, <i>Enteromorpha sp.</i>, <i>Chaetomorpha sp.</i>, <i>Cladophora sp.</i>, <i>Myriophyllum sp</i> et <i>Ceratophyllum sp.</i> ; voir le classeur technique du pôle relais lagunes)
<p>Calendrier de réalisation</p>
<p>Cette action sera menée sur une année hydrologique en même temps que les suivis phénologiques : 2023</p>
<p>Indicateurs de suivi de l'action</p>
<p>Nombre de suivis mis en place. Réalisation d'une synthèse des résultats.</p>
<p>Estimation du coût des opérations</p>
<p>Stage de 6 mois = 3300€ + Encadrement = 5000€ + Frais de déplacement à mutualiser avec les autres suivis</p>
<p>Financeurs possibles</p>
<p>Conseils départementaux ; GPMM ; appels à projets</p>
<p>Bibliographie</p>
<p>OBSlag Ifremer 2016 (volet eutrophisation) ; État de conservation des "Lagunes côtières" d'intérêt communautaire (UE 1150*) : Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000 - Annexe façade méditerranéenne - classeur technique (Barré <i>et al.</i>, 2020)</p>

N° 1.5	Réaliser un suivi pluriannuel des macrophytes au niveau de l'habitat	Priorité : 2
Objectif	Améliorer les connaissances sur la biocénose de l'habitat	
Enjeu	Améliorer les connaissances sur l'habitat	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions		
Fiches actions 1.2 (sélection des sites pilotes) et 1.8 (analyses) ; Annexe 1 (guide macrophytes) et Annexe 3 (protocole de suivi macrophytes)		
Organismes concernés		Partenaires
Gestionnaires de milieux lagunaires; CBNMed; Bureaux d'étude		Pôle relais lagunes méditerranéennes
Localisation - Périmètre d'application		
Sites ayant fait l'objet de relevés standardisés en 2020 + sites pilotes.		
Contexte		
<p>Les lagunes temporaires abritent une biodiversité spécifique et peu connue. Il est important pour mieux préserver cette biodiversité de mieux la connaître. Il est donc indispensable d'approfondir nos connaissances sur ces espèces et leur répartition. Le suivi des macrophytes a un double intérêt : (1) les espèces présentent l'avantage d'être relativement bien identifiées et de refléter les conditions écologiques et les modifications du milieu du fait de leur sensibilité aux changements environnementaux ; (2) certaines de ces espèces étant protégées cela permet également de mieux connaître leur répartition et de mieux les prendre en compte dans les actions de gestion.</p> <p>Des relevés macrophytes protocolés ont eu lieu au cours de la saison de terrain de 2019-2020. Ils pourront servir de point de départ à un suivi pluriannuel sur les sites déjà suivis.</p> <p>Les relevés devront être effectués durant la période de reproduction des espèces présentes pour assurer l'identification des espèces les plus complexes (ex: <i>Ruppia sp.</i>).</p> <p>Sur le long terme, cette action pourra permettre de mieux comprendre les enjeux de conservation de l'habitat (fiche action 2.2) et de préciser les modalités d'actions de préservation ou de restauration qui pourront être menées (fiche action 2.4 ; typification).</p>		
Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre		
<ul style="list-style-type: none"> - Proposer aux gestionnaires des sites ayant fait l'objet de relevés macrophytes dans le cadre du PRA en 2020 de les poursuivre selon les mêmes modalités. - Mettre en place le suivi sur les sites pilotes. 		
Calendrier de réalisation		
Les suivis seront réalisés annuellement au printemps pendant les 5 premières années du PRA		
Indicateurs de suivi de l'action		

Nombre de sites où les suivis ont été réédités. Nombre de nouveaux suivis mis en place.
Estimation du coût des opérations
Terrain : 1 jour/ an (500€) pour 10 lagunes + frais déplacement Coût : nb lagunes / 10 * 500€ Traitement des données : 1 jour x 500€
Financeurs possibles
DREAL / DDTM / Europe (Natura 2000) ; Conseils départementaux ; GPMM
Bibliographie

N° 1.6	Améliorer les connaissances sur la phénologie des macrophytes typiques de l'habitat	Priorité : 2
Objectif	Améliorer les connaissances sur la biocénose de l'habitat	
Enjeu	Améliorer les connaissances sur l'habitat	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions		
Annexes 1 et 3, fiches actions 1.3, 1.4, 1.8 (analyses)		
Organismes concernés		Partenaires
Gestionnaires volontaires		CBNmed, Fondation Tour du Valat, Universités
Localisation - Périmètre d'application		
Sites pilotes sélectionnés (1 ou 2)		
Contexte		
<p>La flore sténoèce des lagunes temporaires méditerranéennes est adaptée à des contraintes particulières en termes de germination et de durée de cycle de vie, et peut ainsi se développer et se reproduire dans une fenêtre hydrologique parfois très réduite. La phénologie particulière de ces macrophytes est très dépendante des conditions environnementales et des épisodes météorologiques au cours de l'année. De ce fait, leurs stades phénologiques peuvent ainsi être décalés dans le temps d'une année sur l'autre, ce qui doit être nécessairement pris en compte pour choisir la période de relevés floristiques optimale par exemple (déterminations floristiques plus rigoureuses à réaliser durant la période de reproduction).</p> <p>Ainsi, l'amélioration des connaissances relatives à la phénologie des macrophytes est une clef pour permettre une meilleure approche des taxons et donc de l'habitat en matière de préservation et de restauration. Connaître les conditions propices à des processus tels que la germination, la fructification ou encore la maturation des spores de ces espèces de macrophytes peut par exemple permettre d'adapter les méthodes de gestion des lagunes temporaires méditerranéennes mais aussi permettre de faciliter d'éventuelles actions de réintroduction ou de renforcement de populations.</p>		
Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre		
<ul style="list-style-type: none"> - Définir un protocole de suivi phénologique des herbiers évoluant au niveau des lagunes de quelques sites pilotes. - Mettre en relation les résultats obtenus avec les événements hydrologiques et météorologiques, ainsi qu'avec les résultats des études menées en parallèle dans le cadre du PRA (fiche 1.8, analyses). - Mettre à jour l'Annexe 1 Guide macrophytes en précisant les caractéristiques phénologiques des taxons concernés et les conditions propices à leur développement. 		
Calendrier de réalisation		

Cette action sera menée sur une année hydrologique en même temps que les suivis hydrologiques, eutrophisation, qualité chimique de l'eau : 2023
Indicateurs de suivi de l'action
Nombre de suivis phénologiques mis en place (nombre de taxons concernés par le suivi). Mise à jour de l'Annexe 1 Guide macrophytes
Estimation du coût des opérations
Pour 20 lagunes suivies avec 1 passage tous les 15 jours sur 1 année hydrologique 4j/ mois x 12 = 48 j 11 000 € dans le cadre d'une formation en apprentissage (coût de l'encadrement inclus) à 24 000€
Financeurs possibles
Conseils départementaux ; GPMM ; Co-financements CBNMed, Universités
Bibliographie

N° 1.7	Améliorer les connaissances sur certains groupes bioindicateurs	Priorité : 2
Objectif	Améliorer les connaissances sur la biocénose de l'habitat	
Enjeu	Améliorer les connaissances sur l'habitat	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions		
fiches 1.4 (eutrophisation), 1.5 (suivi macrophytes), 3.5 (formation)		
Organismes concernés	Partenaires	
Experts dans les groupes d'organismes méconnus (Ifremer, Marbec, IMO...), bureaux d'étude	UMR Marbec, CNRS (Laboratoire de Biologie Marine et d'Écologie du Benthos), Institut méditerranéen d'océanologie, Ifremer, CBNmed	
Localisation - Périmètre d'application		
Sites pilotes sélectionnés		
Contexte		
<p>L'étude de la flore vasculaire au sein des habitats naturels s'est peu à peu rendue indispensable dans le but de comprendre le fonctionnement écologique de ceux-ci, pour suivre leur évolution ou mettre en œuvre des actions de préservation ou de restauration à leur niveau. Dans cet objectif, la macrofaune - et en particulier l'avifaune, est aussi couramment prise en compte.</p> <p>Au niveau des lagunes temporaires méditerranéennes, en plus des macrophytes, d'autres groupes d'organismes pourraient apporter des informations utiles à la compréhension du fonctionnement écologique de l'habitat et permettre le suivi de son évolution (notamment pour anticiper sa dégradation). On peut citer en particulier : les algues, les mollusques, les crustacés, l'avifaune, ou encore les amphibiens, les micro-organismes.</p> <p>Les algues, bien représentées au niveau des lagunes temporaires méditerranéennes mais dont l'expertise reste rare, pourraient faire l'objet d'une plus grande attention. La connaissance de la composition spécifique algale mais aussi de l'abondance de certains taxons de ce groupe au sein des lagunes permettraient de mieux caractériser celles-ci, mais aussi de mettre en évidence ou d'apprécier quantitativement les pressions et menaces pesant sur l'habitat.</p> <p>De façon plus générale, on pourra dans le cadre de cette action réaliser des inventaires naturalistes au niveau de l'habitat sur de groupes méconnus mais pourtant jugés essentiels au fonctionnement de l'habitat.</p>		
Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre		

<ul style="list-style-type: none"> - Définir un protocole de suivi en concertation avec les experts en biologie marine pour inventorier certains groupes concernés (algues, mollusques, crustacés...). - Mettre en œuvre les protocoles sur certains sites pilotes. - Etablir, en fonction des conclusions faites à partir d'analyses comparatives, des listes de taxons indicateurs de pressions et menaces pesant sur l'habitat, ou indicateurs du bon développement des herbiers
Calendrier de réalisation
Cette action sera menée sur une année hydrologique en même temps que les autres suivis (hydrologiques, eutrophisation, qualité chimique de l'eau) : 2023
Indicateurs de suivi de l'action
Partenariats avec des experts mis en place ; nombre de protocole élaborés; nombre de suivis réalisés ; production de listes opérationnelles de taxons indicateurs
Estimation du coût des opérations
Financeurs possibles
Conseils départementaux ; GPMM ; appels à projets
Bibliographie

N° 1.8	Améliorer les connaissances sur les conditions écologiques propices au développement des macrophytes typiques de l'habitat	Priorité : 2
Objectif	Améliorer les connaissances sur la biocénose de l'habitat	
Enjeu	Améliorer les connaissances sur l'habitat	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions		
Fiches actions 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7 (études), 2.2, 2.3 et 2.4 (stratégie de préservation), 3.3 (mutualisation des données), Annexe 1 (guide des macrophytes)		
Organismes concernés		Partenaires
Laboratoires universitaires ; laboratoires de recherches ; RESEDA ; Fondation Tour du Valat		Structure animatrice
Localisation - Périmètre d'application		
Sites pilotes		
Contexte		
<p>De nombreuses données ont pu être collectées dans le cadre des saisons de terrain 2019 et 2020 (relevés hydrologiques, pédologiques, relevés des menaces et pressions, relevés macrophytes...) et de nouvelles études sont prévues dans le présent plan d'actions (études sur le fonctionnement écologique et sur la biocénose de l'habitat ; fiches 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7). De plus, de nombreuses informations issues de la bibliographie ont pu être collectées et continueront d'être mutualisées dans le cadre de ce PRA (fiche 3.3).</p> <p>De ce fait, il s'avère essentiel de compiler toutes ces données et de mettre en place des analyses croisées à partir de ces différents jeux de données pour pouvoir mieux comprendre le fonctionnement de l'habitat, ses enjeux et identifier les facteurs de dégradation de sa qualité. En particulier, on pourra mettre en lien les résultats des suivis des macrophytes (fiches actions 1.5 et 1.6) avec les résultats des études réalisées concernant les caractéristiques fonctionnelles de l'habitat (1.3, 1.4). Ceci permettra de mieux comprendre l'écologie des espèces les plus typiques de l'habitat et de mieux préciser ses enjeux de conservation (fiche 2.2 et 2.3), et donc de mener des actions plus adaptées (fiche 2.4).</p>		
Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre		
<ul style="list-style-type: none"> - Croiser et analyser les différents jeux de données des suivis mis en œuvre (fiches action n°1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7). - Mettre à jour la hiérarchisation des enjeux (fiche action 2.2) de l'habitat en fonction des résultats obtenus et des nouvelles connaissances synthétisées grâce à cette action. 		
Calendrier de réalisation		

Fiche à réaliser à la suite des différents suivis (2024)
Indicateurs de suivi de l'action
Rapport de synthèse
Estimation du coût des opérations
Minimum 6 mois d'étude dans la cadre d'un stage de master 2 ou équivalent : Stage de 6 mois = 3300€ + Encadrement = 5000€ Peut également être intégré à un projet de thèse
Financeurs possibles
Co-financements des partenaires
Bibliographie

5.2. Préserver et restaurer l'habitat

N° 2.1	Réaliser une synthèse des retours d'expérience sur les opérations de gestion et de restauration de l'habitat	Priorité : 1
Objectif	Établir un état des lieux des connaissances et une veille sur les problématiques de préservation et de restauration de l'habitat	
Enjeu	Préserver et restaurer l'habitat	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions		
Fiche action 2.4 (typification actions)		
Organismes concernés		Partenaires
Universités		Pôle Relais lagunes méditerranéennes, CBNmed, RESEDA, Fondation Tour du Valat
Localisation - Périmètre d'application		
Revue de littérature à l'international		
Contexte		
<p>En amont de l'élaboration d'une méthode de typification des actions (fiche action 2.4), il est nécessaire d'effectuer un état des lieux et une synthèse des retours d'expériences sur les opérations de gestion et de restauration déjà menées ou en cours sur l'habitat naturel 1150* "lagunes côtières" et plus spécifiquement sur les lagunes temporaires méditerranéennes. Cette synthèse pourra tirer partie de différentes sources d'informations :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dossiers liés à des mesures compensatoires Les DREAL centralisent les dossiers concernant les mesures compensatoires et peuvent les transmettre sur demande. - Réseaux d'acteurs Des retours d'expériences concernant des opérations de gestion et de restauration de l'habitat sont déjà mutualisés au sein d'une base de données bibliographique gérée par le Pôle Relais lagunes méditerranéennes. Les différents acteurs du littoral méditerranéen français, et notamment les gestionnaires en lien avec le PRA pourront aussi être consultés pour agrémenter cette base de données spécifiquement sur la gestion et la restauration des lagunes temporaires méditerranéennes. - Bibliographie générale En parallèle de la collecte de ces retours d'expériences essentiellement circonscrite au territoire méditerranéen français, une revue de littérature plus large pourra être effectuée, notamment à l'étranger (articles scientifiques, ...). <p>Une synthèse de toutes ces expériences pourra ainsi permettre aux gestionnaires d'adapter leurs actions (gestion, préservation, restauration) au vu des résultats obtenus (fiches actions 2.4, 2.6).</p>		
Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre		
<ul style="list-style-type: none"> - Recueillir des retours d'expériences auprès des DREAL Occitanie et PACA concernant les opérations de création ou de restauration de lagunes temporaires méditerranéennes dans le cadre de mesures compensatoires. - Réaliser un état des lieux de la documentation existante concernant la gestion et la restauration de l'habitat (consulter et agrémenter la base documentaire du Pôle relais lagunes méditerranéennes). - Solliciter les gestionnaires acteurs du littoral méditerranéen français pour une 		

<p>mutualisation des retours d'expériences sur les opérations de gestion et de restauration de l'habitat.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réaliser une synthèse de l'ensemble des retours d'expériences (fréquentation, gestion hydrologique, sensibilisation, restauration...) - Si nécessaire, mettre à jour la méthode de typification des actions à mener au niveau des sites (fiche action 2.4) en fonction de cette synthèse, et rédiger les fiches pratiques qui pourront en découler.
Calendrier de réalisation
Synthèse à réaliser la première année du PRA pour mieux orienter les autres actions
Indicateurs de suivi de l'action
Nombre de retours d'expériences collectés. Réalisation d'un rapport de synthèse sur les premiers retours d'expériences.
Estimation du coût des opérations
Minimum 2 mois d'étude dans la cadre d'un stage de master 1 ou équivalent : Stage de 2-3 mois = 1800€
Financeurs possibles
Co-financements des partenaires
Bibliographie

N° 2.2	Définir une méthode de hiérarchisation des enjeux de conservation de l'habitat	Priorité : 3
Objectif	Définir une stratégie de préservation de l'habitat à l'échelle globale et à l'échelle locale	
Enjeu	Préserver et restaurer l'habitat	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions		
Fiches actions 2.3 (évaluer état écologique), 2.4 (typification des actions)		
Organismes concernés		Partenaires
		RESEDA, CBNmed, CENs
Localisation - Périmètre d'application		
Ensemble du territoire concerné par le PRA		
Contexte		
<p>À l'échelle de la façade méditerranéenne continentale française, les différents sites présentant des complexes lagunaires temporaires offrent des contextes écologiques, historiques, géomorphologiques, ou réglementaires divers et variés. Suivant leur degré de naturalité (ancien salin ou non), leurs usages, leur gestion et les pressions anthropiques actuelles et passées, leur statut de protection, les taxons en présence, ou encore le niveau d'influence marine (fréquence et intensité des phénomènes d'introgession marine), les lagunes temporaires méditerranéennes de l'ensemble du territoire d'étude présentent des enjeux de conservation différents.</p> <p>Ainsi, définir une stratégie de préservation de l'habitat à une échelle globale (celle du PRA) implique nécessairement la prise en compte de l'ensemble de ces situations et une hiérarchisation de ces enjeux variés pour coordonner à large échelle des actions de préservation et de restauration cohérentes et pertinentes.</p> <p>L'élaboration d'une méthode de hiérarchisation permettra de prioriser les sites à l'échelle globale pour mener des actions de protection, de gestion ou de restauration adaptées au contexte local (fiche action 2.4).</p>		
Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre		
<p>Etablir une méthode opérationnelle de hiérarchisation des enjeux de conservation de l'habitat se basant sur les critères suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La présence et l'abondance d'espèces protégées au sein de l'habitat (enjeux taxonomiques) ; - La présence d'espèces typiques des lagunes temporaires méditerranéennes ; - La nature et le degré des menaces et pressions exercées sur l'habitat (eutrophisation; modification du fonctionnement hydrologique, ...) ; - La présence d'un statut de protection (réglementaire, foncière) ou de gestion (Natura 2000); - Les services écosystémiques rendus ; - ... 		
Calendrier de réalisation		
2024		
Indicateurs de suivi de l'action		
Elaboration et application de la méthode de hiérarchisation des enjeux de conservation de l'habitat.		

Estimation du coût des opérations
Stage de 6 mois = 3300€ + Encadrement = 5000€ + frais de déplacement (1000€)
Financeurs possibles
DREAL Occitanie, DREAL PACA, Agence de l'eau RMC
Bibliographie

N° 2.3	Évaluer l'état écologique de l'habitat	Priorité : 1
Objectif	Définir une stratégie de préservation de l'habitat à l'échelle globale et à l'échelle locale	
Enjeu	Préserver et restaurer l'habitat	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions		
Fiches actions 1.1 (validation de la télédétection), 2.2 (méthode de hiérarchisation), 2.4 (typification des actions), 3.3 (mutualisation des données)		
Organismes concernés		Partenaires
CBNmed, Pôle relais lagunes		Gestionnaires de sites N2000 abritant l'habitat 1150
Localisation - Périmètre d'application		
Ensemble du territoire concerné par le PRA		
Contexte		
<p>Cette phase clef de la stratégie de préservation de l'habitat nécessite elle-même plusieurs étapes dans sa réalisation. Il s'agira tout d'abord de faire une sélection des variables les plus pertinentes pour mener cette évaluation de l'état écologique de l'habitat, puis d'effectuer les mesures de ces variables sur le terrain. L'évaluation de l'état écologique pourra être faite à l'échelle d'une lagune ou d'un complexe lagunaire.</p> <p>Cette première évaluation pourra correspondre à un état de référence pouvant être comparé à de nouvelles synthèses ultérieures. Par ailleurs, cette méthode d'évaluation et ses indicateurs pourront éventuellement être recalibrés pour tenir compte de l'évolution des connaissances sur l'habitat.</p> <p>Une fois cette évaluation de l'état écologique établie, il sera ensuite possible d'orienter les actions de gestion ou de restauration en fonction du contexte local (fiche action 2.4).</p>		
Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre		
<ul style="list-style-type: none"> - Sélectionner des indicateurs pertinents pour évaluer l'état écologique de l'habitat. - Faire l'état des lieux des données et méthodes et protocoles déjà existants concernant les indicateurs sélectionnés et celles qu'il faut collecter sur le terrain. - Établir une stratégie d'échantillonnage permettant d'avoir une vision globale des lagunes du territoire (% d'un complexe lagunaire...) et des gradients identifiés (salinité, durée de mise en eau, connectivité, ...), effectuer les relevés sur le terrain et calibrer les indicateurs. - Ajuster la méthode et / ou les indicateurs si nécessaire suite à une première évaluation. 		
Calendrier de réalisation		
2025, 2026		
Indicateurs de suivi de l'action		
<p>Nombre de lagunes ou systèmes lagunaires dont l'état écologique a pu être évalué.</p> <p>Réalisation d'une première évaluation globale de l'état écologique de l'habitat. Mise à jour de la méthode d'évaluation de l'état écologique de l'habitat.</p>		
Estimation du coût des opérations		

Financeurs possibles
DREAL Occitanie, DREAL PACA, Agence de l'eau RMC
Bibliographie

N° 2.4	Définir une méthode de typification des actions à mener au niveau des sites	Priorité : 3
Objectif	Définir une stratégie de préservation de l'habitat à l'échelle globale et à l'échelle locale	
Enjeu	Préserver et restaurer l'habitat	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions		
Fiches actions 2.1 (revue gestion/restauration), 2.2 (hiérarchisation des enjeux), 2.3 (évaluation écologique)		
Organismes concernés	Partenaires	
	RESEDA, CBNmed, CENs	
Localisation - Périmètre d'application		
Ensemble du territoire concerné par le PRA		
Contexte		
<p>L'objet principal de cette action est de mettre au point un outil d'aide à la décision permettant aux gestionnaires et aux financeurs de prioriser les actions à mettre en œuvre. La hiérarchisation des enjeux de conservation à l'échelle globale (fiche action 2.2) et l'évaluation de l'état écologique de l'habitat à l'échelle locale (fiche action 2.3) participeront à cette typification. Les menaces et les opportunités d'intervention pourront également être prises en compte.</p> <p>La méthode de typification permettra de définir les actions de préservation, de gestion ou de restauration à mener au niveau des lagunes temporaires méditerranéennes (ou complexes lagunaires) en fonction des contextes dans lesquels elles s'inscrivent.</p>		
Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre		
<ul style="list-style-type: none"> - Identifier les différents types d'interventions possibles sur les lagunes temporaires méditerranéennes. - La synthèse des retours d'expérience permettra d'alimenter la réflexion (fiche action 2.1). - Construire un arbre décisionnel permettant de définir le type d'action à entreprendre en fonction des enjeux, de l'état écologique, du type de menaces et du contexte caractérisant le site visé. - Les opérations de protection, de gestion et/ou de restauration jugées les plus pertinentes seront proposées. 		
Calendrier de réalisation		
Cette typification peut être réalisée après la hiérarchisation des enjeux et l'évaluation de l'état écologique des lagunes : 2025-2026		
Indicateurs de suivi de l'action		
Liste des types d'actions préconisées par site.		
Estimation du coût des opérations		
Non évaluable à ce jour		
Financeurs possibles		
DREAL Occitanie, DREAL PACA, Agence de l'eau RMC		

Bibliographie

Le Berre M., Pires M. Diadema K., 2019. Typification des actions : Que faire pour quelle espèce en région Provence-Alpes-Côte d'Azur? Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles. 17 p. + ann.

Le Berre M., Diadema K., Pires M. 2018. Typification des actions : choix de la méthode. Rapport méthodologique inédit. CBNMed, Région PACA, 12 p.

N° 2.5	Intégrer la préservation de l'habitat dans les documents d'urbanisme, les stratégies territoriales et les programmes d'actions	Priorité : 2
Objectif	Préserver l'habitat	
Enjeu	Préserver et restaurer l'habitat	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions		
Fiche action 1.1 (Mise à jour de la cartographie des lagunes temporaires méditerranéennes)		
Organismes concernés		Partenaires
Collectivités locales et territoriales, services de l'Etat		Personnalités Publiques Associées (PPA)
Localisation - Périmètre d'application		
Ensemble du littoral méditerranéen (continental) français présentant l'habitat		
Contexte		
<p>Améliorer la prise en compte des lagunes temporaires méditerranéennes et des espèces associées dans la préparation et la mise en œuvre des documents d'urbanisme, des stratégies territoriales, des plans et programmes d'actions, et des projets d'aménagement représente un enjeu clef pour la préservation de l'habitat. Il est également possible de préserver l'habitat par l'intermédiaire d'une veille foncière.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Concernant les documents d'urbanisme (SCOT, PLU, PLUi), la prise en compte de la biodiversité s'inscrit à la croisée des approches d'aménagement et d'environnement. L'article L. 110 du Code de l'urbanisme impose aux collectivités publiques d'harmoniser leurs prévisions et leurs décisions d'utilisation de l'espace dans le but, notamment, de « gérer le sol de façon économe » et « d'assurer la protection des milieux naturels et des paysages, la préservation de la biodiversité notamment par la conservation, la restauration et la création de continuités écologiques ». Ceci engage une responsabilité des politiques territoriales sur le plan de la conservation des lagunes temporaires méditerranéennes et des espèces associées et ainsi, une analyse et une prise en compte des impacts de l'urbanisme sur la biodiversité. - Concernant les projets d'aménagement, les porteurs de projets impactant l'habitat ou les espèces protégées associées sont dans l'obligation réglementaire, au titre de l'article L163.1 du code de l'environnement, de compenser les atteintes causées en cas d'impact significatif qui ne peut être évité ou atténué. Les mesures de compensation se traduisent par des actions de restauration de milieux similaires à ceux dégradés. - Il existe également une responsabilité des politiques territoriales pour la conservation de l'habitat. De façon générale, de nombreux programmes, schémas et stratégies territoriales de préservation des milieux naturels existent : <ul style="list-style-type: none"> ○ Schémas départementaux des ENS ; ○ Schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) ; ○ La Trame verte et bleue (TVB) ; ○ Natura 2000 ; ○ Inventaire des zones humides ; ○ Contrats territoriaux. 		

<p>Dans la gestion des bassins versants, on pourra citer plusieurs outils opérationnels plus spécifiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Les SDAGE et les SAGE ; ○ Les contrats de milieux. <p>- De leur côté, les programmes d'actions se doivent d'être mis à jour régulièrement afin d'intégrer les nouveaux enjeux identifiés concernant la thématique de préservation du patrimoine naturel des sites en gestion (ex : DOCOB réévalués tous les 5-6 ans en général). De plus, il est possible de redéfinir les DOCOB sur demande de la DREAL après sollicitation par les opérateurs.</p> <p>- Enfin, la veille foncière est une responsabilité de certaines structures et institutions tels que les communes, le Conservatoire du littoral, ou les départements (à travers la taxe d'aménagement). Celle-ci représente une voie pour favoriser de potentielles préemptions ou pour réagir rapidement à la mise en œuvre de projets d'aménagement pouvant menacer l'habitat.</p>
Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre
<ul style="list-style-type: none"> - Identifier les structures concernées par la mise en œuvre des différents documents, stratégies et programmes mentionnés ci-dessus. - Communiquer sur les enjeux et sur la cartographie de l'habitat (fiche 1.1 : Mettre à jour la cartographie des lagunes temporaires méditerranéennes) auprès des acteurs et animateurs des stratégies territoriales, urbaines et des programmes clefs (schémas des ENS, inventaires des zones humides, SRADDET...), aux gestionnaires et animateurs de sites Natura 2000 et autres programmes d'actions. En particulier, communiquer sur la nouvelle définition des lagunes temporaires méditerranéennes qui permet de les inclure dans la définition de l'habitat 1150-2 des cahiers habitats. Prendre en compte cette nouvelle définition lors de la mise à jour des cartographies Natura 2000. - Transmettre la cartographie de l'habitat aux structures et institutions assurant une veille foncière (départements, communes, Conservatoire du Littoral) afin de favoriser de potentielles préemptions ou afin de réagir rapidement à la mise en œuvre de projets d'aménagement pouvant menacer l'habitat.
Calendrier de réalisation
Première année du PRA + au fur et à mesure des mises à jour
Indicateurs de suivi de l'action
Nombre de structures auxquelles la cartographie de l'habitat a été communiquée
Estimation du coût des opérations
2j la première année ; 1j les années suivantes 6 x 500€ = 3 000€
Financeurs possibles
Collectivités locales et territoriales, services de l'Etat
Bibliographie

N° 2.6	Mettre en œuvre des actions de restauration de l'habitat	Priorité : 2
Objectif	Restaurer l'habitat	
Enjeu	Préserver et restaurer l'habitat naturel	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions		
2.1 (revue gestion/restauration), 2.4 (typification des actions)		
Organismes concernés		Partenaires
Gestionnaires de lagunes temporaires méditerranéennes		Bureaux d'études, laboratoires de recherches
Localisation – Périmètre d'application		
Tout le territoire concerné par le PRA. Sites répondant aux critères de hiérarchisation et de typification de ce type d'action (fiches action 2.2 et 2.4).		
Contexte		
<p>Cette action est largement dépendante des résultats qui seront issus de la revue de littérature et de la mutualisation des retours d'expériences concernant les opérations de restauration réalisées au niveau de l'habitat (fiche action 2.1).</p> <p>Les opérations de restauration pourront être menées de différentes manières :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Certaines actions sont d'ores et déjà identifiées comme efficaces pour la restauration de l'habitat, telles que la restauration des roubines défectueuses (ex : curage des roubines obstruées) alimentant les lagunes temporaires en eau eutrophes. Ces actions peuvent être mises en œuvre dès à présent. - Des actions qui auront été identifiées comme efficaces pour la restauration de l'habitat dans la fiche action 2.1 pourront être préconisées par la structure animatrice du PRA qui pourra aider à la recherche de financements spécifiques. - D'autres opérations de restauration de l'habitat identifiées dans la revue de littérature nécessiteront une adaptation ou une expérimentation avant d'être recommandées dans le PRA. Ces actions de restauration pourront être testées in situ avec un encadrement scientifique rigoureux (partenariat avec la recherche et certaines structures spécialisées). 		
Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre		
<ul style="list-style-type: none"> - Mener une réflexion avec les acteurs sur les actions de restauration à préconiser en fonction du type de menaces identifiées suite à la revue de littérature. - Identifier les actions adaptables sur les sites, sans trop de modification des protocoles, et mettre à jour la méthode de typification des actions (fiche action 2.4). - Expérimenter des opérations de restauration identifiées dans la revue de littérature et pressenties comme pertinentes dans le cadre du PRA afin de les tester et éventuellement de les ajuster. Mettre en place des partenariats scientifiques pour assurer l'encadrement technique et théorique de ces expérimentations. - Aider à la recherche de financement pour la mise en œuvre des opérations de restauration de l'habitat. 		
Calendrier de réalisation		
A mettre en œuvre à l'issue de la revue de littérature et de la typification des actions		
Indicateurs de suivi de l'action		
Nombre d'actions de restauration mises en œuvre. Nombre d'actions de restauration		

testées.
Estimation du coût des opérations
Financeurs possibles
Agence de l'eau RMC ; Conservatoire du Littoral ; Conseils départementaux ; GPMM ; DREAL (Réserves naturelles nationales) ; Régions (RNR)
Bibliographie

5.3. Coordonner le PRA et améliorer la concertation, l'information et la sensibilisation

N° 3.1	Animer et évaluer le plan régional d'actions	Priorité : 1
Objectif	Animer et coordonner le plan régional d'actions	
Enjeu	Coordonner le PRA et améliorer la concertation, l'information et la sensibilisation	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions		
toutes les fiches		
Organismes concernés	Partenaires	
Structure animatrice du PRA (à déterminer)	COFIL, COTECH, financeurs	
Localisation - Périmètre d'application		
Portée principale au niveau des territoires concernés par le PRA ; portée secondaire au plan national et à l'international		
Contexte		
<p>Le suivi périodique du PRA permet d'apprécier la mise en œuvre des actions année après année.</p> <p>Afin d'assurer une continuité entre l'écriture du PRA et la réalisation des actions proposées, au vu de l'intérêt des partenaires, il est proposé que le CBNMed assure une première phase intérimaire de la gouvernance du PRA. Durant cette phase, les contacts avec les principaux organismes publics en charge de la biodiversité et avec les financeurs, seront menés afin d'aborder les thématiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Participation active à la gouvernance telle que définie ci-dessous, - Participation au comité de pilotage, - Définition des financements possibles (à quelle hauteur et par quels moyens) auxquels l'organisme peut contribuer. <p>Ce suivi annuel sera enrichi par deux évaluations plus complètes en 2027 et 2032, donnant une vue d'ensemble des actions mises en œuvre pendant la durée du plan.</p> <p>Les évaluations permettront de juger de la pertinence et de l'efficacité de la mise en œuvre des actions programmées et d'envisager les suites à donner (amélioration, reconduction, ...). L'évaluation est un processus long qui nécessite un investissement important des acteurs concernés.</p> <p>Au terme de cette gouvernance transitoire, une gouvernance pérenne sera proposée.</p>		
Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre		
<p>La structure animatrice du PRA aura pour missions de :</p> <p>Suivre le déroulement du plan d'actions</p> <ul style="list-style-type: none"> - Organiser et programmer les réunions d'un COFIL et de COTECH - Assurer le suivi et le déroulement chronologique des actions - Intervenir dans des choix d'acteurs en concurrence (appels d'offres, ...) en soutien aux financeurs - Ajuster, si besoin, le contenu des fiches actions programmées, au vu de nouvelles données publiées <p>Assurer un rôle de secrétariat du plan d'actions</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jouer le rôle d'interlocuteur privilégié auprès des demandeurs (organismes concernés) vis-à-vis d'actions à programmer 		

<ul style="list-style-type: none"> - Orienter les demandeurs vers des sources de financement ou des organismes susceptibles de financer les actions - Contribuer à lever des blocages dans la réalisation d'actions <p>Evaluer le plan d'actions</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dresser le bilan de chaque action et s'assurer du renseignement des indicateurs de suivi proposés dans chaque fiche action - Organiser l'évaluation à mi-parcours et réviser la chronologie des actions (échancier) - Assurer un retour des réalisations auprès des instances régionales et des financeurs des actions - Proposer au COPIL des modifications à apporter aux actions et à leur contenu
Calendrier de réalisation
<p>L'animateur devra animer le comité de pilotage du PRA annuellement à partir de l'année 2021.</p> <p>Les actions réalisées pourront être évaluées au fur et à mesure de leur réalisation.</p> <p>L'animateur devra évaluer le plan dans sa globalité à la fin de la période définie de 10 ans, tout en effectuant un bilan de mi-parcours.</p>
Indicateurs de suivi de l'action
<p>Synthèse des indicateurs de suivi et bilan des résultats de chaque action (technique et financier).</p> <p>Comptes-rendus des réunions de COPIL et de COTECH.</p>
Estimation du coût des opérations
Financeurs possibles
A déterminer
Bibliographie

N° 3.2	Étendre le plan régional d'actions à la Corse	Priorité : 1
Objectif	Animer et coordonner le plan régional d'actions	
Enjeu	Coordonner le PRA et améliorer la concertation, l'information et la sensibilisation	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions		
toutes les fiches		
Organismes concernés	Partenaires	
Office de l'Environnement Corse	Pôle Relais lagunes, CBN Corse, structure animatrice, Université	
Localisation - Périmètre d'application		
Région Corse		
Contexte		
<p>Le travail mené dans le cadre de l'élaboration du PRA a permis d'établir une cartographie des zones potentielles de lagunes temporaires sur l'ensemble du littoral méditerranéen continental français, et de caractériser le fonctionnement écologique d'un certain nombre d'entre elles à partir de données hydrologiques, pédologiques et floristiques.</p> <p>Les lagunes temporaires méditerranéennes sont également présentes sur le territoire Corse. Ainsi il est important d'étendre le plan régional d'actions visant leur protection à ce territoire.</p> <p>Cet élargissement des études permettrait de compléter les connaissances sur cet habitat naturel et d'identifier d'éventuels enjeux particuliers liés à l'insularité.</p>		
Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre		
<ul style="list-style-type: none"> - Identifier et prendre contact avec les acteurs du littoral corse afin de collaborer à la mise en place du PRA sur leur territoire. - Intégrer ces acteurs au sein des comités de pilotage et comités techniques. - Mener les études de cartographie des lagunes temporaires potentielles sur ce nouveau territoire avec le même modèle de télédétection que celui utilisé dans le cadre de l'élaboration du PRA. - Mener les actions du PRA sur ce territoire. 		
Calendrier de réalisation		
A prévoir sur la 1ère année		
Indicateurs de suivi de l'action		
Cartographie des zones potentielles de lagunes temporaires Nombre d'actions menées sur ce territoire		
Estimation du coût des opérations		
A déterminer		
Financeurs possibles		
Agence de l'eau RMC, DREAL Corse, Conseils départementaux Haute Corse et Corse du Sud, Office de l'Environnement Corse		
Bibliographie		

Note technique : « Développement d'un modèle de télédétection visant à mettre en évidence les zones de mise en eau temporaires sur le littoral continental français et pouvant abriter des lagunes temporaires méditerranéennes »

N° 3.3	Collecter et mutualiser les données issues du plan régional d'actions	Priorité : 1
Objectif	Animer et coordonner le plan régional d'actions	
Enjeu	Coordonner le PRA et améliorer la concertation, l'information et la sensibilisation	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions	Lien avec les dossiers de demande de dérogation	
1.1 à 1.9 (améliorer les connaissances sur l'habitat), 2.1 (revue gestion/restauration), 3.4 (informer et sensibiliser), 3.6 (publier et diffuser)	Instruction et constitution d'études d'impacts	
Organismes concernés	Partenaires	
Structure animatrice, gestionnaires de sites concernés par le PRA	Pôle Relais lagunes méditerranéennes, RESEDA, SINP	
Localisation - Périmètre d'application		
Ensemble des sites concernés par le PRA		
Contexte		
<p>L'étendue du territoire d'étude du plan régional d'actions, le nombre important de partenaires associés et la multiplicité des informations collectées font de la mutualisation des données un enjeu primordial pour la production, la diffusion, la conservation et la valorisation de l'information. De ce fait, cette action vise à définir les moyens de mutualisation des données relatives au PRA sous forme d'une plateforme interactive sur laquelle les acteurs des milieux lagunaires pourront déposer et télécharger un certain nombre de données relatives au PRA : cartographie des lagunes temporaires, données relatives à l'hydrologie, la pédologie, la faune, la flore... afin de pouvoir avoir une vue d'ensemble des données collectées et de pouvoir les comparer diachroniquement. Les données ainsi mutualisées pourront servir de base pour l'étude comparée de tous les résultats issus des saisons de terrain (Fiche action 1.9).</p> <p>Cette plateforme n'a pas vocation à se substituer aux plateformes déjà existantes (SINP, Pôle relais lagunes, RESEDA...), mais à proposer un outil complémentaire permettant de mutualiser les autres données ou à élargir les outils déjà existants pour répondre aux besoins du PRA.</p>		
Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre		
<ul style="list-style-type: none"> - Faire un bilan des bases de données préexistantes et exploitables apportant des données naturalistes, physico-chimiques ... (bases de données du Pôle Relais lagunes, SINP, RESEDA...). - Identifier les besoins de mutualisation. - Identifier, mettre en place ou adapter les plateformes de collecte et de mutualisation des données communes. - Communiquer sur l'existence de ces plateformes aux différents acteurs du PRA et les former à la saisie des données. - Les plateformes sont chargées de l'animation, de la collecte et de la diffusion des données. 		

Calendrier de réalisation
Cette action peut être réalisée pendant toute la durée du plan d'actions.
Indicateurs de suivi de l'action
Nombre données collectées sur la / plateforme(s) dans le cadre du PRA
Estimation du coût des opérations
non évaluable à ce jour
Financeurs possibles
DREAL Occitanie, DREAL PACA, Agence de l'eau RMC
Bibliographie

N° 3.4	Informier et sensibiliser les différents acteurs	Priorité : 2
Objectif	Sensibiliser les publics cibles et échanger avec les acteurs en ce qui concerne l'habitat et ses enjeux	
Enjeu	Coordonner le PRA et améliorer la concertation, l'information et la sensibilisation	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions		
3.5 (formations), 3.6 (publier et diffuser)		
Organismes concernés	Partenaires	
Tous les acteurs	Pôle Relais lagunes, ARB, Conseils départementaux, associations EEDD (Ecole et Nature, Graine...)	
Localisation - Périmètre d'application		
Littoral méditerranéen français		
Contexte		
<p>Afin de préserver les lagunes temporaires méditerranéennes, il est nécessaire de porter à connaissance le plan d'actions aux différents acteurs et publics concernés. En effet, les lagunes temporaires méditerranéennes et la biodiversité qu'elles abritent sont peu connues et la diffusion à large échelle de connaissances sur leur écologie et les espèces que l'on y trouve permettrait de sensibiliser les acteurs et les différents publics à l'importance de leur préservation et aux moyens d'y parvenir.</p> <p>La mise en œuvre des actions du PRA repose également en grande partie sur l'animation du réseau des acteurs et des partenaires du PRA. Les échanges sur des aspects techniques ou théoriques concernant la connaissance, la gestion et la restauration des lagunes temporaires sont nécessaires pour améliorer les pratiques et les adapter aux contextes locaux. Il est donc important de favoriser des rencontres régulières autour de thématiques bien ciblées par rapport aux besoins des acteurs et des partenaires du PRA.</p>		
Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre		
<ul style="list-style-type: none"> - Diffuser le plan d'actions via un lien de téléchargement de ce document, en publiant des actualités sur les sites internet (Pôle-relais lagunes méditerranéennes...) ou réseaux sociaux, en proposant des articles dans les journaux et magazines (ex : « Sauvons l'eau ! »...), et en disposant des panneaux d'information à des endroits stratégiques et adaptés. - Participer à des événements tels que la journée mondiale des zones humides, les journées européennes du patrimoine, fête de la nature. - Planifier et organiser des actions de sensibilisation en collaboration avec le réseau d'éducation à l'environnement et au développement durable (EEDD). - Identifier les réseaux en place et les partenaires compétents en matière d'organisation de rencontres professionnelles. - Définir des thématiques sur lesquelles il est nécessaire d'échanger en fonction des besoins des acteurs (les aspects scientifiques, les actions de gestion, la prise en compte au sein des politiques publiques, etc.). - Planifier et organiser des journées d'échanges thématiques réunissant entre autres les gestionnaires de milieux naturels concernés par le PRA. 		

<ul style="list-style-type: none"> - Se saisir de formats de diffusion populaires et légers tels que des petites vidéos faites sur smartphone (peu coûteux et pouvant intégrer des canaux de diffusion larges via les réseaux sociaux ou les chaînes vidéos sur internet). - Définir des actions adaptées en fonction des publics cibles (services de l'État, collectivités territoriales, porteurs de projets, grand public, propriétaires privés, socioprofessionnels, usagers, préfets, etc.), des réseaux en place et des partenaires compétents en matière de sensibilisation.
Calendrier de réalisation
Tout au long du PRA
Indicateurs de suivi de l'action
<p>Nombre d'actions d'information et de sensibilisation organisées. Diversité d'actions et de thématiques abordées. Nombre de participants (journées événementielles), nombre de destinataires et types de destinataires (newsletters, mails).</p> <p>Nombre de journées d'échange thématiques organisées. Nombre d'acteurs ayant participé.</p>
Estimation du coût des opérations
Financeurs possibles
Régions ; Conseils départementaux ; DREAL ; Ministère de l'éducation nationale
Bibliographie

N° 3.5	Former les gestionnaires de milieux naturels, services de l'état et les collectivités	Priorité : 2
Objectif	Sensibiliser les publics cibles et échanger avec les acteurs en ce qui concerne l'habitat et ses enjeux	
Enjeu	Coordonner le PRA et améliorer la concertation, l'information et la sensibilisation	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions		
fiches actions 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7 (relevés biotiques et abiotiques), 2.1 (revue gestion/restauration), 3.6 (publier et diffuser)		
Organismes concernés		Partenaires
Tous les acteurs		OFB, CNFPT, Pôle Relais lagunes
Localisation - Périmètre d'application		
Littoral méditerranéen français		
Contexte		
<p>Un certain nombre d'actions présentées au sein de ce plan d'actions impliquent la participation de partenaires (gestionnaires de milieux littoraux, associations EEDD, services de l'Etat, collectivités...). Ceux-ci seront amenés à réaliser des relevés, mener des protocoles de suivi et des actions d'information ou de sensibilisation (fiches actions 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 2.1, 3.6) mettant nécessairement en jeu des expertises spécifiques. De ce fait, il s'avère essentiel de former les opérateurs à la reconnaissance des organismes clefs (annexe 1 Guide macrophytes) et à la mise en œuvre rigoureuse des protocoles (annexes protocoles, protocoles qui seront développés dans le cadre du PRA) pour assurer la mise en œuvre des actions.</p> <p>De manière plus générale, il s'avère aussi essentiel de familiariser l'ensemble des acteurs aux connaissances et aux enjeux liés à cet habitat afin qu'ils puissent adapter leurs modalités de gestion en fonction des contextes locaux.</p> <p>Dans une démarche similaire à l'action d'information et de sensibilisation, il s'agira de définir les thématiques et les supports de formation nécessaires dans le cadre de ce PRA, d'identifier les publics cibles, et les structures compétentes pour organiser ces formations (Pôle relais lagunes, OFB, CNFPT, ...). En particulier, on pourra mettre en place des formations sur le thème de la définition de l'habitat, de ses fonctionnalités écologiques et de ses enjeux, sur la reconnaissance des macrophytes, ou encore sur les actions de gestion et restauration possibles (fiche action 2.1).</p>		
Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre		
<ul style="list-style-type: none"> - Identifier les besoins en formation en fonction des publics (1/ formation technique et scientifique de reconnaissance de l'habitat et des espèces, 2/formation d'appui à la sensibilisation (présentation des enjeux et grandes caractéristiques des habitats, quelles informations transmettre au grand public, aux élus, etc.). - Définir les actions de formation possibles en partenariat avec les structures compétentes - Planifier et organiser les actions de formation en adaptant les supports de formation 		

aux différents publics .
Calendrier de réalisation
Tout au long du PRA
Indicateurs de suivi de l'action
Nombre de journées de formation organisées. Nombre de participants. Nombre de structures ayant bénéficié d'une formation.
Estimation du coût des opérations
Financeurs possibles
OFB
Bibliographie

N° 3.6	Publier et diffuser les résultats issus du plan régional d'actions à différentes échelles	Priorité : 2
Objectif	Valoriser les résultats du plan régional d'actions	
Enjeu	Coordonner le PRA et améliorer la concertation, l'information et la sensibilisation	
Lien avec d'autres actions du Plan d'actions		
1.1 à 1.8 (approfondissement des connaissances), 2.2 (méthode de hiérarchisation des enjeux de conservation), 3.3 (collecter et mutualiser)		
Organismes concernés		Partenaires
Structure animatrice		CBNmed, Pôle relais lagunes, centres de recherche, Universités, OFB, ARB
Localisation - Périmètre d'application		
Niveau national et international		
Contexte		
<p>La mise en œuvre de plusieurs actions de ce plan va permettre d'acquérir de nouvelles connaissances sur les lagunes temporaires méditerranéennes. Il est important de diffuser et de partager les retours d'expériences et les résultats des études et expérimentations menées dans un objectif de préservation. La diffusion des résultats du PRA pourra se faire à différentes échelles (locale, nationale et internationale) et peut cibler différents publics. D'une part, les résultats devront être diffusés en interne aux partenaires impliqués dans le PRA (lettre d'information annuelle envoyée par email aux différents acteurs). D'autre part, des publications pourront être faites à plus large échelle via des journaux régionaux, des revues scientifiques ou des réseaux sociaux professionnels tels que Research Gate (rapports d'études...).</p> <p>Enfin, la participation à des colloques nationaux et internationaux et autres événements similaires permettra à la fois la diffusion de l'information, la validation des résultats par des pairs, et le développement d'un réseau de partenaires autour du PRA. Ceci permettra notamment de s'informer et d'intégrer des modes de gestion et des connaissances étrangères (Espagne, Italie, etc).</p> <p>Dans le cadre de l'élaboration du PRA, un séminaire de restitution est prévu afin de présenter les premiers résultats et d'échanger avec les élus, les gestionnaires et les services de l'état sur la prise en compte des enjeux dans les politiques actuelles. Un tel séminaire pourra également être organisé à l'échéance du PRA afin de présenter les avancées en termes d'acquisition de connaissances, de gestion et de restauration de ces milieux.</p>		
Description des opérations et des modalités de leur mise en œuvre		
<ul style="list-style-type: none"> - Diffusion libre du plan d'actions, envoi aux collaborateurs et aux instances publiques, mise en ligne sur le site du CBNMed et du Pôle-relais lagunes. En particulier, diffusion de la cartographie des zones potentielles de lagunes temporaires (fiche action 1.1) et de la nouvelle définition du milieu s'intégrant dans l'habitat 1150-2 de la Directive Habitat Faune Flore. Diffusion des bilans annuels et des rapports d'études. Réalisation et diffusion d'une lettre d'information annuelle dédiée à l'information des acteurs du PRA. 		

- Publications d'articles scientifiques afin de diffuser la connaissance et valider la méthode scientifique utilisée. Trois articles sont initialement prévus, un article portant sur la définition, un portant sur le modèle de télédétection et un portant sur l'écologie du milieu. D'autres articles pourront suivre le cas échéant (portant par exemple sur les connaissances acquises sur l'habitat et ses espèces typiques (fiche 1.8)).
- Diffusion des rapports d'études aux partenaires et acteurs du PRA via la/les plateformes de mutualisation (fiche 3.3).
- Transmission des nouvelles données naturalistes au SINP.
- Identifier et participer aux événements (colloques scientifiques ou techniques) en lien avec les thématiques du PRA afin de présenter le plan d'actions, ses résultats et d'enrichir les réflexions autour des différents aspects du PRA.
- Planifier et organiser un séminaire de restitution finale pour présenter les résultats issus du PRA à son échéance.

Calendrier de réalisation

Cette action peut être réalisée durant toute la durée du plan d'actions.

Indicateurs de suivi de l'action

Nombre de publications, nombre de rapports d'étude mis en ligne, lettre d'information annuelle. Nombre de participations à des colloques ; nombre de thématiques différentes abordées.

Nombre de participants au séminaire de restitution.

Estimation du coût des opérations

Non évaluable à ce stade

Financeurs possibles

A définir

Bibliographie

Articles de définition « Mediterranean Temporary Lagoon: clarifying the definition of this endangered habitat to improve its conservation » (soumis)
et de télédétection (en préparation)

Bibliographie

- Anonyme. (1958). *The Venice System for the Classification of Marine Waters According to Salinity*. 346–347.
- Horner, R. R., & Azous, A. L. (Eds.). (2000). *Wetlands and urbanization: Implications for the future*. Lewis Publishers.
- Barnes, R.S.K. (1980). Coastal Lagoons. CUP Archive.
- Barral, M., Sourribes, V. C., Bourgeois, E., Gavoty, E., Barré, N., & Tillier, C. (2007). Synthèse sur les zones humides françaises, à destination des gestionnaires, élus et acteurs de terrain. *Vers une gestion intégrée des lagunes méditerranéennes, vol. 3*.
- Barré, N., Garrido, M., Riera, L., Lombardini, K., Mauclert, V., & Lepareur, F. (2020). *Etat de conservation des "Lagunes côtières" d'intérêt communautaire (UE 1150*) : Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000 - Annexe façade méditerranéenne - Classeur Technique*.
- Bec, B., Husseini-Ratrema, J., Collos, Y., Souchu, P., Vaquer, A. (2005) Phytoplankton seasonal dynamics in a Mediterranean coastal lagoon: emphasis on the picoeukaryote community. *Journal of Plankton Research* 27 (9), 881– 894. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbi061>
- Bissardon, M., Guibal, L., & Rameau, J. (1997). *CORINE Biotopes Version originale - Types d'habitats français*. http://www.bourgogne-franche-comte.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Corine_biotopes_1997_cle7111a6.pdf
- Blindow, I., & Långängen, A. (1995). The charophyte *Lamprothamnium papulosum* in Sweden. *Svensk Botanisk Tidskrift*, 89(3), 171–174
- Bobbink, R., Beltman, B., Verhoeven, J.T.A., Whigham, D.F. (2007). *Wetlands: Functioning, Biodiversity Conservation, and Restoration*. Springer Science & Business Media.
- Bracamonte, S.C., Maldonado, N.G., Murillo, P.G. (2013). The genus *Tolypella* (A. Braun) A. Braun in the Iberian Peninsula. *Acta Bot. Gallica* 160, 121–129. <https://doi.org/10.1080/12538078.2013.801321>
- Buquet, D., Anschutz, P., Charbonnier, C., Rapin, A., Sinays, R., Canredon, A., Bujan, S., Poirier, D. (2017). Nutrient sequestration in Aquitaine lakes (SW France) limits nutrient flux to the coastal zone. *J. Sea Res., Changing Ecosystems in the Bay of Biscay: Natural and Anthropogenic Effects* 130, 24–35. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2017.04.006>
- Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (2002). A practical information-theoretic approach. *Model selection and multimodel inference*, 2.
- Casas, C., Cros, R.M., Brugués, M. (1992). Endangered bryophytes of the Iberian Peninsula: Los Monegros. *Biol. Conserv., Endangered Bryophytes in Europe-Causes and Conservation* 59, 221–222. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(92\)90588-E](https://doi.org/10.1016/0006-3207(92)90588-E)
- Christia, C., Giordani, G., Papastergiadou, E. (2018). Environmental Variability and Macrophyte Assemblages in Coastal Lagoon Types of Western Greece (Mediterranean Sea). *Water* 10, 151. <https://doi.org/10.3390/w10020151>
- Cirujano Bracamonte, S., Guerrero Maldonado, N., & García Murillo, P. (2013). The genus *Tolypella* (A. Braun) A. Braun in the Iberian Peninsula. *Acta Botanica Gallica*, 160(2), 121–129. <https://doi.org/10.1080/12538078.2013.801321>

- Cirujano, S., & Longas, J. F. (1989). Notas Breves - *Tolypella salina* Corillion en la laguna de Carralogramo (Alava). *Anales Jardín Botánico de Madrid*, 45(2).
- Cirujano, S., Velayos, M. & Garcia Murillo, P. (1993). *Rielletea helicophyllae* una nueva clase fitosociológica de plantas acuáticas. *Bot. Complutensis* 18 : 203-211
- Comelles, M. (1986). *Tolypella salina* Corillon, caroficea nueva para España. *Anales Del Jardín Botánico de Madrid*, 42(2), 293–298.
- Comité de bassin Rhône méditerranée. (2015). *Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux Rhône-Méditerranée 2016 - 2021*.
- Cook, C. D. K., & Guo, Y. H. (1990). A contribution to the natural history of *Althenia filiformis* petit (Zannichelliaceae). *Aquatic Botany*, 38, 261–281. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(90\)90010-1](https://doi.org/10.1016/0304-3770(90)90010-1)
- Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora (1992). 206.
- Darrah, S. E., Shennan-Farpón, Y., Loh, J., Davidson, N. C., Finlayson, C. M., Gardner, R. C., & Walpole, M. J. (2019). Improvements to the Wetland Extent Trends (WET) index as a tool for monitoring natural and human-made wetlands. *Ecological Indicators*, 99, 294-298. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.032>
- De Wit, R., Leruste, A., Le Fur, I., Sy, M.M., Bec, B., Ouisse, V., Derolez, V., Rey-Valette, H. (2020). A multidisciplinary approach for restoration ecology of shallow coastal lagoons, a case study in South France. *Front. Ecol. Evol.* 8. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00108>
- European Commission, D. E. (2013). Interpretation manual of European Union habitats– EUR28. Eur Comm, DG Environ, 144.
- European Union (EU) (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal L 327.
- European Union (EU) (1992). Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. Official Journal of the European Union, 206, 7-50.
- Gardner, Royal C. and Finlayson, C., *Global Wetland Outlook: State of the World's Wetlands and Their Services to People* (October 5, 2018). Ramsar Convention Secretariat, 2018, Stetson University College of Law Research Paper No. 2020-5, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3261606>
- Gayet, G., Baptist, F., Maciejewski, L., Poncet, R., & Bensettiti, F. (2018). *Guide de détermination des habitats terrestres et marins de la typologie EUNIS*.
- Gesti, J., Badosa, A., & Quintana, X. D. (2005). Reproductive potential in *Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande in response to water permanence. *Aquatic Botany*, 81(3), 191–198. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2004.11.005>
- Grillas P. (1990). Distribution of submerged macrophytes in the Camargue in relation to environmental factors. *J Veget Sci* 1 p393-402. <https://doi.org/10.2307/3235716>
- Guerlesquin, M. (1992). Systématique et biogéographie du genre *Lamprothamnium* (Characées) Caractéristique des biotopes aquatiques saumâtres. *Revue Des Sciences de l'eau*, 5(3), 515_430.
- Hall, L.S., Krausman, P.R., Morrison, M.L. (1997). The Habitat Concept and a Plea for Standard Terminology. *Wildl. Soc. Bull.* 1973-2006 25, 173–182.
- Ifremer, 2014 Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2013. Rapport RSL-14/2014, 219 p.

- Keddy P (2016). *Wetland ecology: principles and conservation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kjerfve, B. (1994). Chapter 1 Coastal Lagoons, in: Kjerfve, B. (Ed.), *Coastal Lagoon Processes*, Elsevier Oceanography Series. Elsevier, Amsterdam, pp. 1–8. [https://doi.org/10.1016/S0422-9894\(08\)70006-0](https://doi.org/10.1016/S0422-9894(08)70006-0)
- Lambert, E., Desmots, D., Bail, J.L., Mouronval, J.-B., Felzines, J.-C. (2013). *Tolypella salina* R. Cor. on the French Atlantic coast: biology and ecology. *Acta Bot. Gallica* 160, 107–119. <https://doi.org/10.1080/12538078.2013.823105>
- Lefebvre, G., Davranche, A., Willm, L., Campagna, J., Redmond, L., Merle, C., Guelmami, A., & Poulin, B. (2019). Introducing WIW for detecting the presence of water in wetlands with landsat and sentinel satellites. *Remote Sensing*, 11(19), 2210. <https://doi.org/10.3390/rs11192210>
- Le Fur, I., De Wit, R., Plus, M., Oheix, J., Simier, M., Ouisse, V. (2017). Submerged benthic macrophytes in Mediterranean lagoons: distribution patterns in relation to water chemistry and depth. *Hydrobiologia* 808, 175–200. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3421-y>
- Li, X., Bellerby, R., Craft, C., & Widney, S. E. (2018). Coastal wetland loss, consequences, and challenges for restoration. *Anthropocene Coasts*, 15(January), 1–15. <https://doi.org/10.1139/anc-2017-0001>
- Lopez-Gonzalez, P. J., Guerrero, F., & Castro, M. C. (1998). Seasonal fluctuations in the plankton community in a hypersaline temporary lake (Honda, southern Spain). *International Journal of Salt Lake Research*, 6(4), 353–371. <https://doi.org/10.1023/A:1009057913154>
- Mannino, A. M., Menéndez, M., Obrador, B., Sfriso, A., & Triest, L. (2015). The genus *Ruppia* L. (Ruppiaceae) in the Mediterranean region: An overview. *Aquatic Botany*, 124, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2015.02.005>
- Menu et al. (resubmitted after revisions). Towards a better understanding of grass bed dynamics using remote sensing at high spatial and temporal resolutions, *Estuarine Coastal and Shelf Science*
- Mitchell, S.C. (2005). How useful is the concept of habitat? – a critique. *Oikos* 110, 634–638. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2005.13810.x>
- Mitsch, W.J., Gosselink, J.G. (2000). *Wetlands* (third edition), John Wiley & Sons. ed. New York.
- Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2007). *Wetlands - 4th Edition*. <https://www.questia.com/library/120084861/wetlands>
- Mitsch, W.J., Bernal, B & Hernandez, M.E. (2015) Ecosystem services of wetlands, *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 11:1, 1-4, <https://doi.org/10.1080/21513732.2015.1006250>
- Mouronval, J.B., Baudouin, S., Borel, N., Soulié-Märsche, I., Kleszczewski, M. & Grillas, P. (2015). *Guide des characées de France méditerranéennes*. Office nationale de la chasse et de la faune sauvage, Paris, 214 p.
- Mücher, C. A., Hennekens, S. M., Bunce, R. G. H., Schaminée, J. H. J., & Schaepman, M. E. (2009). Modelling the spatial distribution of Natura 2000 habitats across Europe. *Landscape and Urban Planning*, 92(2), 148–159. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.04.003>
- Noss, R. F., O'Connell, M., & Murphy, D. D. (1997). *The science of conservation planning: habitat conservation under the Endangered Species Act*. Island Press.

- Onnis, A. (1974). *Althenia filiformis* petit: Contributo alla conoscenza della ecologia della germinazione. *Giornale Botanico Italiano*, 108(3–4), 105–111.
<https://doi.org/10.1080/11263507409426352>
- Paradis, G., Seiner, S. & Sorba, L. (2015). Description phytosociologique, cartographique et floristique de la végétation de cinq mares temporaires de l'Agriate (Corse). *Bulletin de la Société botanique du Centre-Ouest, nouvelle série*, 45, 334–355
- Pérez-Ruzafa, A., Marcos, C., Pérez-Ruzafa, I.M., Pérez-Marcos, M. (2011). Coastal lagoons: “transitional ecosystems” between transitional and coastal waters. *J. Coast. Conserv.* 15, 369–392. <https://doi.org/10.1007/s11852-010-0095-2>
- Pignatti, S., Menegoni, P. & Pietrosanti, S. (2005). Valori di bioindicazione delle piante vascolari della flora d'Italia. *Braun-Blanquetia*, vol 39: 97 p.
- Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A. R., Kerr, Y. H., & Sorooshian, S. (1994). A modified soil adjusted vegetation index. *Remote Sensing of Environment*, 48, 119–126.
- Sabovljević, M.S., Segarra-Moragues, J.G., Puche, F., Vujičić, M., Cogoni, A., Sabovljević, A. (2016). An eco-physiological and biotechnological approach to conservation of the worldwide rare and endangered aquatic liverwort *Riella helicophylla* (Bory et Mont.) Mont. *Acta Bot. Croat.* 75, 194–198. <https://doi.org/10.1515/botcro-2016-0030>
- Verhoeven, J. T. A. (1975). *Ruppia* communities in the Camargue, France. Distribution and structure in relation to salinity and salinity fluctuations. *Aquatic Botany*, 1, 217–241.
- Verhoeven, J. T. A. (1979). The ecology of *Ruppia* dominated communities in western Europe. I. Distribution of *Ruppia* representatives in relation to their autecology. *Aquatic Botany*, 6, 197–268.
- Yapp, R. H. (1922). The Concept of Habitat. *The Journal of Ecology*, 10(1), 1–17.
<https://doi.org/10.2307/2255427>
- Zedler, J.B., Kercher, S. (2005). WETLAND RESOURCES: Status, Trends, Ecosystem Services, and Restorability. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 30, 39–74.
<https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144248>

Annexe 1 : Guide des macrophytes typiques des lagunes temporaires méditerranéennes

1. Phanérophytes

Althenia filiformis subsp. *filiformis* Petit

Le genre *Althenia* Petit appartient à la famille des Potamogetonaceae. Il appartenait initialement à la famille des Zannichelliaceae, qui a depuis été incluse dans la famille des Potamogetonaceae (Angiosperm Phylogeny Group II, 2003).

A. filiformis Petit fut décrite en 1829 par Félix Petit du Vacarès. Longtemps elle est restée la seule espèce connue dans ce genre pour la France. En 1872 une autre espèce *A. barrandonii* Duval-Jouve fut décrite des Onglous à Marseillan (Hérault) puis reclassée au rang de sous-espèce *A. filiformis* subsp. *barrandonii* (Duval-Jouve) Nyman 1882.

Enfin, au début du 20^e siècle deux nouvelles sous-espèces sont décrites, dont *A. filiformis* subsp. *orientalis* Tzvelev (1975) qui est la seule à être présente en France.

Dans une révision du genre, en 1986, García Murillo & Talavera le divisent en deux espèces distinctes, *Althenia orientalis* (Tzvelev) García Murillo & Talavera est alors considérée au rang d'espèce au même titre que *Althenia filiformis* qui ne présente plus alors que deux sous-espèces, *filiformis* et *barrandonii*.

Par la suite, que ce soit au rang d'espèces, de sous-espèces ou de variétés, trois taxons différenciés coexistaient en France.

Plus récemment (Gargominy *et al.*, 2018 ; Tison & Foucaut, 2014) considèrent que *A. filiformis* subsp. *barrandonii* correspond à une écomorphose de *A. filiformis* subsp. *filiformis*, ainsi seuls deux taxons sont encore reconnu en France.

Aucun consensus n'a été trouvé à ce jour et dans la littérature la taxinomie du genre fluctue au grès des publications et des courants de pensée des auteurs. La taxinomie actuellement admise en France est celle de Flora Galica (Tison & Foucaut, 2014) qui reconnaît deux taxons *A. filiformis* subsp. *filiformis* et *A. filiformis* subsp. *Orientalis* au sein d'une même espèce *A. filiformis*.

Répartition : L'incertitude des concepts taxinomiques utilisés par les auteurs depuis la découverte du genre et de ses divers taxons, ne nous permettent pas de faire une synthèse plurielle. Nous nous appuyons sur Garcia Murillo & Talavera (1986) pour distinguer les espèces *A. filiformis* et *A. orientalis*, puis sur Tison & Foucault (2014) pour circonscrire les taxons (*A. filiformis* subsp. *filiformis* (incluant *A. barrandonii*) et *A. orientalis*) et sur TAXREF V12 pour la nomenclature.

Actuellement, on considère en France une espèce *A. filiformis* Petit comprenant deux sous-espèces :

- subsp. *filiformis* : présente sur les côtes méditerranéennes françaises continentales et en Corse. Ailleurs dans le monde, elle est signalée dans les Pouilles en Italie

(García Murillo & Talavera, 1986) et récemment a été signalée en Afrique du Sud (Ito & al., 2016).

- subsp. *orientalis* Tzvelev : présente sur les côtes atlantiques françaises, mentionnée sur le littoral de l'Hérault (García Murillo & Talavera, 1986). Egalement mentionnée en Corse (García Murillo & Talavera, 1986) mais dont la présence est à vérifier car le taxon n'y a pas été revu depuis 1849 (Jeanmonod & Gamisans, 2013 ; données non publiées réseau des Conservatoires Botaniques Nationaux). Ailleurs dans le monde elle est présente dans le bassin méditerranéen et dans la région irano-touranienne.

Ecologie et cycle de vie : C'est une hydrophyte rhizomateuse considérée comme annuelle par certain (Cook & Guo, 1990; Garcia Murillo & Talavera, 1986) et comme vivace à annuelle facultative en fonction du milieu où elle se trouve par d'autre (Mouronval *et al.*, 2009; Tour du Valat, 2014). Elle colonise les étangs et les lagunes d'eaux saumâtres plus ou moins temporaires pouvant devenir hyperhalins avant l'assèchement (Onnis, 1967; Tour du Valat, 2014). Son cycle de vie peut-être court dans des conditions d'inondation temporaire et sa phénologie est influencée par la salinité et la température de la lagune (Onnis, 1974).

La germination est optimale à 20°C et à 13 pour mille de salinité après un passage au froid. Les graines germent peu en dessous de 10°C tout comme au-dessus de 30°C, la germination est également affectée négativement avec l'augmentation de la salinité (Cook & Guo, 1990; Onnis, 1974). Cook & Guo (1990) ont cependant constaté la germination de graines dans de l'eau douce et de l'eau avec une salinité supérieure à celle de la mer, 34 pour mille, ce qui sous-tend qu'elles supportent des variations de salinités plus élevées que ce qui avait initialement été observé par Onnis (1974) bien que les auteurs soulignent que les individus germant dans une eau présentant une salinité entre 6 et 13 pour mille présentent une croissance plus importante. Il est ainsi remarquable que la biologie de cette espèce reste encore aujourd'hui assez méconnue et nécessite de plus amples études. Les graines ne semblent pas présenter de dormance initiale bien qu'une dormance parait pouvoir être induite et levée par les conditions environnementales telles que la dessiccation, la salinité et la température (Cook & Guo, 1990). Les graines mûrissent sur les plantes mère jusqu'à ce que la température et l'augmentation de la salinité ne tue ces dernières. Après l'assèchement des lagunes les graines subsistent dans la croûte de sel qui se forme sur le sol jusqu'à ré-immersion au moment des pluies automnales (Cook & Guo, 1990).

Statuts de protection et listes rouges:

Les conceptions taxinomiques fluctuantes (définition des taxons) et les noms appliqués (nomenclature) qui ont rendu difficile une bonne lecture de leur distribution, complique de fait leur prise en compte en matière de protection législative :

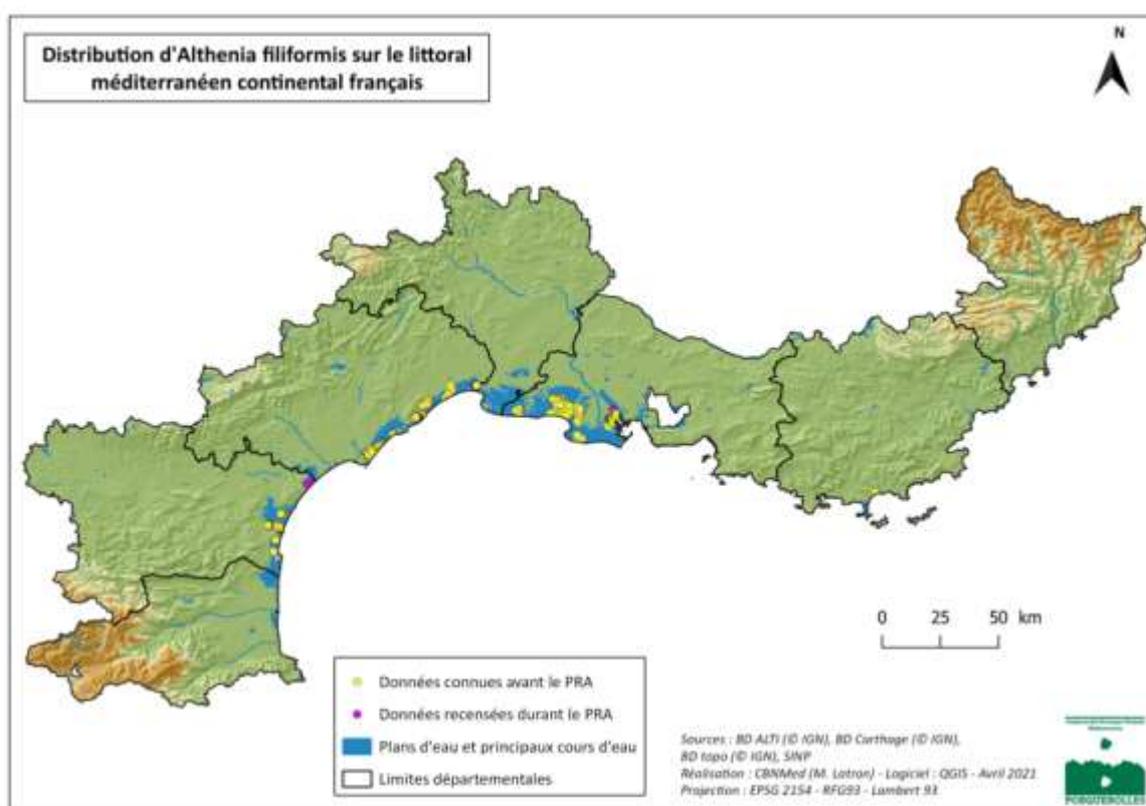
- *Althenia barrandonii* Duval-Jouve, Althénie, est **protégé au plan national** (arrêté du 20 janvier 1982, J.O. du 13 mai 1982)
- *Althenia filiformis* Petit, Althénie filiforme, est **protégé en région Poitou-Charentes** (arrêté du 19 avril 1988, J.O. du 10 mai 1988)

- *Althenia filiformis* Petit subsp. *barrandonii* (Duval-Jouve) Nyman est **protégé en région Provence-Alpes-Côte d'Azur** (arrêté du 9 mai 1994, J.O. du 26 juillet 1994)
- *Althenia filiformis* Petit, Althénie filiforme, est **protégé en région Languedoc-Roussillon** (arrêté du 29 octobre 1997, J.O. du 16 janvier 1998).

Listes rouges :

- Elle est classée **NT** (espèce quasi menacée) dans la liste rouge de la flore vasculaire de France métropolitaine (2019) sous le nom de *Althenia filiformis* Petit (nom reconnu *Althenia filiformis* subsp. *filiformis* en TaxRef V12)

Elle est classée **VU** (vulnérable) sous le nom de *Althenia filiformis* Petit (nom reconnu *Althenia filiformis* subsp. *filiformis* en TaxRef V12) en région PACA





Port général à la surface de l'eau

F. Andrieu



F. Andrieu

Présence d'une écaille* au milieu des entre-nœuds du stolon (absence d'écaille chez les *Ruppia*). La constance de ce caractère demande cependant à être confirmé.



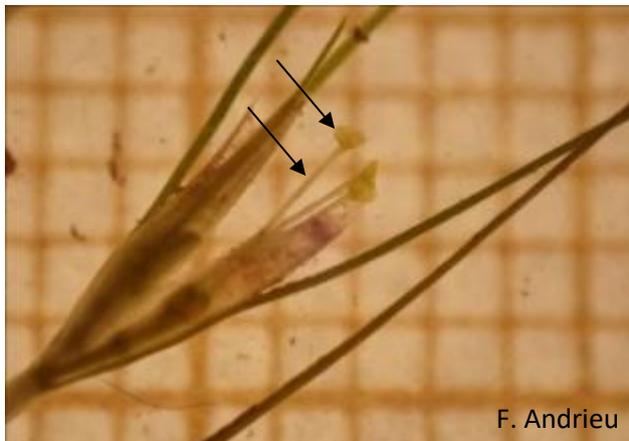
Feuilles très étroites, de 0,1 à 0,2 mm de large, à extrémité aiguë

F. Andrieu



F. Andrieu

Stipule terminée en pointe *



F. Andrieu

Inflorescence à fleurs cachées dans les stipules. Fleurs mâles et femelles sur les mêmes nœuds. Ici n'apparaissent que les fleurs femelles et leur stigmate élargi* terminant un style allongé*

Les Ruppiceae

Les **Ruppiceae** sont des espèces typiques des milieux aquatiques saumâtres à salés, peu profonds et pouvant être temporaires. Leurs tolérances aux fortes variations de salinité, de température, de luminosité, de niveaux d'eau et à la sécheresse font d'elles de très bonnes compétitrices dans les milieux lagunaires méditerranéens. Il est possible qu'elles soient victimes d'une trop faible compétitivité dans des milieux plus stables ce qui pourrait expliquer leur plus faible répartition dans ce type de milieux (Mannino et al., 2015; Verhoeven, 1979).

Les ramifications au sein de cette famille questionnent aujourd'hui encore les botanistes et les écologues. En effet plusieurs publications récentes (den Hartog & Triest, 2020; Mannino et al., 2015) soulignent la confusion qui existe dans la détermination de ces taxons. Mannino et al. (2015) soulignent la forte variabilité phénotypique qui existe dans le genre *Ruppia* et qui peut engendrer des confusions dans l'association d'un individu à la bonne espèce avec une simple clef de détermination. De leur côté, den Hartog & Triest (2020) remettent en question la nomenclature des espèces au sein de cette famille en mettant en lumière des incohérences lors de la détermination des divers spécimens américains, répartis au fur et à mesure des années et des études de taxinomie, en espèces et sous-espèces. Initialement, seuls deux taxons à la répartition mondiale étaient reconnus puis, suite à de nombreuses études, il s'est avéré que la systématique de ce genre était plus complexe. L'une des critiques avancées par den Hartog & Triest (2020) met en exergue la problématique selon laquelle la détermination des taxons américains s'est initialement basée en grande partie sur des clefs de détermination et des études de spécimens européens. Cela laisse supposer que la littérature concernant ce continent n'est pas en totale adéquation avec la réalité. Bien que de nouvelles espèces de cette famille furent découvertes et décrites aux Etats-Unis, au Mexique et ailleurs dans le monde (Graves, 1908 et Hagström, 1913 dans den Hartog & Triest, 2020 ; Ostenfeld, 1915) la présence des deux taxons historiques (*R. maritima* et *R. spiralis* (encore appelée *R. cirrhosa*) sur ces territoires n'a pas, pendant très longtemps, été remise en question. Ces nouvelles espèces de Ruppiceae américaines ont par ailleurs, pour la plupart, été initialement décrites sous le nom de *R. maritima* avant d'être reclassées en tant qu'écotypes, sous-espèces ou espèces. Ces multiples remaniements taxinomiques rendent la classification et le suivi historique de la répartition et des connaissances au sein de cette famille confus ; pour exemple *R. maritima* présentait au début du 20^e siècle, pour la seule Amérique du Nord (d'après Fernald & Wiegand, 1914), 10 « variétés » et n'en présente plus qu'une aujourd'hui circonscrite au bassin méditerranéen. Certaines variétés décrites au cours du temps sont à présent considérées comme des espèces à part entière tandis que d'autres sont considérées comme des synonymes de *R. maritima*. Ces nombreux remaniements taxinomiques rendent la connaissance historique de ce genre et de sa répartition très confuses.

A présent, et malgré les incertitudes que ces études engendrent aussi bien sur la répartition que sur l'écologie des différents taxons de Ruppiceae décrits dans la littérature, nous allons

nous efforcer de présenter les deux espèces de Ruppiales présentes et répertoriées dans les lagunes temporaires de Méditerranée en se basant sur la *Flora Gallica* (Tison & de Foucault, 2014), *Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande et *Ruppia maritima* L..

***Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande**

La Rupelle ou Ruppie spiralée (*Ruppia cirrhosa*) est une plante de la famille des Ruppiales, anciennement membre de la famille des Potamogetonaceae. Elle est fréquente dans les lagunes plus ou moins permanentes du Nord-ouest de la Méditerranée (Gesti et al., 2005; Mannino et al., 2015; Verhoeven, 1975, 1979). *R. cirrhosa* et *R. spiralis* sont parfois confondues comme étant une seule et même espèce, et parfois elles sont séparées en deux espèces distinctes comme c'est le cas dans une revue de typologie récente (voir den Hartog & Triest, 2020). Ici, nous considérerons qu'il s'agit d'une seule espèce conformément à ce qui est dit dans *Flora Gallica* (Tison & de Foucault, 2014) et nous concentrerons sur son écologie et son cycle de vie dans des milieux temporaires.

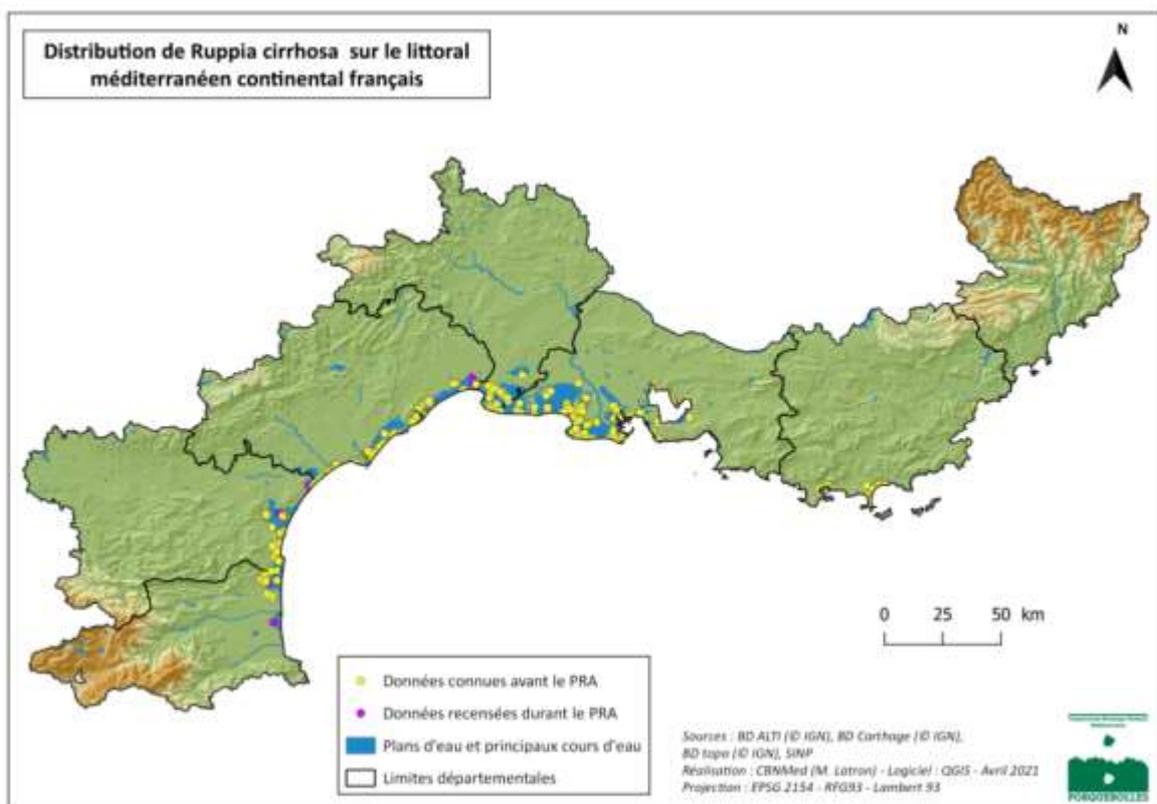
Répartition : La Ruppie spiralée se retrouve dans des lagunes permanentes et des lagunes temporaires du Nord-ouest du bassin méditerranéen. On la trouve aussi dans les lagunes des côtes atlantiques Européennes.

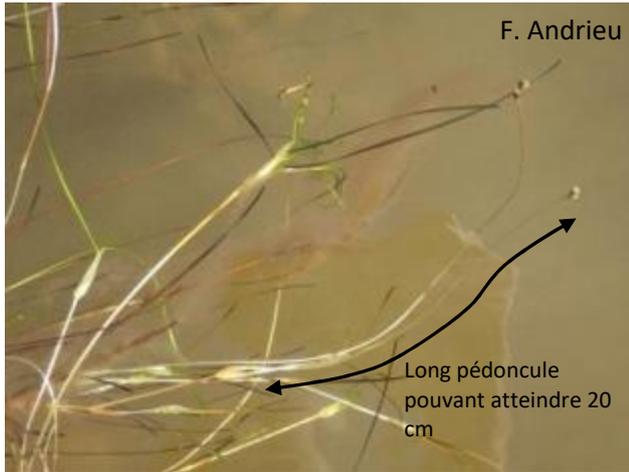
Écologie et cycle de vie : Hydrophyte annuelle à vivace, cette espèce vit à de faible profondeur, maximum 1,2 m, dans les lagunes de taille variable ou des zones de lagunes subissant de grands écarts de salinité, de températures et de luminosité et pouvant s'assécher l'été pour certaines (Gesti et al., 2005; Verhoeven, 1979) et dans des fossés ou roubines permanentes. Ces zones lagunaires sont souvent fortement influencées par les arrivées d'eau douce mais on la retrouve également dans certains étangs hyperhalins. Ainsi on peut la trouver communément dans des eaux allant de 3,5 à 10 pour mille de salinité. Elle est également la seule Ruppie à montrer une bonne croissance dans des salinités allant jusqu'à 20 pour mille, et elle s'observe fréquemment dans des milieux pouvant monter de 30 à 45 pour mille de salinité en Camargue dans des réservoirs de concentration pour les salins du midi (Verhoeven, 1979). Le panel complet de salinité recouvert par les milieux accueillant *R. cirrhosa* va de 1,5 à 60 pour mille (Mannino et al., 2015; Verhoeven, 1979). On la retrouve sur des sols divers, lit de graviers en Corse, couvert sableux en Finlande, et lit aussi bien sableux qu'argileux ou organico-argileux au Pays-Bas et en Camargue (Verhoeven, 1979).

Il est plus court dans les milieux temporaires et dans ce cas il peut durer un peu moins de 8 semaines (Gesti et al., 2005). La floraison y est plus abondante en raison de courants moins importants (Mannino et al., 2015). La pollinisation est aérienne, le pollen flottant à la surface de l'eau est transporté par les courants superficiels de surface (Mannino et al., 2015; Verhoeven, 1979). La taille des pédoncules de *R. cirrhosa* varie donc en fonction de la profondeur de l'habitat, cependant plus le milieu sera profond moins la pollinisation sera

efficace (Mannino et al., 2015). Dans ces milieux la fructification débute deux semaines après la floraison et ne dure qu'une semaine, elle est également plus abondante (Gesti et al., 2005). La dispersion de cette espèce peut passer par la flottaison et la dérive, plus ou moins longue dans les courants superficiels de ses habitats, de ses parties végétatives auxquelles les graines sont toujours attachées (Mannino et al., 2015). Les graines, une fois la plante morte après l'assèchement de la lagune, peuvent également être dispersées par le vent, de même que certaines espèces d'oiseaux contribuent à leur dispersion après leur ingestion (Mannino et al., 2015). La dispersion longue distance resterait malgré tout rare. Dans les milieux temporaires l'espèce est annuelle et ses populations ne prospèrent que par le biais de la banque de graines renflouée chaque année.

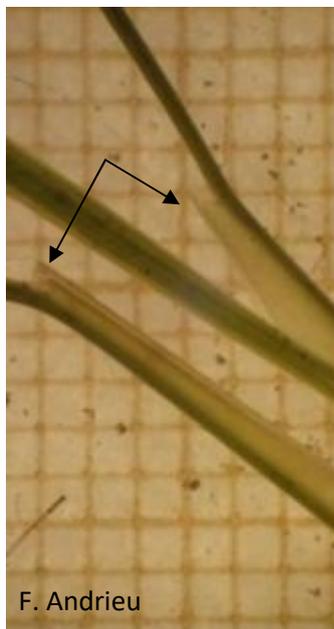
Statut de protection : La *Ruppia spiralee* ne bénéficie pas de statut de protection en France.





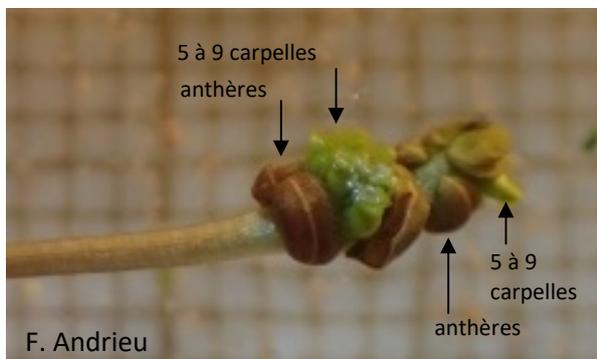
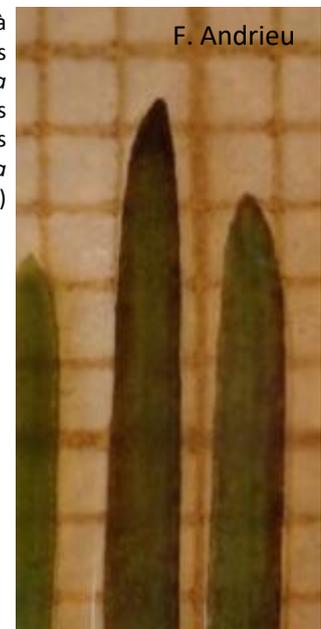
Jeune inflorescence enchâssée dans les gaines des feuilles. Le pédoncule n'est pas encore développé.

Pédoncule fructifère très long*, de (2) 4-20 cm, et le plus souvent spiralé, à fruits pédicellés ou sessiles (comme chez *R. maritima*)



Gaine à ligule courte et arrondie*, comme chez *R. maritima*

Feuilles linéaires de 0,8 à 1 mm de large, à extrémité faiblement aiguë, plus abruptement rétrécie que chez *R. maritima* et légèrement dentée. Feuilles avec des mélanocytes d'où aspect généralement plus sombre que les feuilles d'*Althenia* (dépourvues de mélanocytes et bien vertes)



Inflorescence à 2 fleurs alternes et distiques réduites à des anthères* et 5 à 8 (9) carpelles*



Akène (fruit) ouvert et ayant germé : base* peu asymétrique et extrémité à rostre* assez effilé

Ruppia maritima L.

La Rupelle ou Ruppie maritime (*Ruppia maritima*) est une plante à fleur de la famille des Ruppiales, anciennement membre de la famille des Potamogetonaceae. Comme *R. cirrhosa*, la taxinomie de *R. maritima* a été de nombreuses fois remaniée, ainsi *R. maritima* var. *maritima* et *R. maritima* var. *brevirostris* C. Agardh, distingués par la longueur des stipes des fruits sont considérés comme des synonymes par les Flores modernes (Tison & Foucault, 2014).

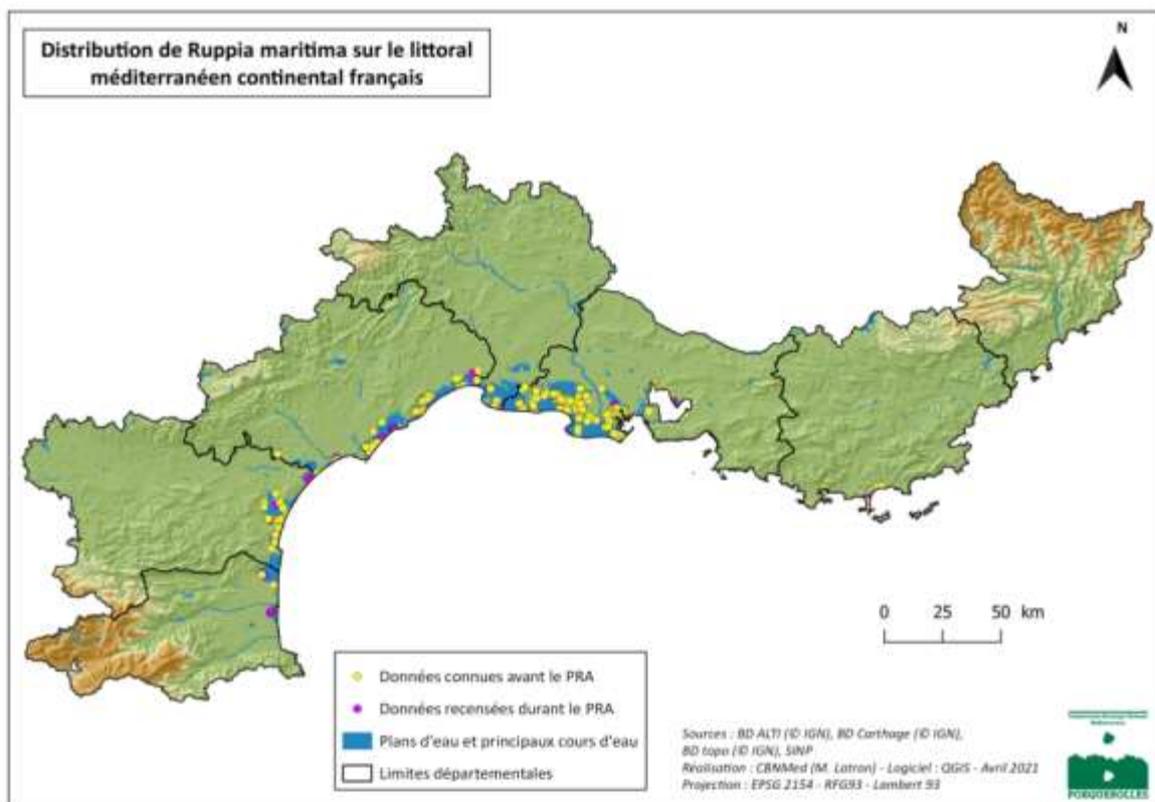
Répartition : Dans la littérature scientifique on retrouve la Ruppie maritime dans les lagunes et les lacs salés sur la quasi-totalité du globe, à la fois le long des côtes mais aussi à l'intérieur des terres (Green & Short 2003 dans den Hartog & Triest, 2020; Verhoeven, 1979; Yu et al., 2009). Il s'agit de la Ruppie présentant la distribution la plus large répertoriée. L'étude de den Hartog & Triest (2020) discute cependant l'idée d'une répartition si large en remettant en cause la bonne identification au sein du genre *Ruppia* à travers le globe et notamment pour *Ruppia maritima*. Ici nous nous baserons sur la nomenclature de *Flora Gallica* (Tison & de Foucault, 2014) et nous concentrerons sur son écologie et son cycle de vie dans des milieux temporaires.

Écologie et cycle de vie : Hydrophyte annuelle à vivace, cette espèce vit à des profondeurs plus faibles que *R. cirrhosa*, 0,7 m maximum, dans des lagunes de taille variable ou des zones de lagunes subissant de grands écarts de salinité, de températures et de luminosité et pouvant s'assécher l'été pour certaines (Verhoeven, 1979). Ces zones lagunaires sont souvent fortement influencées par les arrivées d'eau douce mais on la retrouve également dans certains étangs salés. Ainsi on peut la trouver communément dans des eaux allant de 0,84 à 13,5 pour mille de salinité et parfois, plus rarement dans des milieux allant jusqu'à 15 pour mille de salinité (Verhoeven, 1979). Le taux de salinité le plus élevé recensé dans les milieux accueillant *R. maritima* était de 42 pour mille dans des salines de Camargue (Verhoeven, 1979) mais il semblerait qu'elle puisse dans des cas extrêmes survivre dans des milieux pouvant aller jusqu'à 160 à 390 pour mille de salinité (Murphy et al., 2003). On retrouve *R. maritima* sur des sols divers, fond de lagune de type argile organique, fond sableux ou fond d'argile pure (Verhoeven, 1979). Cette espèce colonise régulièrement les habitats instables et temporaires typiques des anciennes salines abandonnées (Mannino et al., 2015).

Son cycle de vie est influencé par les conditions environnementales, notamment la température, et il est plus court dans les milieux temporaires (Mannino et al., 2015). La fécondation se passe entièrement sous l'eau la plupart du temps mais peu également avoir lieu en surface lorsque les niveaux d'eau sont bas (Mannino et al., 2015; Verhoeven, 1979). Elle se fait majoritairement, voire totalement par autofécondation. Une bulle entoure les pistils de la fleur et le pollen libéré par les étamines de la même inflorescence va se mouvoir à la surface de cette bulle et féconder les pistils (Mannino et al., 2015; Verhoeven, 1979). La

fructification est plus abondante dans les milieux temporaires (Mannino et al., 2015; Verhoeven, 1979). La dessiccation dans les milieux temporaires induit la dormance des graines qui en sortent au moment de la remise en eau des lagunes. Tout comme pour *R. cirrhosa*, *R. maritima* est dépendante de sa banque de graines dans les milieux temporaires. Les graines résistent très bien à la dessiccation ainsi qu'à l'ingestion par des oiseaux ou des poissons (Mannino et al., 2015). Le passage par le système digestif des oiseaux peut avoir, en plus de participer à une dispersion longue distance, un effet positif sur leur viabilité et/ou leur taux de germination (Figuerola et al., 2002). Si la dispersion longue distance est rare pour *R. maritima* elle peut être très importante pour la diversité allélique des populations d'espèces à reproduction majoritairement clonale ou autofécondante. *R. maritima* est très sensible à l'eutrophisation de son milieu et peut en être exclue dans le cas d'une trop forte prolifération d'algues filamenteuses (Mannino et al., 2015).

Statut de protection : La Ruppie maritime ne bénéficie pas de statut de protection en France.





F. Andrieu

Pédoncule fructifère court, < 5 cm



F. Andrieu

Pédoncule fructifère court, à fruits pédicellés ou sessile (comme chez *R. cirrhosa*)



F. Andrieu

Comme *R. cirrhosa*, gaine terminée par une ligule* courte et arrondie

Par rapport à *R. cirrhosa*, feuilles plus étroites (0,2 à 0,5 mm de large), à extrémité plus aiguë et finement dentée. Présence de mélanocytes comme *R. cirrhosa*



F. Andrieu



F. Andrieu

Comme *R. cirrhosa*, absence* d'écaille au milieu des entre-nœuds du stolon (contrairement à *Althenia filiformis*). Stolon plus épais que chez *Althenia*

1. Charophytes

Lamprothamnium papulosum (K. Wallroth) J.Groves

Lamprothamnium papulosum est une plante de la famille des Characeae (Algues).

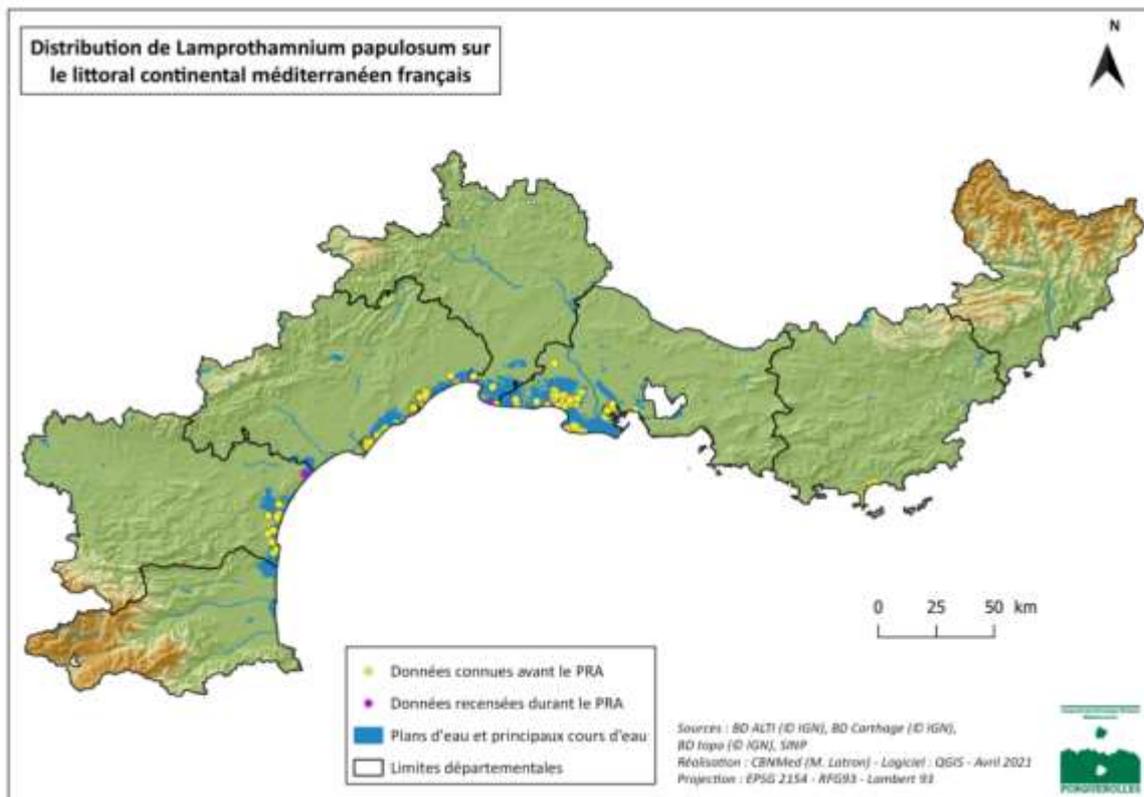
Répartition : *L. papulosum* est présent sur les côtes d’Afrique, d’Europe, d’Asie et également en Australie (Blindow & Langangen, 1995; Casanova et al., 2011; Guerlesquin, 1992; Muller et al., 2017). En Europe il est distribué de la Scandinavie au bassin méditerranéen (Muller et al., 2017).

Écologie et cycle de vie : C’est une espèce typique des eaux saumâtres à salées. Elle est inféodée aux milieux lagunaires permanents et temporaires, ainsi qu’aux lacs salés endoréiques plus à l’intérieur des terres en Espagne et au Maroc (Muller et al., 2017). Elle colonise les baies (exemple en mer Baltique) et les lagunes peu profondes (cas sur la côte méditerranéenne française), 1 à 2 m de profondeur maximum (Blindow & Langangen, 1995). Si l’espèce mesure en moyenne 5 à 15 cm de hauteur dans les milieux peu profond elle peut atteindre les 40 cm dans ses habitats les plus profonds (Muller et al., 2017). *L. papulosum* affectionne les eaux dont la salinité moyenne varie de 4 à 75 pour mille, et elle est l’espèce de Characée la plus résistante au sel (Bisson & Kirst, 1980; Muller et al., 2017). *L. papulosum* pousse préférentiellement sur des sols légèrement meubles mais reposant sur des couches de vase denses, compactes et salées. Les milieux temporaires colonisés par l’espèce sont très instables et cette dernière supporte les fortes variations des niveaux d’eau qui vont de pair avec de fortes variations de la salinité, elle supporte aussi les fortes températures lors des phases d’évaporation des lagunes et peut s’acclimater à des faibles teneurs en oxygène dissous ce qui est souvent le cas dans les lagunes temporaires (Guerlesquin, 1992).

Principalement lié aux milieux temporaires *L. papulosum* présente un cycle de vie assez court. Ses graines germent dans des eaux à faible salinité et dans des conditions de température douce, souvent au début du printemps lorsque les pièces d’eau se réchauffent et ne sont pas encore marquées par l’évaporation estivale (Guerlesquin, 1992). En fin de saison la salinité de ces pièces d’eau temporaire peut dépasser celle de l’eau de mer. Les individus qui ont germé deviennent matures en trois à quatre mois (Guerlesquin, 1992).

Si l’espèce supporte parfaitement le caractère erratique de son environnement elle supporte difficilement l’eutrophisation et ainsi la prolifération d’algues filamenteuses dans les lagunes peut entraîner sa disparition dans certaines stations (Blindow & Langangen, 1995).

Statut de protection : *L. papulosum* bénéficie d’un statut de protection en ex région Aquitaine.





Rameau fructifère

F. Andrieu



Rameau végétatif, noter les stipulodes longues et dirigées vers la base

F. Andrieu



anthéridie

oogone

F. Andrieu

Organes reproducteurs avec l'anthéridie (organe mâle), positionnée au-dessus de l'oogone (organe femelle).



F. Andrieu

Oosphère (oogone mature)

Tolypella salina R. Corillion.

Tolypella salina est une petite algue de la famille des Characeae peu ramifiée de 5 cm de long en moyenne, pouvant atteindre 12 cm (Comelles, 1986; Lambert et al., 2013). C'est une espèce découverte et décrite récemment par Corillion en Vendée en 1960.

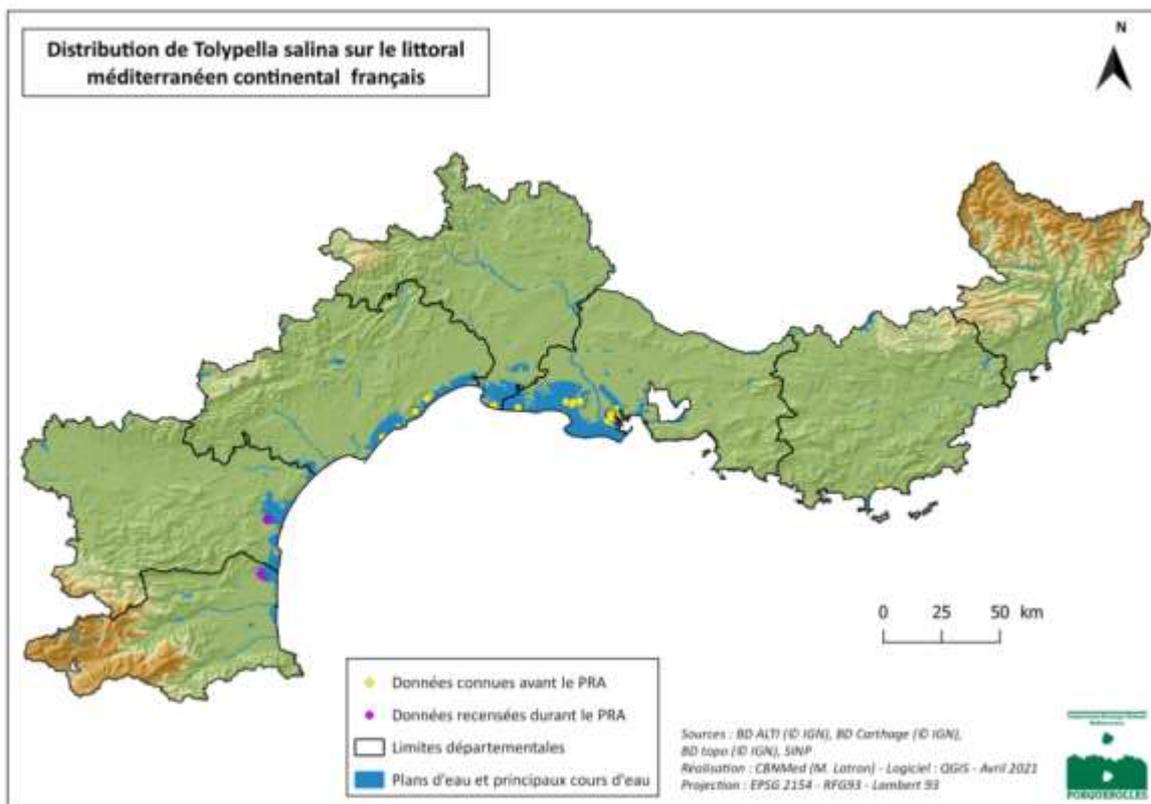
Répartition : Découverte en Vendée, des stations de l'espèce sont connues sur les façades atlantique et méditerranéennes en Espagne et en France ainsi qu'en Grèce (Becker, 2019; Blaženčić et al., 2006; Cirujano et al., 2008; Comelles, 1986; Desmots & Le Bail, 2011; Mouronval et al., 2009).

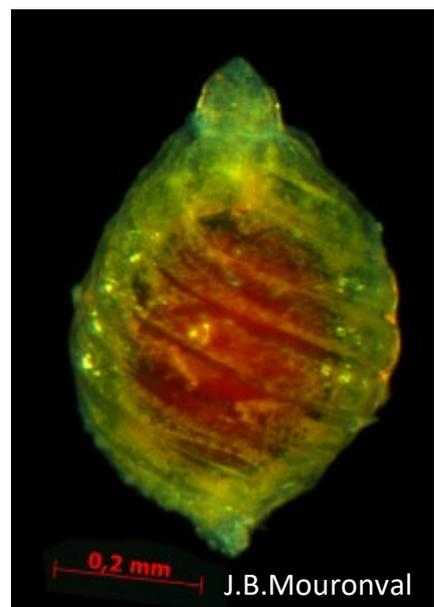
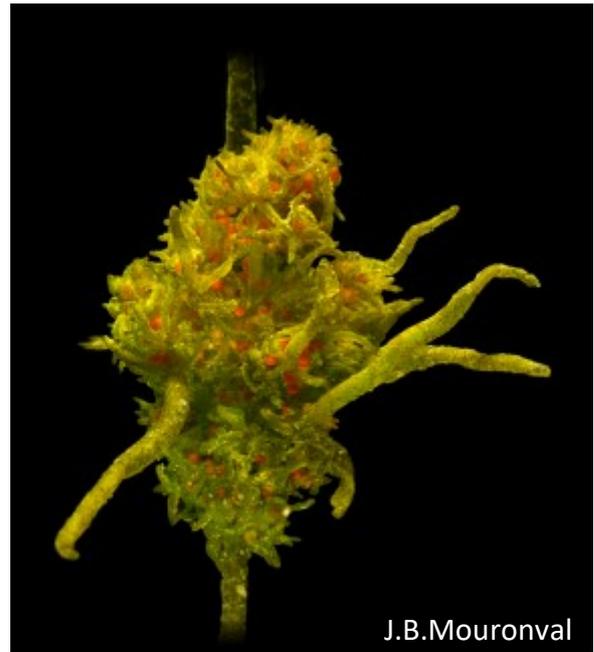
Écologie et cycle de vie : *Tolypella salina* s'observe dans des plans d'eau saumâtre à fond plat et très peu profonds, de quelques centimètres à quelques dizaines de centimètres sur les côtes et à l'intérieur des terres (0,5-0,7m maximum ; (Cirujano Bracamonte et al., 2013; Cirujano et al., 2008; Comelles, 1986; Lambert et al., 2013). Dans les habitats plus profonds il est possible de trouver l'espèce en bordure du plan d'eau dans une échelle de profondeur de quelques cm (4-13cm ; Cirujano & Longas, 1989). Les stations méditerranéennes sont moins profondes que les stations Atlantique. Elles présentent un fonctionnement principalement endoréique et peuvent s'assécher en été sous l'influence de la chaleur et du vent (Becker, 2019; Comelles, 1986). La salinité des plans d'eau colonisés est variable, allant de milieux hypohalins à hyperhalins (Cirujano Bracamonte et al., 2013). La salinité peut varier ainsi de 0,8 à 250 g/L en fonction des localités et de la saisonnalité (Lambert et al., 2013) ; de plus la concentration en sel varie en lien avec l'arrivée d'eau douce au moment des pluies automnales et avec l'évaporation estival (Cirujano Bracamonte et al., 2013; Cirujano et al., 2008; Cirujano & Longas, 1989; Comelles, 1986). De nombreuses stations connues en France sont sur d'anciens salins, dans des situations écologiques susceptibles d'être instables (en transition) après l'abandon des activités salinières. L'espèce, pionnière, semble peu compétitrice (Cirujano & Longas, 1989) et les milieux qu'elle colonise peuvent être sujets à de nombreuses perturbations comme l'eutrophisation, la pollution, le comblement, etc. qui pourraient être à l'origine de la disparition de plusieurs stations (Cirujano Bracamonte et al., 2013). Lambert et al. (2013) ont observé l'espèce sur des sols présentant une couche de limon dur et au-dessus de laquelle se trouvait, ou non, une couche peu épaisse de limon lisse et meuble (<0,5cm). Ce limon peut être sablo-argileux tendant plus vers le sable que l'argile ou, plus rarement, totalement argileux.

T. salina présente un cycle de vie court adapté aux milieux à mise en eau temporaire et assèchement annuel (Comelles, 1986). Cette espèce dépend pour sa germination d'un apport d'eau douce qui atténue la salinité de la masse d'eau. La reproduction de l'espèce semble en revanche ne pas être impactée négativement par l'augmentation de la salinité au cours de la saison d'assèchement, au contraire de *T. glomerata* et *T. nidifica* (Lambert et al., 2013), deux espèces observées dans les lagunes littorales. Les graines forment une banque

de semences viables pendant plusieurs années dans le sol, en dormance jusqu'à la remise en eau de la lagune (Cirujano Bracamonte et al., 2013).

Statut de protection : Elle est **protégée au niveau national**





***Riella helicophylla* (Bory & Mont.) Mont.**

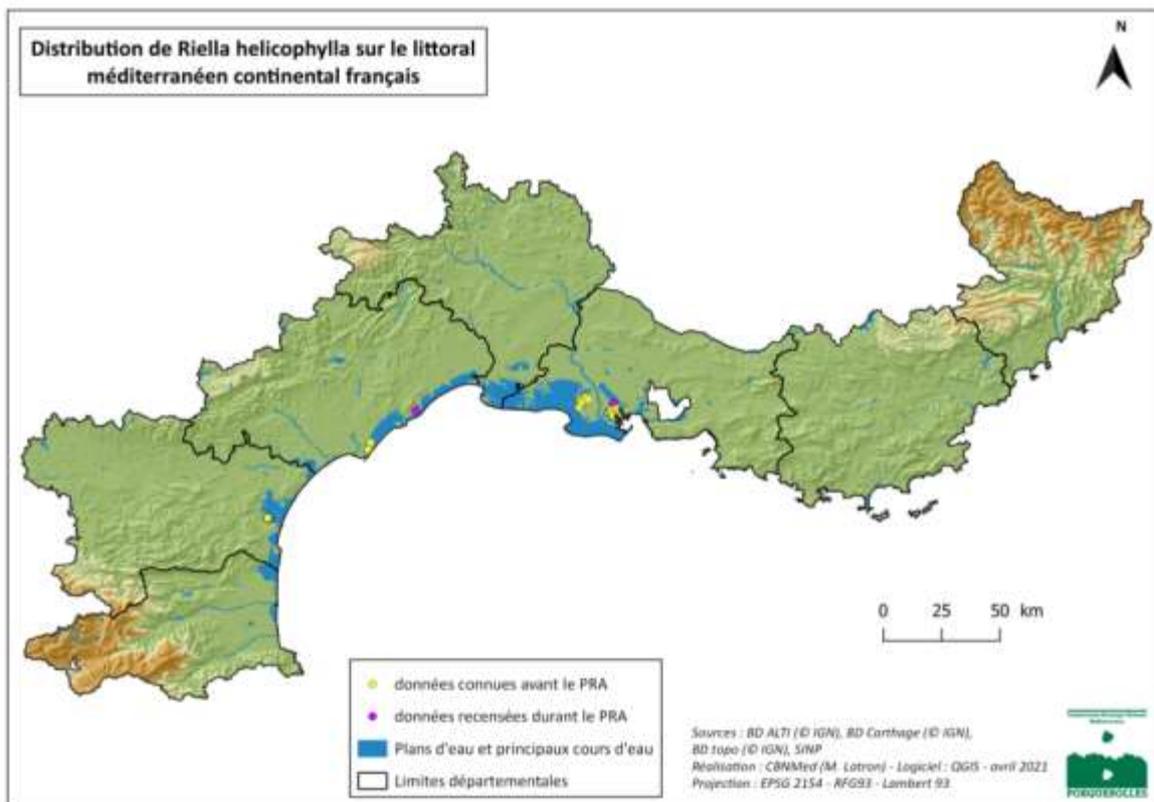
Riella helicophylla est une petite Bryophyte (ordre des Sphaerocarpales, famille des Riellaceae). C'est une plante de très petite taille (2-3 cm) (Rapport 2013 Valat).

Répartition : On la retrouve essentiellement en méditerranéenne, notamment en Espagne, France, Portugal et à Malte, en Algérie et en Asie mineure (Cirujano et al., 1988 ; <http://eunis.eea.europa.eu/species/5365/sites>). Si de nombreuses stations sont connues en Espagne (Cirujano et al. 1988) elle reste peu référencée ailleurs. De plus l'espèce est parfois pointée par erreur du fait de la confusion avec une espèce proche, *Riella notarisii*. Elle a été découverte récemment au Caban et quelques rares autres stations sont connues en France (Mouronval et al. 2009, SINP Occitanie, SINP PACA).

Écologie et cycle de vie : *R. helicophylla* est une espèce aquatique, vivant dans les eaux saumâtres à hyperhalines littorales en France ou de l'intérieur des terres. Elle se rencontre dans des milieux peu profonds (quelques cm à 1 m maximum) et peu turbides (espèce héliophile, très tolérante à de fortes intensités lumineuses ; Conde-Alvarez et al. 2002), à inondation temporaire, à salinité variable d'une année à l'autre mais également au sein d'une même année hydrologique (trouvée dans des gradients allant de 2 à 190 g/l, la salinité minimale moyenne étant de 10g/l) et à couvert végétal faible (Grillas et al., 2004). Les types de substrats sur lesquels on la retrouve sont vaseux, sableux ou argileux est fréquemment neutre à basique (pH variant de 7 à 8,5 environ). L'espèce se retrouve donc dans des mares temporaires saumâtres, des lagunes temporaires ou encore sur les bords de lacs saumâtres à hyperhalins ou les bords d'estuaires.

R. helicophylla est une espèce annuelle dioïque, à tissu mou, formée d'un thalle dressé, composé d'un axe principal portant d'un côté une aile membraneuse monostrate plus ou moins ondulée et de l'autre de petites écailles lancéolées. L'aile plus ou moins hélicoïde se trouve, le plus souvent, réduite à l'état de fragments peu reconnaissables, du fait de sa fragilité et de perturbations diverses ainsi que de la prédation par des invertébrés phytophages. Le thalle est ancré dans le substrat grâce à ses nombreux rhizoïdes. Les plantes mâles portent des anthéridies très petites, disposées en rang sur la marge de l'aile membraneuse du thalle. Les plantes femelles portent, à maturité, des capsules appelés utricules au sommet du thalle (en forme de bouteille), protégées par un involucre membraneux. Les spores sont libérées à la décomposition de la paroi de l'utricule en fin de saison. L'utricule, normalement attaché au pied femelle, peut présenter une certaine indépendance vis-à-vis de ce dernier lorsque les conditions sont très défavorables et conduisent à la disparition prématurée du pied (sécheresse, prédation, etc.). L'utricule continue alors à se développer de façon totalement indépendante permettant la maturation des spores. Les spores survivent ensuite dans la croûte de sel de la pièce d'eau asséchée et croissent une fois les conditions favorables (Grillas et al., 2004).

Statut de protection : **Protégée en France** (arrêté du 23 mai 2013, publié au J.O. du 7 juin 2013) ; **inscrite à l'annexe II de la Directive Habitats Faune Flore 92/43/CEE** du 21 mai 1992





Utricule des pieds femelle émergeant d'une plaque de limon extraite du fond de la lagune

F. Andrieu



F. Andrieu

Pied mâle



F. Andrieu

Pied femelle

Bibliographie

du guide des macrophytes typiques des lagunes temporaires méditerranéennes

- Angiosperm Phylogeny Group. (2003). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants : APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 141, 399–436.
- Becker, R. (2019). The Characeae (Charales, Charophyceae) of Sardinia (Italy): habitats, distribution and conservation. *Webbia*, 74(1), 83–101. <https://doi.org/10.1080/00837792.2019.1607497>
- Bisson, M. A., & Kirst, G. O. (1980). Lamprothamnium, a euryhaline charophyte I. Osmotic relations and membrane potential at steady state. *Journal of Experimental Botany*, 31(5), 1223–1235. <https://doi.org/10.1093/jxb/31.5.1223>
- Blaženčić, J., Stevanović, B., Blaženčić, Ž., & Stevanović, V. (2006). Distribution and ecology of charophytes recorded in the West and Central Balkans. *Cryptogamie, Algologie*, 27(4), 311–322.
- Blindow, I., & Langangen, A. (1995). The charophyte Lamprothamnium papulosum in Sweden. *Svensk Botanisk Tidskrift*, 89(3), 171–174.
- Casanova, M. T., Bradbury, S., & Ough, K. (2011). Morphological variation in an Australian species of Lamprothamnium (Characeae , Charophyceae) in response to different salinities. *Charophytes*, 2(2), 87–92. <https://doi.org/10.13140/2.1.1600.5762>
- Cirujano Bracamonte, S., Guerrero Maldonado, N., & García Murillo, P. (2013). The genus Tolypella (A. Braun) A. Braun in the Iberian Peninsula. *Acta Botanica Gallica*, 160(2), 121–129. <https://doi.org/10.1080/12538078.2013.801321>
- Cirujano, S., Montes, C., Martino, P., Enríquez, S., & García Murillo, P. (1988). Contribución al estudio del género Rzella Mont. (*Sphaerocarpaceae*, *Riellaceae*) en España. *Limnética*, 4, 41–50.
- Cirujano, Santos, Cambra, J., Sánchez Castillo, P. M., Meco, A., & Flor Arnau, N. (2008). *Flora ibérica Algas continentales. Carófitos (Characeae)*(Real Jardí).
- Cirujano, Santos, & Longas, J. F. (1989). Notas Breves - Tolypella salina Corillon en la laguna de Carralogramo (Alava). *Anales Jardín Botánico de Madrid*, 45(2).
- Comelles, M. (1986). *Tolypella salina* Corillon, caroficea nueva para España. *Anales Del Jardín Botánico de Madrid*, 42(2), 293–298.
- Conde-Álvarez, R. M., Pérez-Rodríguez, E., Altamirano, M., Nieto, J. M., Abdala, R., Figueroa, F. L., & Flores-Moya, A. (2002). Photosynthetic performance and pigment content in the aquatic liverwort *Riella helicophylla* under natural solar irradiance and solar irradiance without ultraviolet light. *Aquatic Botany*, 73(1), 47–61. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(02\)00007-4](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(02)00007-4)

- Cook, C. D. K., & Guo, Y. H. (1990). A contribution to the natural history of *Althenia filiformis* Petit (Zannichelliaceae). *Aquatic Botany*, 38, 261–281. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(90\)90010-I](https://doi.org/10.1016/0304-3770(90)90010-I)
- den Hartog, C., & Triest, L. (2020). A profound view and discourse on the typification and status of three confused taxa: *Ruppia maritima*, *R. spiralis* and *R. cirrhosa*. *Botanica Marina*, 63(3), 229–239. <https://doi.org/10.1515/bot-2019-0045>
- Desmots, D., & Le Bail, J. (2011). Redécouverte de *Tolypella salina* R. Cor., 1960 en Pays de la Loire. *E.R.I.C.A.*, 24, 31–36.
- Duval-Jouve, M. J. (1872). Sur Une Nouvelle Espèce D'althenia (*Alth. Barrandonii* Duv L.). *Bulletin de La Societe Botanique de France*, 19(10), LXXXVI–LXXXIX. <https://doi.org/10.1080/00378941.1872.10829881>
- Fernald, M. L., & Wiegand, K. M. (1914). The genus *Ruppia* in eastern north America. *Rhodora*, 16(187), 119–127.
- Figuerola, J., Green, A. J., & Santamaría, L. (2002). Comparative dispersal effectiveness of wigeongrass seeds by waterfowl wintering in south-west Spain: Quantitative and qualitative aspects. *Journal of Ecology*, 90(6), 989–1001. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2002.00734.x>
- Garcia Murillo, P., & Talavera, S. (1986). El género *Althenia* Petit. *Lagascalia*, 14(1), 102–114.
- Gargominy, O., Terceirie, S., Régnier, C., Ramage, T., Dupont, P., Vandiel, E., Daszkiewicz, P., Léotard, G., Courtecuisse, R., Canard, A., Lévêque, A., Leblond, S., De Massary, J.-C., Jourdan, H., Dewynter, M., Horellou, A., Noël, P., Noblecourt, T., Comolet, J., ... Lebouvier, M. (2018). *TAXREF v12.0, référentiel taxonomique pour la France*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.
- Gesti, J., Badosa, A., & Quintana, X. D. (2005). Reproductive potential in *Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande in response to water permanence. *Aquatic Botany*, 81(3), 191–198. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2004.11.005>
- Grillas, P., Gauthier, P., Yavercovski, N., & C., P. (2004). *Les mares temporaires méditerranéennes Volume 2 Fiches espèces*.
- Guerlesquin, M. (1992). Systématique et biogéographie du genre *Lamprothamnium* (Characées) Caractéristique des biotopes aquatiques saumâtres. *Revue Des Sciences de l'eau*, 5(3), 515_430.
- Jeanmonod, D., & Gamisans, J. (2013). *Flora Corsica 2nd ed.* (Soc. bot. Centre-Ouest (ed.)).
- Lambert, E., Desmots, D., Le Bail, J., Mouronval, J. B., & Felzines, J. C. (2013). *Tolypella salina* R. Cor. on the French Atlantic coast: Biology and ecology. *Acta Botanica Gallica*, 160(2), 107–119. <https://doi.org/10.1080/12538078.2013.823105>
- Lefebvre, G., Davranche, A., Willm, L., Campagna, J., Redmond, L., Merle, C., Guelmami, A., & Poulin, B. (2019). Introducing WIW for detecting the

- presence of water in wetlands with landsat and sentinel satellites. *Remote Sensing*, 11(19), 2210. <https://doi.org/10.3390/rs11192210>
- Mannino, A. M., Menéndez, M., Obrador, B., Sfriso, A., & Triest, L. (2015). The genus *Ruppia* L. (Ruppiaceae) in the Mediterranean region: An overview. *Aquatic Botany*, 124, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2015.02.005>
- Mouronval, J. B., Olivier, A., & Galewski, T. (2009). *LES HYDROPHYTES DU SALIN DU CABAN*.
- Muller, S. D., Rhazi, L., & Soulie-Märsche, I. (2017). Diversity and Distribution of Characeae in the Maghreb (Algeria, Morocco, Tunisia). *Cryptogamie, Algologie*, 38(3), 201–251. <https://doi.org/10.7872/crya/v38.iss3.2017.201>
- Murphy, L. R., Kinsey, S. T., & Durako, M. J. (2003). Physiological effects of short-term salinity changes on *Ruppia maritima*. *Aquatic Botany*, 75(4), 293–309. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(02\)00206-1](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(02)00206-1)
- Nyman. (1882). *Althenia filiformis* subsp. *barrandonii* (Duval-Jouve) Nyman. *Conspectus Florae Europaeae*, 4, 684.
- Onnis, A. (1967). Contributo alla conoscenza dell'areale e dell'erologia di *Althenia filiformis* Petit - in Sardegna. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. (Pisa) Mem.*, 74, 1–20.
- Onnis, A. (1974). *Althenia filiformis* Petit: Contributo alla conoscenza della ecologia della germinazione. *Giornale Botanico Italiano*, 108(3–4), 105–111. <https://doi.org/10.1080/11263507409426352>
- Ostenfeld, C. . H. . (1915). *Ruppia anomala* sp . nov ., an Aberrant Type of the Potamogetonaceae. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 42(12), 659–662.
- Petit, F. (1829). *Althenia*. *Annales Des Sciences d'Observation*, 1(4).
- Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A. R., Kerr, Y. H., & Sorooshian, S. (1994). A modified soil adjusted vegetation index. *Remote Sensing of Environment*, 48, 119–126.
- Tison, J.-M., & de Foucault, B. (2014). Flora Gallica - Flore de France. In *Société botanique de France*.
- Tour du Valat. (2014). *Etude sur la flore rare du Caban* :
- Tzvelev. (1975). *Althenia filiformis* subsp. *orientalis*. *Botanicheskii Zhurnal. Moscow & Leningrad [St. Petersburg]*, 60(3), 390.
- Verhoeven, J. T. A. (1975). *Ruppia* communities in the Camargue, France. Distribution and structure in relation to salinity and salinity fluctuations. *Aquatic Botany*, 1, 217–241.
- Verhoeven, J. T. A. (1979). The ecology of *Ruppia* dominated communities in western Europe. I. Distribution of *Ruppia* representatives in relation to their autecology. *Aquatic Botany*, 6, 197–268.
- Yu, S., Cui, M. Y., Liu, B., Wang, X. Y., & Chen, X. Y. (2009). Development and characterization of microsatellite loci in *Ruppia maritima* L. (Ruppiaceae). *Conservation Genetics Resources*, 1(1), 241–243. <https://doi.org/10.1007/s12686-009-9059-y>

Annexe 2 : Protocole de suivi hydrologique

Les suivis hydrologiques doivent se faire toujours au même point de coordonnées GPS afin que les observations au cours d'une même année hydrologique soient comparables et donne une idée fiable de l'évolution des niveaux d'eau.

Protocole :

Dans un premier temps

- Choisir, de préférence, un point qui soit éloigné de la bordure de la lagune pour qu'il soit en eau le plus longtemps possible et ainsi que l'on suive l'évolution des niveaux d'eau jusqu'à l'assèchement total de la lagune

Dans un second temps, faire des relevés mensuels de :

- La hauteur d'eau
- La salinité
- La conductivité
- La température
- La transparence

Les relevés doivent débuter dès la période de mise en eau à l'automne (septembre à novembre) et se poursuivre jusqu'à assèchement total de la lagune. Il est conseillé de réaliser au minimum un relevé par mois.

Matériel :

- grande règle de 1,5 m ;
- conductimètre ;
- tube de transparence ;
- waders ;
- fiche de relevé papier (page suivante) / les relevés peuvent également être saisis sur tablette ou téléphone grâce à un formulaire ODK développé dans le cadre du PRA en concertation avec le pôle relais lagunes.

LAGUNE	
Zone d'étude :	
Site :	
Station n°:	
Point GPS du relevé :	
X (WGS84) :	X (L93) :
Y (WGS84) :	Y (L93) :
En eau?	
Oui - Non	
Visibilité :	
Bonne/moyenne/mauvaise	

RELEVÉ
Date:
Heure:
Météo:
Observateurs:
Remarques:

PARAMETRES
Hauteur d'eau (cm):
Conductivité (mS/cm):
Salinité (g/l):
Température (°C):
Transparence de l'eau (tube turbidité Del Agua : NTU) :

MACROPHYTES (observation rapide)
Présence de macrophytes?
Oui - Non
Espèces observées:

Annexe 3 : Protocole de suivi des macrophytes

Le suivi macrophytes doit se faire au moment de la reproduction des herbiers, moment le plus propice pour différencier certaines espèces (entre mars et mai). Au total 1.6 m² sont prospectés exhaustivement sur une surface de 200 m² (les pièces d'eau doivent donc présenter une surface d'au moins 200 m²). Il est possible d'effectuer plusieurs relevés au sein d'une même lagune si celle-ci est très grande.

Il est nécessaire de bien noter le point GPS central du relevé pour que celui-ci soit reproductible à long terme. La répétition du relevé permettra de contrôler l'évolution de l'herbier dans le temps, soit au sein d'une seule année hydrologique dans le cadre d'une étude des successions végétales, soit entre plusieurs années pour comparer la composition de l'herbier au cours du temps.

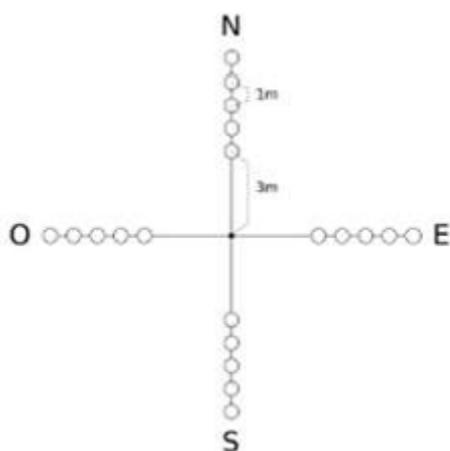


Figure 1 : Schématisation d'un relevé macrophytes avec 20 points de contacts.

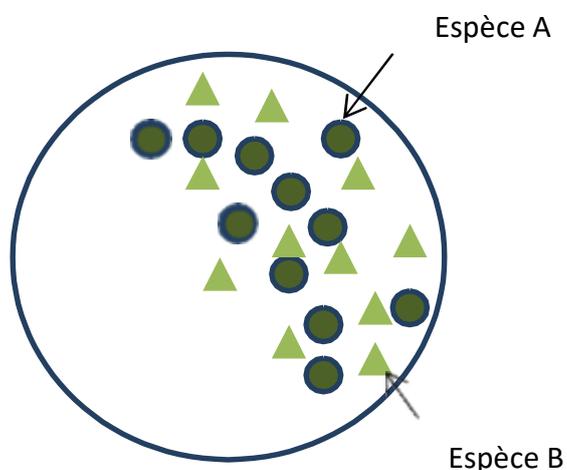


Figure 2 : Relevés de végétation au niveau de chacun des points contacts.

La figure 1 présente le schéma d'un échantillonnage :

- A partir du point central dont les coordonnées GPS sont relevées, effectuer cinq points contact le long de chaque transect orienté vers les quatre grands points cardinaux (Nord, Sud, Est, Ouest).
- Pour chaque transect, s'éloigner de 3 mètres du point central et effectuer le premier relevé ; une distance d'un mètre doit être respectée entre chaque point contact.

La figure 2 présente le relevé au niveau des points contacts :

- A l'aide de l'aquascope faire le relevé précis du pourcentage de recouvrement total de l'herbier.
- Relever le recouvrement relatif de chaque espèce au sein du recouvrement total. Dans le schéma d'exemple de la figure 2, le recouvrement total de l'herbier est de 50% et les recouvrements relatifs des espèces A et B sont de 50% chacun. La somme de tous les recouvrements relatifs doit donc être égale à 1. A l'aide d'un calcul simple

il sera ensuite possible d'obtenir le recouvrement réel de chacune des espèces grâce au recouvrement total de l'herbier et aux recouvrements relatifs.

Matériel :

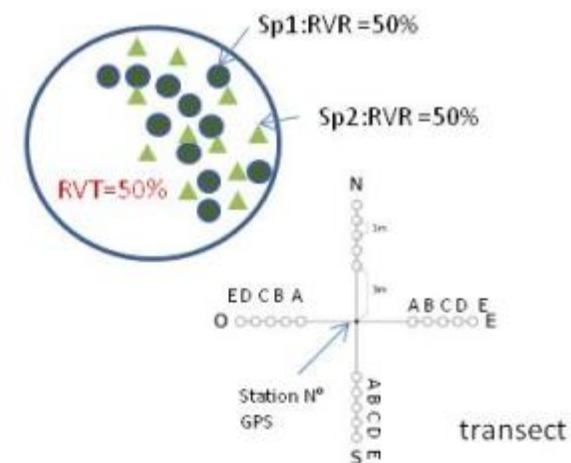
- aquascope (30 cm de diamètre) ;
- fiche de relevé (page suivante)

Recommandations :

- Faire les relevés lorsque le vent est de faible intensité.
- Effectuer les points contacts dans le sens inverse du vent pour éviter d'augmenter la turbidité sur les points contacts suivants avec des particules en suspension.
- Choisir la période de relevé en fonction des niveaux d'eau et, si possible, du développement des herbiers.

MACROPHYTES

LAGUNE n°:	code:	Date:	PARAMETRES EAU
Zone d'étude:		Heure:	Profondeur eau (cm):
Site:		Observateurs:	
Visibilité: Bonne/moyenne/mauvaise		Portance sédiment:	Conductivité:
Recouvrement global de la zone: Hétérogène/moy homogène/homogène		Couleur:	Salinité:
Sédiment: débris coquille : oui – non Vaseux/sablo-vaseux/sableux		Remarques :	Température:
			Transparence de l'eau (TU):
			Coordonnées GPS
			X:
			Y:
			Code :



Recouvrement total de la végétation (RVT)

Recouvrement relatif des espèces au sein de la végétation (la somme doit faire 100 %)

Espèces (RVR relatif) *	RECOUVREMENTS																			
	NORD					SUD					EST					OUEST				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E

* : renseigner si prélèvement (P), individus majoritairement au stade végétatif (V), floraison (F), en graine/spores (G)

Annexe 4 : Protocole de validation du modèle de télédétection

Les prospections macrophytes doivent se faire, autant que faire se peut, au moment de la reproduction des herbiers, moment le plus propice pour différencier certaines espèces (entre mars et mai). Les lagunes temporaires étant peu profondes, elles peuvent être prospectées à pied.

Prospections partielles – Protocole PRA 2020

Protocole :

- Dans le cas des petites lagunes, elles seront visitées entièrement en faisant bien attention à en faire le tour et à passer en son centre. Dans le cas des lagunes plus grandes le protocole « sablier » est mis en place comme montré figure 1 (1/4 du pourtour de la lagune est prospecté, la prospection se poursuit sur une première diagonale passant par le centre de la lagune et finissant sur le bord opposé, de nouveau 1/4 du pourtour est prospecté de l'autre côté de la lagune et la prospection se termine sur une deuxième diagonale passant par le centre et revenant au point de départ de la prospection)
- Le temps de prospection initial est de 10 minutes. Si au moins un macrophyte est trouvé, ce temps de prospection est étendu à 15 minutes, et si les herbiers sont étendus le temps de prospection est augmenté à 20 minutes. Il ne faut pas dépasser les 20 minutes de prospection même dans le cas d'herbiers très denses afin que l'effort d'échantillonnage reste comparable entre les lagunes du site quel que soit la taille de leur herbier.

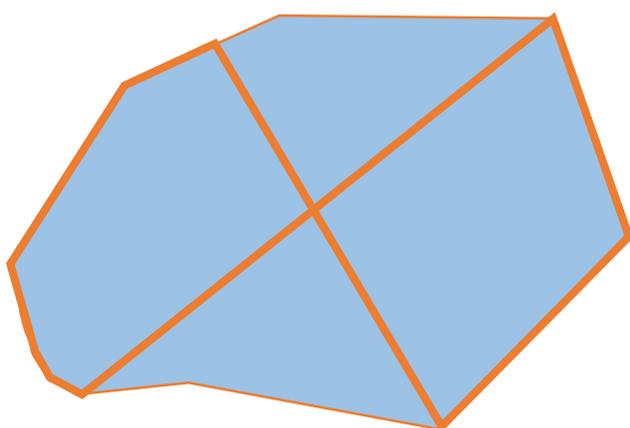


Figure 1 : Schéma représentant, en orange, le tracé « en sablier » du relevé de prospection au sein d'une lagune représentée en bleue.

Prospections exhaustive – Protocole CEN Occitanie (R. Paradis *et al*, 2020)

Protocole :

- Diviser la lagune en mailles de 20 m par 20 m (soit 400 m²).
- Parcourir chaque maille pendant un laps de temps vous semblant adéquat pour relever toutes les espèces en présence.

- Relever les indices de densité par maille (exemple de classes d'effectifs : A <10 pieds, B de 11 à 100, C de 101 à 1000, D de 1001 à 10000, E >10001). Des informations annexes peuvent aussi être relevées : la profondeur moyenne de la colonne d'eau (cm) estimée à l'aide d'un bâton gradué, le taux de recouvrement en algues (<25% ; entre 25 et 50 ; >50%).

Matériel :

- Aquascope
- Si possible, tablette ou smartphone de terrain avec application pour traçage GPS (cela permettra de connaître exactement les efforts de prospection dans la pièce d'eau).
- Formulaire de collecte de données type « ODKcollect » permettant de saisir un certain nombre de données : observateur, date, site, coordonnées GPS ainsi que les données de présence des taxons contactés.
- Waders

Recommandations :

- Veillez à ce que la prospection soit la plus homogène possible sur l'ensemble de la surface échantillonnée quel que soit le protocole.
- Il est préférable, dans le cadre d'une campagne de prospection importante, de débiter les prospections au niveau des lagunes présentant les plus faibles niveaux d'eau.
- Privilégier les jours sans vent ni pluie pour les prospections.

Bibliographie :

R. Paradis, A. Elger & M. Kleszczewski (2020). Contribution à la connaissance des herbiers aquatiques des lagunes méditerranéennes sur le site protégé des salines de Villeneuve (Hérault, 34750). *Mémoire de fin d'étude, Master 2 Biologie Végétale - Université Paul Sabatier (Toulouse)*

Annexe 5 : Protocole de relevé pédologique

Le relevé pédologique s'effectue, autant que faire se peut, au moment où la pièce d'eau se met en assec. Cette période de mise en assec permet de faire le relevé sans risque de perte de sol dans la colonne d'eau. Cette période permet également de bénéficier d'un sol encore meuble, ce qui facilite le prélèvement.

Pour mettre en relation les données des analyses pédologiques avec les données macrophytes, il est recommandé d'effectuer l'échantillonnage de sol au sein de la surface où le suivi macrophytes a été effectué.

Protocole :

- Faire plusieurs carottes de sol d'environ 5 cm de diamètre sur 5 à 10 cm de profondeur. Il faut environ 500g de sol pour faire les analyses (à préciser avec le laboratoire chargé des analyses).
- Mettre toutes les carottes d'une même lagune dans un seul sac de prélèvement.
- Mélanger l'ensemble de l'échantillonnage pour l'homogénéiser, l'analyse se fera sur l'échantillon homogénéisé et donnera des résultats moyennés pour l'ensemble de la surface d'échantillonnage.

Matériel :

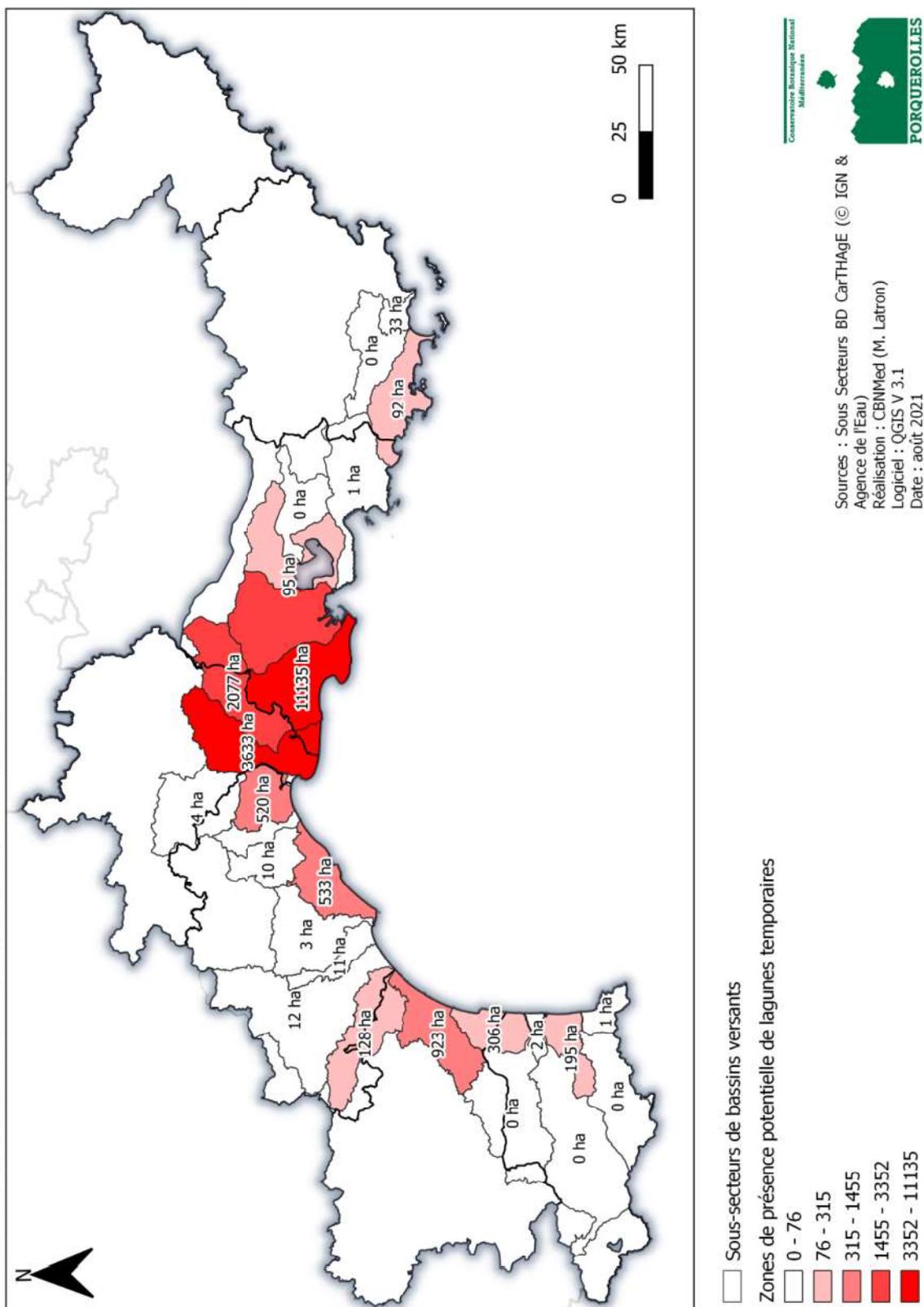
- Tube de 5 cm de diamètre (truelle ou pelle lorsque le sol est trop dur).
- Sac ziploc ou équivalent pour conserver l'échantillonnage avec toute son humidité résiduelle (possibilité de prendre des boîtes mais c'est plus encombrant).

Recommandation :

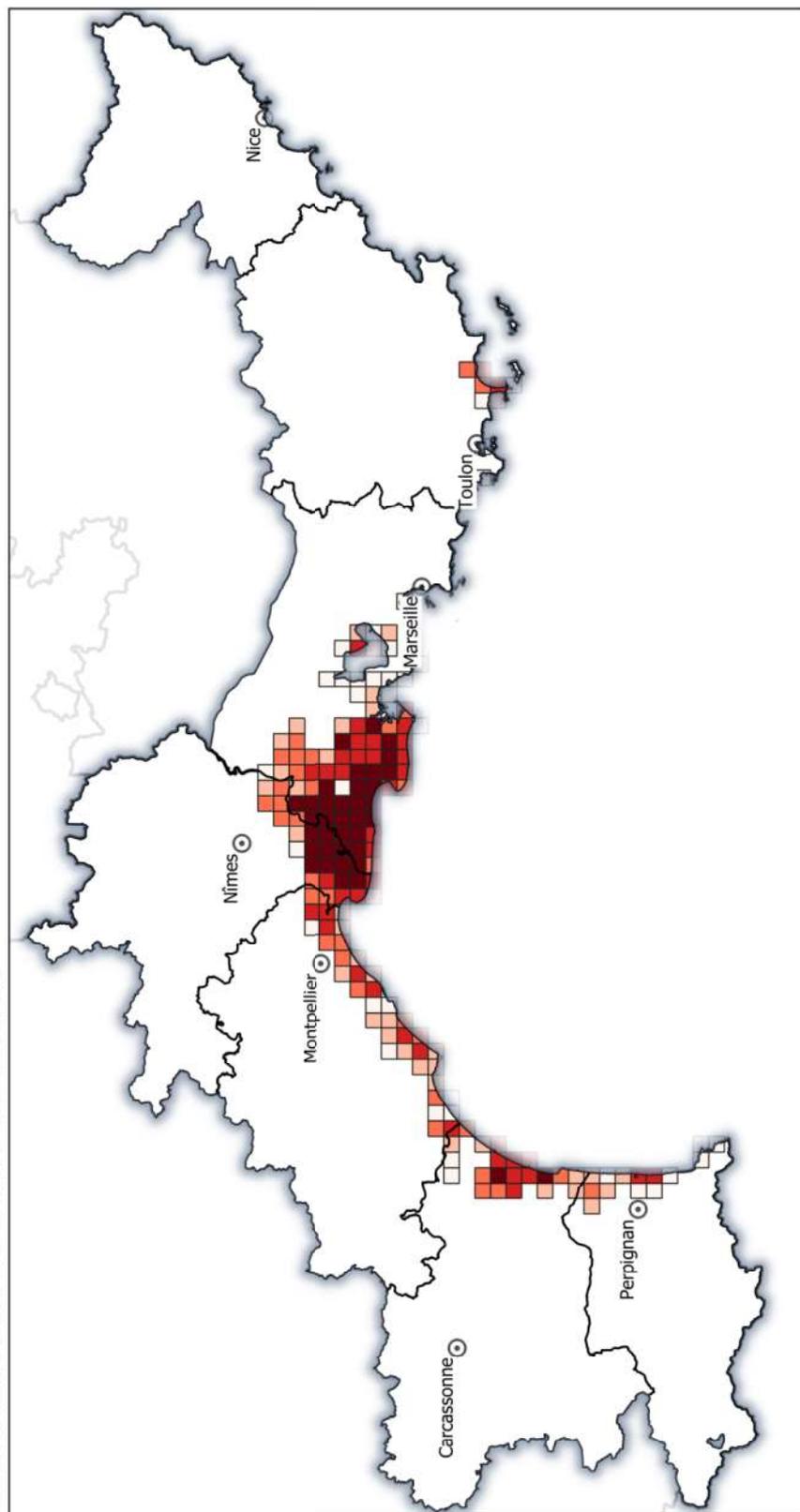
- Homogénéiser le plus tôt possible, sur le terrain au moment du prélèvement sera le mieux. Plus vous attendrez pour homogénéiser, plus l'échantillon sera froid et sec, et plus il sera compliqué de le mélanger.
- Si vous échantillonnez une lagune très sèche, mettez deux épaisseurs de sac d'échantillonnage et écrasez l'échantillon pour obtenir une terre meuble et non d'un seul bloc.
- Maintenir les échantillons au réfrigérateur (une semaine maximum) jusqu'à la livraison au laboratoire d'analyse.

Annexe 6 : Cartographies des zones de présence potentielle de lagunes temporaires méditerranéennes

Répartition des zones de présence potentielle de lagunes temporaires dans les sous-secteurs de bassins versants le long de la côte méditerranéenne de France continentale



Répartition des zones de présence potentielle de lagunes temporaires par maille de 1 km² le long de la côte méditerranéenne de France continentale



□ Départements

⊙ Chefs-lieux départementaux

Surfaces des zones de présence potentielle de lagunes temporaires

0 - 1,2

1,2 - 11,2

11,2 - 56,4

56,4 - 184,2

184,2 - 900

Conservatoire Botanique National
Méditerranéen



Sources : délimitations départementales (© IGN)

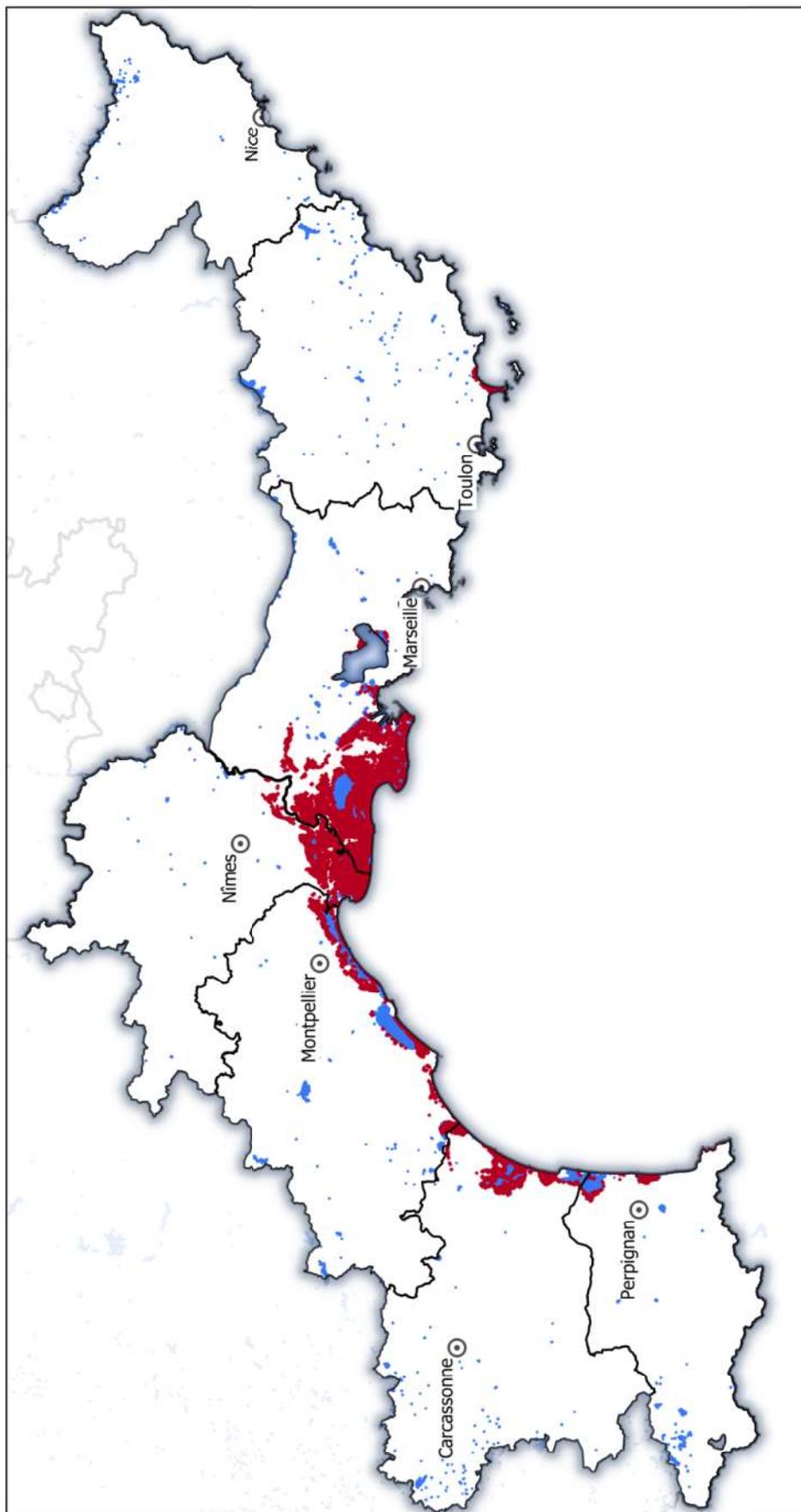
Réalisation : CBNMed (M. Latron)

Logiciel : QGIS V 3.1

Date : août 2021

Projection : Lambert 93

Répartition des zones de présence potentielle de lagunes temporaires le long de la côte méditerranéenne de France continentale



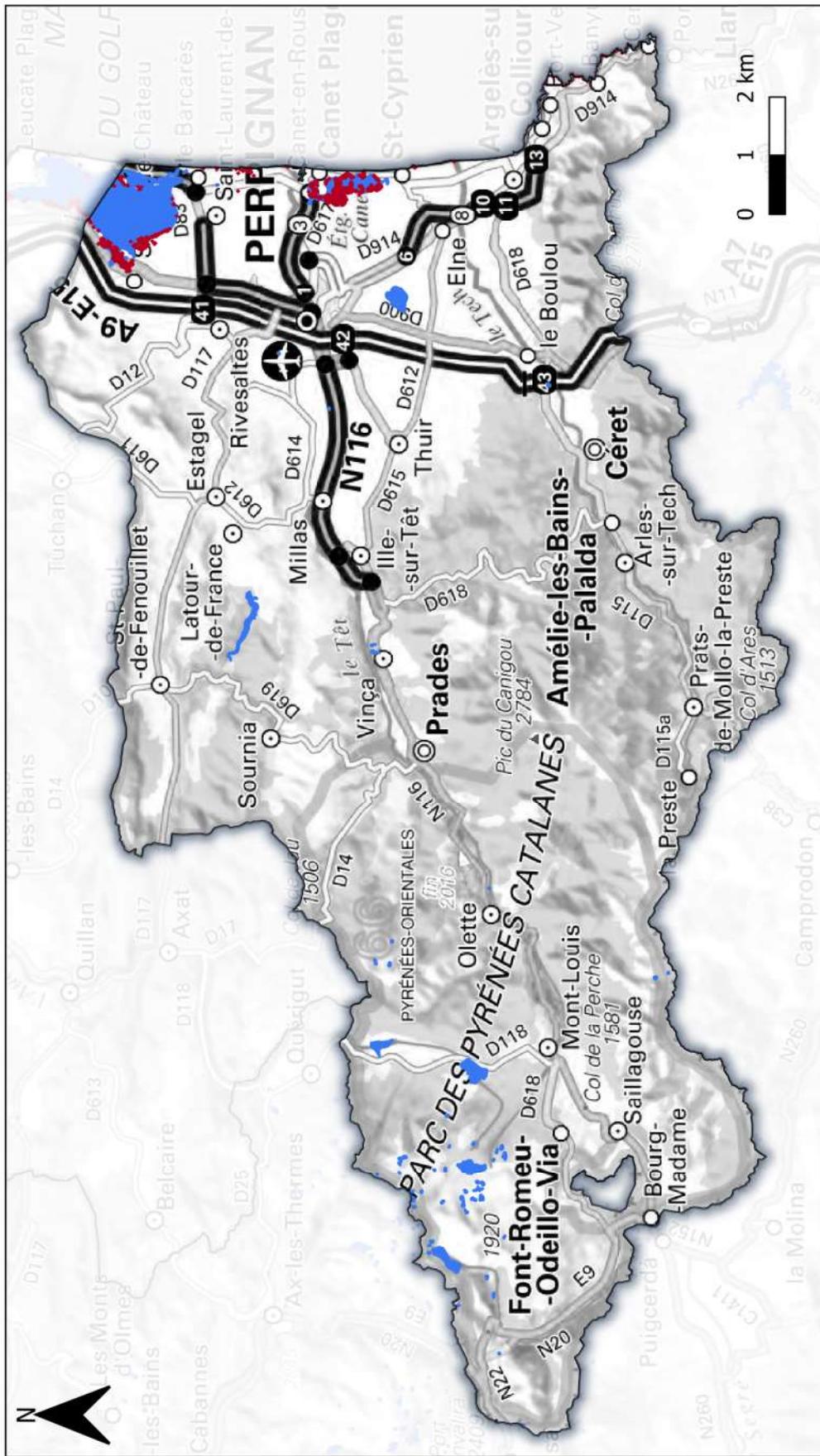
- Départements
- Chefs-lieux départementaux
- Hydrographie de surface
- Zones de présence potentielle de lagunes temporaires

Sources : modèle de cartographie des zones de lagunes temporaires V1 (© Cbnmed)
 BD CarTHAgE (© IGN)
 Réalisation : CBNMed (M. Latron)
 Logiciel : QGIS V 3.1
 Date : août 2021
 Projection : Lambert 93

Conservatoire National du Littoral Méditerranéen



Répartition des zones de présence potentielle de lagunes temporaires dans le département des Pyrénées-Orientales



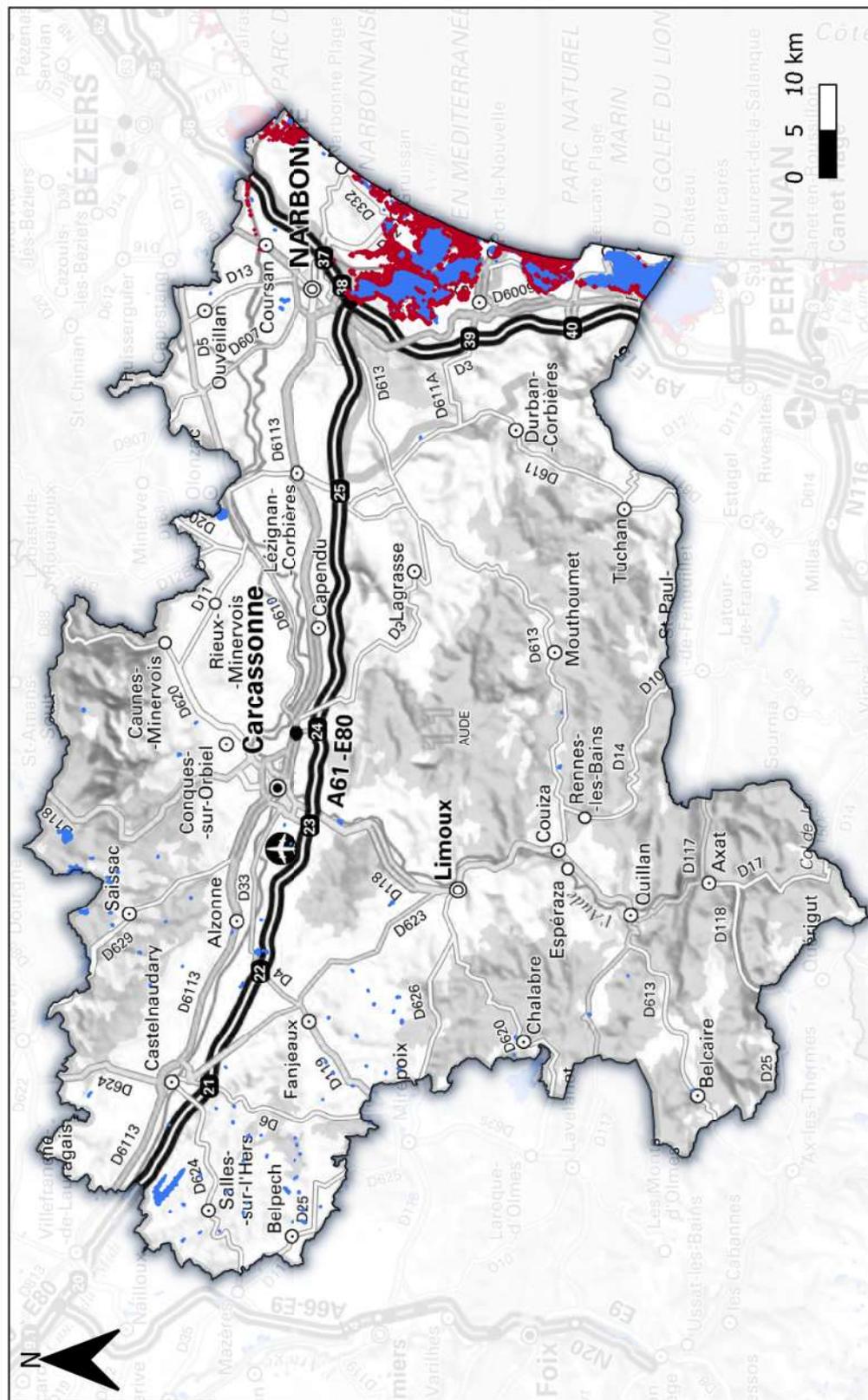
Sources : modèle de cartographie des zones de lagunes temporaires V1 (© Cbmmed) - scan 1000 (© IGN)
 Réalisation : CBNMed (M. Latron)
 Logiciel : QGIS V 3.1
 Date : août 2021
 Projection : Lambert 93

- Hydrographie de surface
- Zones de présence potentielle de lagunes temporaires

Conservatoire National du Littoral Méditerranéen



Répartition des zones de présence potentielle de lagunes temporaires dans le département de l'Aude

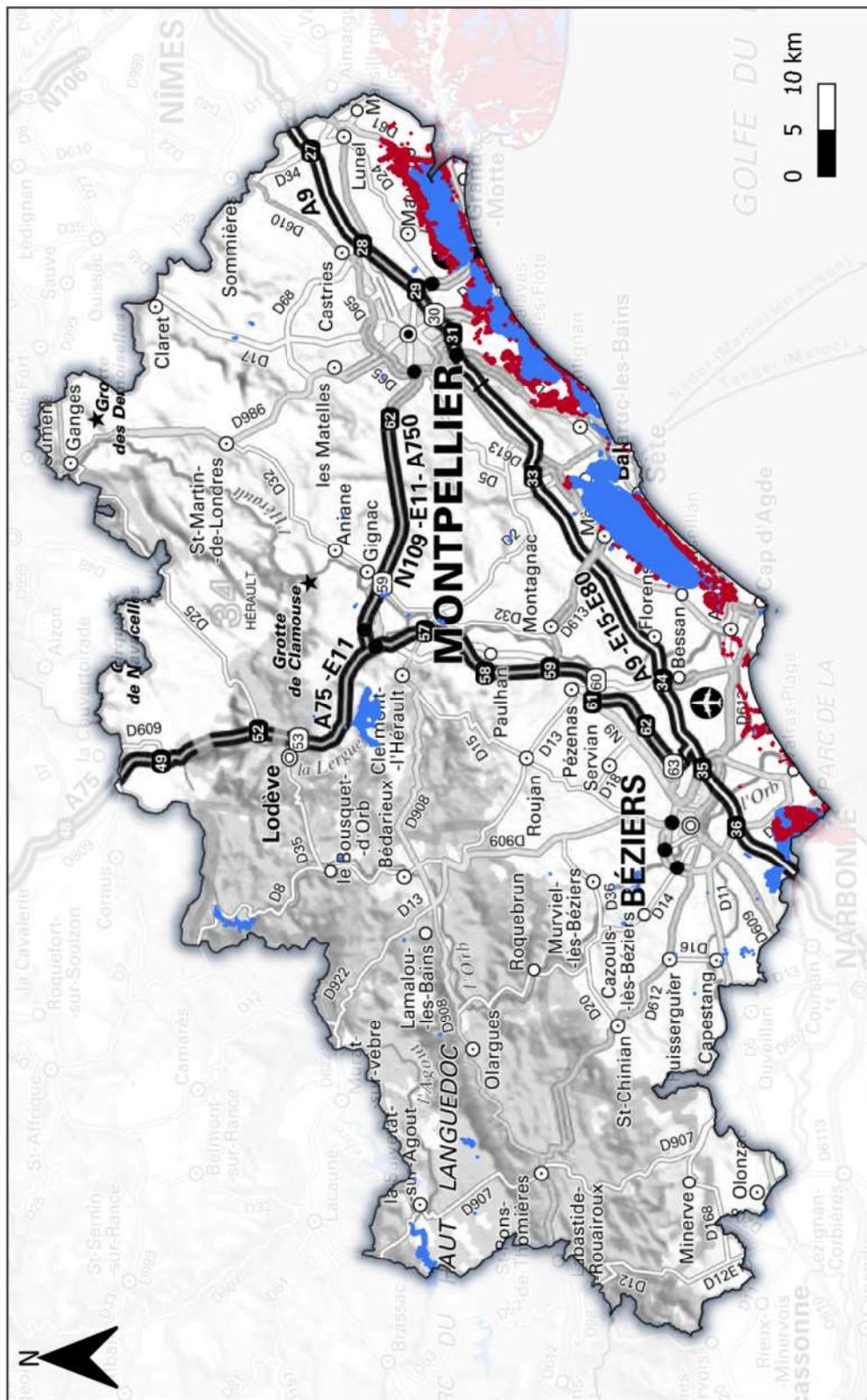


Sources : modèle de cartographie des zones de lagunes temporaires V1 (© Cbmmed) - scan 1000 (© IGN)
 Réalisation : CBNMed (M. Latron)
 Logiciel : QGIS V 3.1
 Date : août 2021
 Projection : Lambert 93



- Hydrographie de surface
- Zones de présence potentielle de lagunes temporaires

Répartition des zones de présence potentielle de lagunes temporaires dans le département de l'Hérault

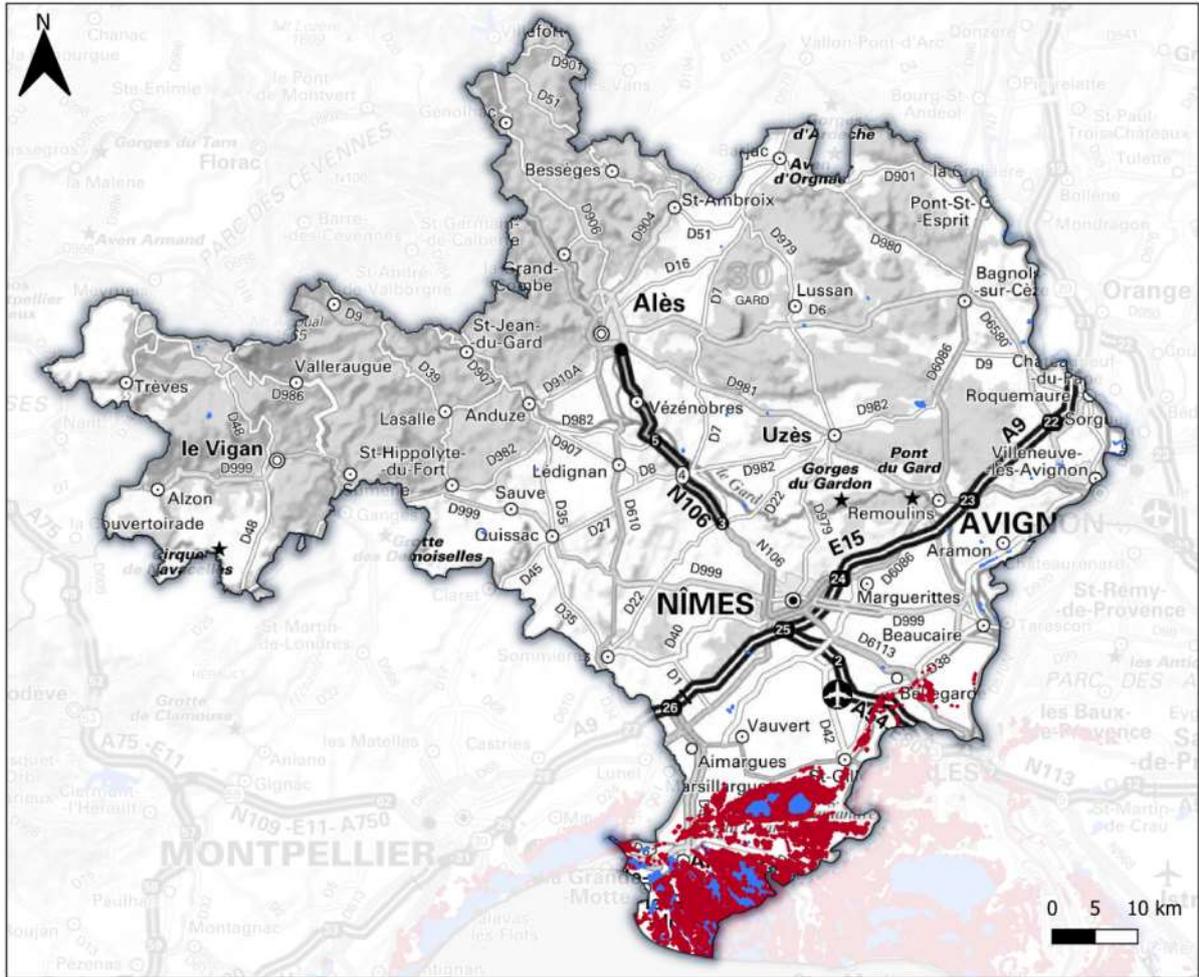


Sources : modèle de cartographie des zones de lagunes temporaires V1 (© Cbmmed) - scan 1000 (© IGN)
 Réalisation : CBNMed (M. Latron)
 Logiciel : QGIS V 3.1
 Date : août 2021
 Projection : Lambert 93

Hydrographie de surface
Zones de présence potentielle de lagunes temporaires



Répartition des zones de présence potentielle de lagunes temporaires dans le département du Gard

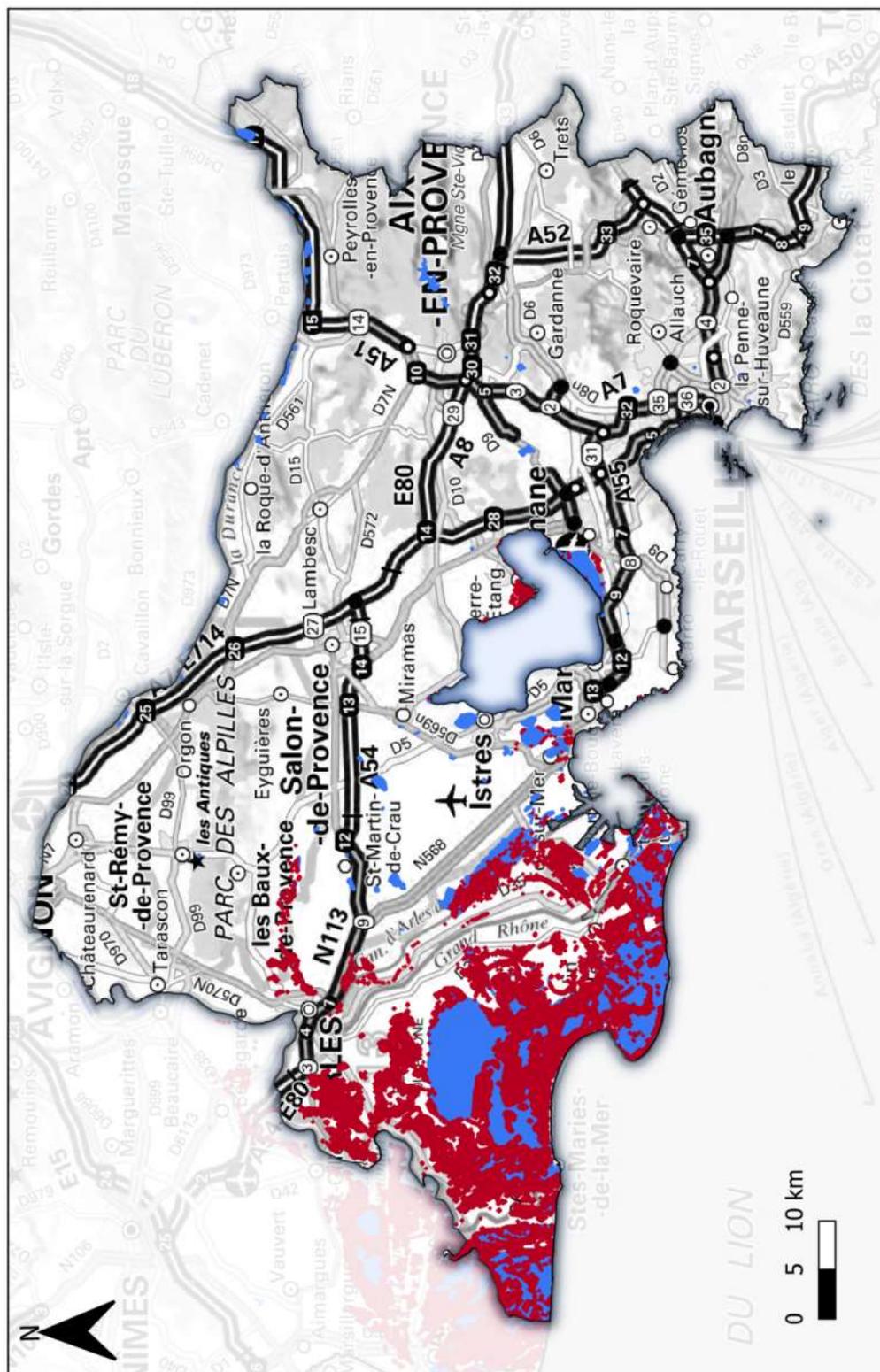


- Hydrographie de surface
- Zones de présence potentielle de lagunes temporaires

Sources : modèle de cartographie des zones de lagunes temporaires V1 (© Cbnmed) - scan 1000 (© IGN)
 Réalisation : CBNMed (M. Latron)
 Logiciel : QGIS V 3.1
 Date : août 2021
 Projection : Lambert 93



Répartition des zones de présence potentielle de lagunes temporaires dans le département des Bouches-du-Rhône

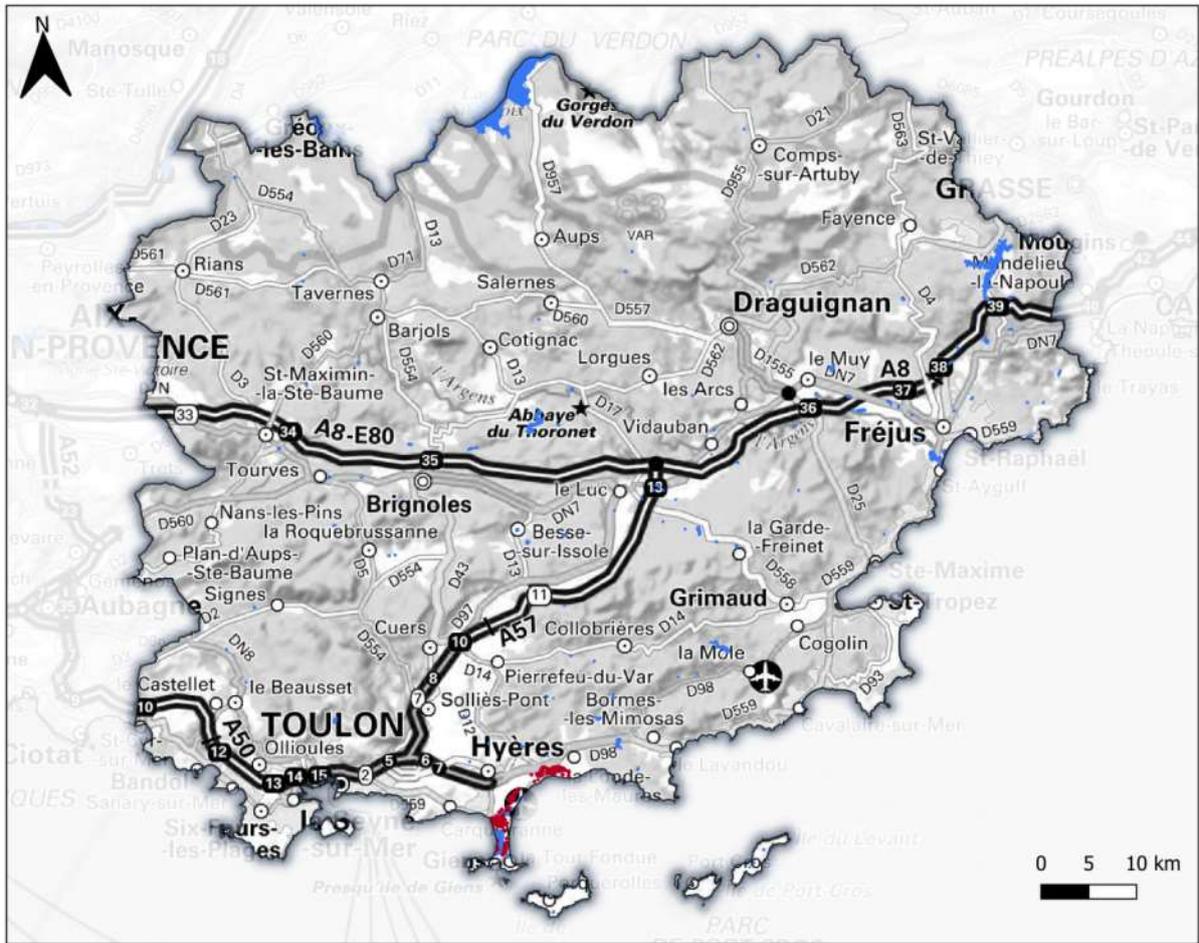


Sources : modèle de cartographie des zones de lagunes temporaires V1 (© Cbnmed) - scan 1000 (© IGN)
 Réalisation : CBNMed (M. Latron)
 Logiciel : QGIS V 3.1
 Date : août 2021
 Projection : Lambert 93

- Hydrographie de surface
- Zones de présence potentielle de lagunes temporaires



Répartition des zones de présence potentielle de lagunes temporaires dans le département du Var



- Hydrographie de surface
- Zones de présence potentielle de lagunes temporaires

Sources : modèle de cartographie des zones de lagunes temporaires V1 (© Cbnmed) - scan 1000 (© IGN)
 Réalisation : CBNMed (M. Latron)
 Logiciel : QGIS V 3.1
 Date : août 2021
 Projection : Lambert 93



Annexe 7 : Résumé des données relevées sur les lagunes temporaires méditerranéennes suivies

Tableau 1 : Résumé des relevés hydrologiques réalisés sur les lagunes suivies dans le courant de l'année hydrologique 2019-2020. TSP_MOY : transparence moyenne ; H_MAX : hauteur d'eau maximale ; HP_19-20 : nombre de jours de mise en eau entre octobre 2019 et septembre 2020 ; TPS_CONTINU : nombre de mois de mise en eau continue à partir du premier mois de relevé ; SAL_GERM : salinité la plus basse entre les mois de janvier et de février ; SAL_AVRIL : salinité au mois d'avril (reproduction des herbiers) ; SAL_MAX : salinité maximale relevée.

ID_LAG	longitude	latitude	TSP_MOY	H_MAX	HP_19-20	TPS_CONTINU	SAL_GERM	SAL_AVRIL	SAL_MAX
BAG_GRA_01	3.51957	43.310464	15	21,5	180	6	33,3	76,23	76,24
BAG_GRA_02	3.518558	43.309922	24	29	260	8	31,4	37,1	171,11
BAG_GRA_03	3.522178	43.309747	16	32,5	260	8	35,3	26,5	129,95
BAG_GRA_04	3.529	43.304771	28,33	41,5	260	8	32,4	32	165,47
BAG_GRA_05	3.530618	43.304682	7,5	44	283,5	8	32	28	58
BAG_GRA_06	3.530988	43.305102	10	41	283,5	8	32,4	42,5	59,5
BAG_GRA_07	3.531508	43.305462	6	53	293,5	8	32,4	42,8	54,2
BAG_GRA_08	3.532378	43.305842	6	69	293,5	8	32,8	41,2	51,2
BAG_GRA_09	3.531795	43.306983	6,67	18	90	2	NA	18,7	33,9
BAG_GRA_10	3.526405	43.315051	9,17	47	318	9	39,9	54	76,09
BAG_GRA_11	3.518226	43.303283	30	27	180	6	29,7	25,7	32
EOR_MOT_01	4,0979451	43,5783514	17,5	24	248,5	8	17	45,5	62,4
EOR_MOT_02	4,0974247	43,5787494	24,29	21	248,5	8	19,2	60,1	124,61
EOR_MOT_03	4,0959902	43,5792476	23,57	17	297	7	25,4	53	53
EOR_MOT_04	4,0946696	43,5788465	24,38	27	268,5	8	27,1	57	84,32
EOR_MOT_05	4,0952106	43,5781887	29,38	29	302,5	8	27,3	44,1	81,6
EOR_MOT_06	4,0838386	43,5738608	16,43	26	283	8	27,9	40,7	44
EOR_MOT_07	4,0858496	43,5745131	27,14	27	268,5	8	27,7	52,1	67,2
EOR_MOT_08	4,0892331	43,5751522	30,71	31	283	8	27,3	52,6	69,6
EOR_MOT_09	4,0913111	43,5777877	25	19	218	8	26,7	55,3	82,16

EOR_MOT_10	4,0853090	43,5733491	10,71	24	283	8	26,5	53,4	69,1
FOS_CAB_01	4,7969618	43,4369236	6,67	8	90	2	NA	13	19,6
FOS_CAB_02	4,7973435	43,4375369	6,25	6	120	3	35	13,2	35
FOS_CAB_03	4,8007090	43,4372496	22	16	221,5	7	10,2	2,8	23,5
FOS_CAB_04	4,8022999	43,4393087	46	25	232	7	14,5	22	27
FOS_CAB_05	4,8354727	43,4512334	5	37	242	7	9	12,6	18,8
FOS_CAB_06	4,8322287	43,4598891	36	35	261	8	37,1	47,7	145,64
FOS_CAB_07	4,8339663	43,4598102	6	36	261	7	24,4	33,7	42,5
FOS_CAB_08	4,8228057	43,4700406	6,25	32	267	7	7,7	23,3	27,9
FOS_CAB_09	4,8220850	43,4721891	6	28	254	7	6,5	11,8	17,7
FOS_CAB_10	4,8206840	43,4731815	6	32	244	7	5,8	9,4	9,4
GCA_RNC_01	4,5784734	43,4551840	40,71	60	231	7	25,8	42,9	42,9
GCA_RNC_02	4,5658672	43,4552211	16,25	45	253,5	9	31,8	94,4	184,59
GCA_RNC_03	4,5642997	43,4542320	8,57	39	199	7	28,6	56,6	56,6
GCA_RNC_04	4,5524431	43,4567683	15	44	246,5	8	27,9	146,6	146,62
GCA_RNC_05	4,5469331	43,4597038	23,75	58	271,5	8	31	60,1	145,28
GCA_RNC_06	4,5443192	43,4582525	25	57	232	7	28,4	69,3	69,3
GCA_RNC_07	4,5277421	43,4638009	11,43	66	264,5	7	26,4	58,5	58,5
GCA_RNC_08	4,5263319	43,4659192	38,75	56	274,5	9	30	64,9	164,59
GCA_RNC_09	4,5137273	43,4630610	31,43	46	257	8	29,7	80,6	80,6
GCA_RNC_10	4,5142454	43,4621288	9,29	61	289,5	7	25,8	58,8	58,8
HYE_VIE_01	6,1932748	43,1197883	10	47	180	5	19,6	NA	54,4
HYE_VIE_02	6,1940252	43,1193205	7,5	47	180	5	23,4	NA	66,4
HYE_VIE_03	6,1920343	43,1180508	10	26	90	2	NA	NA	5,5
HYE_VIE_04	6,1939135	43,1216456	40	19	350,5	5	25,9	NA	66,6
HYE_VIE_05	6,1925665	43,1214348	10	17	165	2	NA	NA	12
HYE_VIE_06	6,2153644	43,1233055	10	20	366	9	27,2	42,1	50,5

LAP_SAL_01	3,0218940	42,9803495	28,89	61	349	12	18	24	68,7
LAP_SAL_02	3,0225905	42,9809806	28,33	42	300	12	19	25,4	97,39
LAP_SAL_03	3,0230865	42,9815837	14,44	45	322	12	17,6	23	92,39
LAP_SAL_04	3,0243293	42,9816695	12,5	45	313,5	12	19,4	27,6	132,24
LAP_SAL_05	3,0241426	42,9819169	18,33	44	322	12	17,5	22,6	66,8
LAP_SAL_06	3,0256444	42,9825786	21,67	50	349	12	17,7	21,7	25,6
LAP_SAL_07	3,0266953	42,9826910	11,67	40	290	12	19,9	28	141,31
LAP_SAL_08	3,0286457	42,9834259	15	43	310	12	20	27,8	148,74
LAP_SAL_09	3,0289641	42,9838989	17,78	49	349	12	17,9	21,1	33,4
LAP_SAL_10	3,0300927	42,9840321	19,44	43	300	12	19,9	27,4	134,38
ORB_MAI_01	3,3479272	43,2733070	66,67	51	253	9	25,9	30,2	35,3
ORB_MAI_02	3,3474599	43,2726980	207,78	64	275,5	10	25,5	20,9	81,29
ORB_MAI_03	3,3477319	43,2797727	49,44	61	279,5	3	24,1	29,6	25,7
ORB_MAI_04	3,3471754	43,2816391	46,25	56	227	4	9,7	13,1	20
ORB_MAI_05	3,3470247	43,2823285	63,33	49	263,5	9	5,7	5,2	16
ORB_MAI_06	3,3462130	43,2817018	39,55	73	292	11	21,1	5,8	35,2
ORB_MAI_07	3,3448915	43,2818751	96,5	58	167,5	10	23,9	15,5	39,6
ORB_MAI_08	3,3449433	43,2814186	53,89	63	279,5	3	24,3	16,2	30,5
ORB_MAI_09	3,3418099	43,2814498	95	63	271,5	10	22,1	13,5	45,1
ORB_MAI_10	3,3414821	43,2804345	21	79	292	10	22	23	28,1
ORB_ORP_01	3,3158447	43,2599221	16	69	232,5	3	21	13,6	21
ORB_ORP_02	3,3178601	43,2592962	71,25	79	255	8	16	14,8	33,7
ORB_ORP_03	3,3144178	43,2612070	39,29	49	255	2	33,4	23	44,1
ORB_ORP_04	3,3113648	43,2560798	10	34	152,5	4	25,4	12,6	32,1
ORB_ORP_05	3,3040608	43,2521674	29,29	49	225	7	30	20	39,8
ORB_ORP_06	3,3024966	43,2520873	91,88	55	273,5	8	20,6	26,8	36,8
ORB_ORP_07	3,3021241	43,2524488	17,5	17	225	2	34,7	5,2	34,7

ORB_ORP_08	3,3030034	43,2532855	14,17	38	225	4	16	25,5	33,3
ORB_ORP_09	3,2992417	43,2508354	186,25	38	273,5	8	15,1	14,4	37,4
ORB_ORP_10	3,2999766	43,2505671	28,19	19	215	2	33,7	4,4	33,7
PAL_FRO_01	3,7712397	43,4588685	81	37	268,5	7	12,1	22,5	19,6
PAL_FRO_02	3,7714926	43,4583287	30	31	268,5	7	12,1	25,7	25,7
PAL_FRO_03	3,7723695	43,4576711	31	35	268,5	7	12,1	21,9	21,9
PAL_FRO_04	3,7727654	43,4573925	30	35	283,5	7	12,3	31,6	31,6
PAL_FRO_05	3,7717885	43,4569515	62	41	283,5	7	12,9	25,4	25,4
PAL_FRO_06	3,7704851	43,4580115	24	42	327,5	7	12	17	17
PAL_FRO_07	3,7697148	43,4586499	22	36	268,5	7	12	17,7	17,7
PAL_FRO_08	3,7699628	43,4598246	107	28	268,5	7	9,9	22,9	22,9
PAL_FRO_09	3,7707620	43,4600554	124	34	268,5	7	9,8	20,4	20,4
PAL_FRO_10	3,7727849	43,4609108	57	30	268,5	7	9,6	19,7	19,7
PAL_VIL_01	3,8478012	43,5185709	20,45	70	332	10	34,8	43,54	170,98
PAL_VIL_02	3,8477573	43,5175728	12,5	70	332	11	20,2	27,3	233,7
PAL_VIL_03	3,8423598	43,5143516	17,5	55	332	9	18,7	34,6	116,02
PAL_VIL_04	3,8345870	43,5083845	25,83	70	366	11	8,9	7,99	68,49
PAL_VIL_05	3,8259149	43,5096091	18,33	50	332	11	17,2	12,95	47,7
PAL_VIL_06	3,8260135	43,5097827	18,18	90	332	11	0	1,09	4,58
PAL_VIL_07	3,8392615	43,5208857	5	37	268,5	8	4,4	7,69	13,6
PAL_VIL_08	3,8410279	43,5193164	17,86	135	319,5	9	36,4	44,79	107,5
PAL_VIL_09	3,8419430	43,5177118	242,22	60	332	9	23,8	28,8	173,58
PAL_VIL_10	3,8384437	43,5158733	5	50	248,5	8	6,2	3,9	16,3
PCA_CAP_01	4,2265289	43,4647909	29	19	210	6	30,4	NA	48,5
PCA_CAP_02	4,2222146	43,4636723	20	25	240	8	35,4	48,8	48,8
PCA_CAP_03	4,2218881	43,4639488	13	21	210	6	32,4	NA	48,1
PCA_CAP_04	4,2135979	43,4658090	34	22	210	6	50,2	NA	62,3

PCA_CAP_05	4,2130896	43,4660131	20	47	240	8	24,6	34,6	39
PCA_CHA_01	4,1908195	43,4726012	52	165	210	6	19	NA	28,2
PCA_CHA_02	4,1888648	43,4745248	10	20	210	7	2,8	19,8	19,8
PCA_CHA_03	4,1924060	43,4755081	NA	NA	12	0	NA	NA	NA
PCA_CHA_04	4,1916661	43,4762022	20	8	30	1	0,4	NA	0,5
PCA_CHA_05	4,1765905	43,4859541	28	21	210	6	29,3	NA	35,5
SIG_GSA_01	2,9871925	43,0424819	275,71	28	185	9	18,8	27	28,6
SIG_GSA_02	2,9887842	43,0414102	157,5	49	269	10	27	35,5	90,85
SIG_GSA_03	2,9897470	43,0411031	18,75	35	269	10	66,2	129,3	163,21
SIG_GSA_04	2,9902422	43,0404489	21,25	30	246,5	10	61,5	96,5	146,86
SIG_GSA_05	2,9917407	43,0403579	90	20	246,5	9	18,8	NA	28
SIG_GSA_06	2,9917229	43,0386535	35,71	32	216,5	9	25,7	34,6	35
SIG_GSA_07	2,9945295	43,0407348	482,86	26	270	9	27,5	37,4	38,5
SIG_GSA_08	2,9973911	43,0391421	95,71	40	246,5	9	21,3	22,7	22,7
SIG_GSA_09	2,9979029	43,0413147	21,43	39	246,5	9	6,1	8,2	9,7
SIG_GSA_10	2,9945887	43,0432124	7,14	34	246,5	9	6	11,6	15,3
THA_SET_01	3,6534479	43,3978093	74,29	31	366	9	35	49,5	62,2
THA_SET_02	3,6514374	43,3983286	92,14	38	366	9	36,2	46,2	54,6
THA_SET_03	3,6528752	43,3960512	26	27	263	6	32,7	97,5	104,41
THA_SET_04	3,6503668	43,3953327	9,29	30	319	9	32,9	52	211,564
THA_SET_05	3,6510788	43,3945377	32	25	210	6	36,9	NA	120,82
THA_SET_06	3,6514623	43,3941101	23,33	21	210	6	33,2	91	129,71
THA_SET_07	3,6495665	43,3933387	33,33	27	210	6	37,5	95,7	103,9
THA_SET_08	3,6477369	43,3918598	35,83	24	210	6	38,4	67	100,25
THA_SET_09	3,6487632	43,3910505	24,16	20	210	6	21,7	57,5	120,59
THA_SET_10	3,6433321	43,3905046	36,43	24	366	9	38,9	57,1	86,76

Tableau 2 : Relevés pédologiques réalisés sur les lagunes suivies en 2020. MO : teneur en matière organique dans le sol (%); AZOTE : teneur en azote total en mg pour 1kg de sol ; C/N : rapport du carbone total sur l'azote total ; P2O5 : teneur en phosphore total (%) ; ARGILE, LIM_FINS, LIM_GROS, SABLES_FINS, SABLES_GROS et CAILLOUX : représentation de la granulométrie du sol (%) ; FER_DTPA : teneur en fer total en mg pour 1kg de sol.

ID_LAG	MO	AZOTE	C/N	P2O5	ARGILE	LIM_FIN	LIM_GROS	SABLES_FIN	SABLES_GROS	CAILLOUX	FER_DTPA
BAG_GRA_01	2.69	1171	13.32	0.15	45.2	49.9	0.4	3.4	1.1	0	30
BAG_GRA_02	2.76	1191	13.44	0.14	43.4	49.2	2.4	3	2	0	24.3
BAG_GRA_03	3.04	1176	14.99	0.167	43	54.3	0.2	1.8	0.7	0	46.8
BAG_GRA_04	2.36	820	16.69	0.149	43.4	39.1	3.7	7.2	6.6	0	21.3
BAG_GRA_05	0.91	418	12.63	0.061	9.8	14.6	0.4	20.9	54.3	0	52.1
BAG_GRA_06	2.25	1079	12.1	0.141	32.5	50.9	0.4	8.6	7.6	0	31.2
BAG_GRA_07	1.06	351	17.52	0.059	7.8	12.5	0.3	7.3	72.1	0	51.3
BAG_GRA_08	1.38	664	12.06	0.096	13.1	16.9	0.4	8.8	60.8	0	85.7
BAG_GRA_09	2.04	751	15.76	0.159	31.2	56	1.2	9.2	2.4	0	7
BAG_GRA_10	2.32	920	14.63	0.143	28.8	30	0.3	7.5	33.4	0	69
BAG_GRA_11	2.22	854	15.08	0.156	42.2	50.5	0.6	4.7	2	0	19.1
EOR_MOT_01	2.8	1412	11.5	0.113	48.1	47.7	0.5	2.5	1.2	0	67.4
EOR_MOT_02	2.18	1177	10.74	0.116	45.6	50.5	0.4	2.1	1.4	0	55.8
EOR_MOT_03	2.26	1248	10.5	0.105	51.7	45.7	0.4	1.3	0.9	0	50.1
EOR_MOT_04	3.66	1835	11.57	0.105	51.3	43.1	0.3	3.2	2.1	0	56.5
EOR_MOT_05	4.41	2022	12.65	0.103	49.6	41.3	0.2	5	3.9	0	50.7
EOR_MOT_06	9.4	3300	16.52	0.119	24.4	59.4	2.8	7.2	6.2	0	74.3
EOR_MOT_07	9.18	3472	15.34	0.131	22.2	64.1	0.2	6.6	6.9	0	108.8
EOR_MOT_08	7.1	3218	12.8	0.135	46.4	45.1	0.3	6.2	2	0	74.7
EOR_MOT_09	2.43	1085	12.99	0.09	46.4	50.3	0.3	1.7	1.3	0	42.1
EOR_MOT_10	4.7	2368	11.51	0.12	48	42.9	0.2	5.9	3	0	50.8
FOS_CAB_01	2.56	1041	14.26	0.094	37	59.6	0.3	2.4	0.7	0	12.9
FOS_CAB_02	2.38	973	14.19	0.103	43.3	54.5	0.2	1.4	0.6	1	15.1

FOS_CAB_03	2.58	1000	14.97	0.112	36	61.4	0.4	1.6	0.6	0	32.2
FOS_CAB_04	1.41	441	18.55	0.082	9.9	30.4	0.2	15	44.5	0	50.1
FOS_CAB_05	1.26	384	19.03	0.049	8.3	21.9	0.8	18.1	50.9	0	36
FOS_CAB_06	2.62	824	18.44	0.084	19	51.7	0.3	15	14	0	84.5
FOS_CAB_07	2.86	951	17.44	0.089	10.3	55.3	0.1	22.7	11.6	0	69.2
FOS_CAB_08	1.41	668	12.24	0.108	8.2	45.9	7.4	31.5	7	0	48.9
FOS_CAB_09	2.12	801	15.35	0.098	12.6	61.2	5.3	10.6	10.3	0	25.5
FOS_CAB_10	0.91	386	13.67	0.115	12.1	36.9	24.7	23.8	2.5	0	28.7
GCA_RNC_01	1.35	579	13.52	0.121	28.9	35.8	0.8	8.5	26	0	32.3
GCA_RNC_02	1.71	654	15.17	0.086	19.3	41.9	0.1	6.6	32.1	0	31.5
GCA_RNC_03	1.48	498	17.24	0.082	19.9	24.1	0.9	6.8	48.3	0	48.7
GCA_RNC_04	1.1	368	17.34	0.103	15.8	17.3	0.8	11.3	54.8	0	28.3
GCA_RNC_05	3.09	1071	16.74	0.101	41.4	45.1	1.5	6.2	5.8	0	110.4
GCA_RNC_06	2.86	983	16.88	0.101	34.1	47.9	7.4	9.2	1.4	0	61.4
GCA_RNC_07	1.21	339	20.7	0.081	15.2	21.7	2.6	19.1	41.4	0	18.1
GCA_RNC_08	1.52	382	23.08	0.107	23.5	23.5	0.4	31.6	21	0	30.5
GCA_RNC_09	3.12	1033	17.52	0.088	41.4	33.7	2.5	15.1	7.3	0	92.8
GCA_RNC_10	0.84	226	21.56	0.082	11.6	16.2	0.2	19.5	52.5	0	19.3
HYE_VIE_01	2.63	1022	14.93	0.096	28.4	46.8	1.7	6.3	16.8	0	45.2
HYE_VIE_02	2.95	1240	13.8	0.099	36.4	52.1	0.9	5.1	5.5	0	61.3
HYE_VIE_03	2.02	707	16.57	0.101	21.3	56	0.8	6	15.9	0	29.2
HYE_VIE_04	2.81	1600	10.19	0.104	25	58.8	3.8	7	5.4	0	85.5
HYE_VIE_05	2.08	769	15.69	0.103	28.9	56.3	3.4	9.2	2.2	0	16.2
HYE_VIE_06	4.1	2147	11.08	0.063	33.8	48	2.5	6.9	8.8	0	75.1
LAP_SAL_01	2.43	648	21.75	0.05	22.6	30.3	1.3	35.5	10.3	0	145.4
LAP_SAL_02	1.2	276	25.22	0.046	22.6	30.4	0.9	32.9	13.2	1	77.5
LAP_SAL_03	2.68	829	18.75	0.069	24.9	44.8	4.6	21.7	4	0	155.2

LAP_SAL_04	1.97	361	31.65	0.034	28.1	33.3	0.9	17.3	20.4	0	130.4
LAP_SAL_05	1.9	516	21.36	0.045	24.4	45.5	2.6	20.3	7.2	0	105.8
LAP_SAL_06	2.11	401	30.52	0.045	25.3	21.8	1.1	31	20.8	0	82.3
LAP_SAL_07	2.01	453	25.74	0.033	22.9	31.1	3.3	23.6	19.1	0	141.6
LAP_SAL_08	1.52	276	31.94	0.036	25.8	37	1.6	17.1	18.5	0	101.5
LAP_SAL_09	1.34	275	28.26	0.048	8.5	10.7	2.3	40.6	37.9	0	56.5
LAP_SAL_10	1.24	281	25.6	0.025	20.3	25.6	0.8	25.1	28.2	0	105.9
ORB_MAI_01	1.7	569	17.33	0.093	12.6	10.1	0.4	22.1	54.8	0	72.8
ORB_MAI_02	3.09	828	21.65	0.103	17.9	13.2	1.3	13.5	54.1	0	125.6
ORB_MAI_03	2.05	742	16.03	0.158	46.4	38.8	0.9	7.6	6.3	0	92
ORB_MAI_04	2.71	1267	12.41	0.193	44.6	48.1	2.2	4.1	1	0	125.6
ORB_MAI_05	3.82	1709	12.97	0.285	40	49.9	3.2	5.9	1	0	188.5
ORB_MAI_06	2.83	1448	11.34	0.182	40.7	44.3	1.1	8.2	5.7	0	153.1
ORB_MAI_07	2.27	1004	13.11	0.169	43.5	46.7	1.8	5.1	2.9	0	107.5
ORB_MAI_08	2.16	891	14.06	0.168	43.2	45.1	3.7	4.6	3.4	0	89.6
ORB_MAI_09	2.83	1091	15.05	0.172	45.8	47.5	0.6	3.1	3	0	123.8
ORB_MAI_10	4.03	1867	12.52	0.154	44	44.7	4.3	4	3	0	150.4
ORB_ORP_01	6.22	2567	14.05	0.206	30.1	65.7	0.1	2.8	1.3	0	105.6
ORB_ORP_02	1.75	900	11.28	0.16	31.4	50.2	0.5	6.9	11	0	37.2
ORB_ORP_03	7.28	2802	15.07	0.18	18.7	55.1	0.3	8.3	17.6	0	106.4
ORB_ORP_04	1.19	533	12.95	0.111	10	15.9	0.2	12.8	61.1	0	46.2
ORB_ORP_05	4.14	1888	12.72	0.161	31	37.6	2.4	12.1	16.9	0	108.1
ORB_ORP_06	3.79	1536	14.31	0.156	30.8	51.8	0.2	7.4	9.8	0	88.5
ORB_ORP_07	1.13	338	19.39	0.113	10.9	19.2	0.5	23	46.4	0	22.9
ORB_ORP_08	4.08	1672	14.15	0.181	30.7	54.2	5.5	3.6	6	0	93.1
ORB_ORP_09	9.54	4334	12.77	0.154	31.6	40.7	4	11.7	12	0	107
ORB_ORP_10	2.19	961	13.22	0.164	23.4	35.1	0.3	9.9	31.3	5	68.3

PAL_FRO_01	2.44	997	14.2	0.064	30.7	46.1	0.6	11.5	11.1	0	52.4
PAL_FRO_02	3.41	1329	14.88	0.073	23.5	46.2	0.4	11.8	18.1	0	64.3
PAL_FRO_03	2.13	922	13.4	0.063	11	55.4	0.7	14.7	18.2	0	51.7
PAL_FRO_04	2.5	870	16.67	0.065	56.6	35	0.5	4.4	3.5	0	29.3
PAL_FRO_05	1.53	476	18.64	0.03	11	24.3	7.6	19.3	37.8	0	34.6
PAL_FRO_06	2.93	1276	13.32	0.068	32	43	0.4	12.9	11.7	0	76.6
PAL_FRO_07	2.94	1328	12.84	0.074	26.2	55.6	0.3	9.5	8.4	0	70.3
PAL_FRO_08	2.22	1136	11.34	0.059	24.8	41.8	1	19.5	12.9	0	24.8
PAL_FRO_09	2.18	951	13.3	0.057	23	39.9	4.1	18.2	14.8	0	38
PAL_FRO_10	1.74	761	13.26	0.06	30.1	53	1.1	12.4	3.4	0	36.3
PAL_VIL_01	0.86	392	12.73	0.051	19.7	22.5	1	15.8	41	0	90.1
PAL_VIL_02	5.17	2577	11.64	0.087	34.5	49.3	3.5	9.3	3.4	0	110.1
PAL_VIL_03	1.15	500	13.34	0.017	12.3	21.1	1.4	13.8	51.4	0	59.2
PAL_VIL_04	3.71	1630	13.2	0.085	40.1	40.2	2.8	9.8	7.1	0	129.5
PAL_VIL_05	1.83	908	11.69	0.088	48	42.2	0.5	3	6.3	0	99.4
PAL_VIL_06	5.29	3236	9.48	0.09	35.3	47.6	3.3	8.9	4.9	0	136.4
PAL_VIL_07	3.82	1880	11.79	0.089	35.1	43.2	3.7	14.6	3.4	0	69.8
PAL_VIL_08	1.44	443	18.85	0.033	23.6	31.5	1.4	20.7	22.8	0	72
PAL_VIL_09	1.74	563	17.93	0.042	29.2	39.1	3	15.2	13.5	0	95.5
PAL_VIL_10	1.82	901	11.72	0.097	43.1	44.5	0.3	8.4	3.7	1	71
PCA_CAP_01	1.1	426	14.98	0.108	17.3	22.5	0.3	6.6	53.3	0	46
PCA_CAP_02	1.58	519	17.66	0.116	9.4	13	0.2	5.8	71.6	0	100.4
PCA_CAP_03	1.67	558	17.36	0.12	10.7	19.6	0.5	9.9	59.3	0	116
PCA_CAP_04	0.56	113	28.75	0.157	5	9.7	0.5	8.6	76.2	0	60.4
PCA_CAP_05	2.05	948	12.54	0.106	16.8	24.7	2.4	9.9	46.2	0	100.7
PCA_CHA_01	0.3	97	17.94	0.112	3.7	9.6	0.3	9.1	77.3	0	17.5
PCA_CHA_02	0.29	117	14.38	0.109	2.8	9.1	0.2	6.2	81.7	0	9.6

PCA_CHA_03	0.48	195	14.28	0.125	4.7	9.9	0.1	10.6	74.7	0	12.1
PCA_CHA_04	0.6	130	26.77	0.121	5	10	0.2	6.9	77.9	0	17.7
PCA_CHA_05	0.26	161	9.37	0.099	3	8.8	0.1	3.8	84.3	0	5.8
SIG_GSA_01	1.82	781	13.52	0.079	40.7	47.3	1.9	5.6	4.5	0	44
SIG_GSA_02	3.27	1295	14.65	0.08	40.5	49.6	3.4	4.4	2.1	0	62.5
SIG_GSA_03	3.78	1457	15.05	0.054	32.5	40.2	0.8	11	15.5	0	154.2
SIG_GSA_04	2.57	791	18.85	0.047	28.2	30.5	0.8	14.4	26.1	0	101.8
SIG_GSA_05	2.08	988	12.21	0.091	39.9	52.8	0.7	5.4	1.2	0	78
SIG_GSA_06	1.02	420	14.09	0.047	22.7	18.8	1	17.4	40.1	0	66.4
SIG_GSA_07	2.18	848	14.91	0.091	31	55	4.5	7.4	2.1	0	63.8
SIG_GSA_08	2	604	19.21	0.075	40.8	41.9	0.3	11.6	5.4	0	62.9
SIG_GSA_09	2.27	622	21.17	0.08	49.6	47.6	0.1	1.9	0.8	0	105.2
SIG_GSA_10	1.48	346	24.81	0.015	14.2	24.5	1.1	15.2	45	0	34
THA_SET_01	0.96	324	17.19	0.062	4.6	12.2	0.2	17.7	65.3	0	68.7
THA_SET_02	1.46	704	12.03	0.052	5.6	9.7	0.1	25.1	59.5	20	35.1
THA_SET_03	1.37	553	14.37	0.061	8.5	11.1	0.4	41.6	38.4	10	81.1
THA_SET_04	1.57	718	12.68	0.048	5.2	10.1	0.5	11.2	73	30	63.8
THA_SET_05	1.84	719	14.84	0.054	11.7	11.7	0.1	21	55.5	0	53.3
THA_SET_06	1.34	471	16.5	0.053	7.4	10	0.2	17.4	65	10	89.6
THA_SET_07	1.69	509	19.26	0.058	6.9	9.8	0.6	27.4	55.3	10	62
THA_SET_08	1.14	488	13.55	0.062	5	9.2	0.4	25.6	59.8	10	54
THA_SET_09	1.53	713	12.45	0.067	7.4	10.4	0.3	11.9	70	10	71.7
THA_SET_10	0.58	197	17.08	0.072	3.5	8.9	0.5	13	74.1	10	56.3

Tableau 3 : Relevés des macrophytes observés sur les lagunes temporaires suivies lors de l'année 2020. Les données correspondent à des recouvrements absolus observés sur 1.56 m² réparti en 20 cercles de diamètre égal sur une surface de 200 m² au sein de chaque lagune suivie. algues : macro-algues toutes espèces confondues ; A. filiformis : *Althenia filiformis* ; C.aspera : *Chara aspera* ; C. canescens : *Chara canescens* ; L. papulosum : *Lamprothamnium papulosum* ; R. peltatus : *Ranunculus peltatus* ; R. helicophylla : *Riella helicophylla* ; R. cirrhosa : *Ruppia cirrhosa* ; R. maritima : *Ruppia maritima* ; T. hispanica : *Tolypella hispanica* ; T. salina : *Tolypella salina* ; Z. palustris : *Zannichellia palustris* ; TOT_ABS_COV : recouvrement absolu moyen de l'herbier. Les lagunes pour lesquelles nous n'avons pas pu mettre en place le protocole macrophytes car elles étaient à sec présentent des relevés notés NA.

SITE	ID_LAG	algues	A.filiformis	L.papulosum	R.cirrhosa	R.maritima	TOT_ABS_COV	TOT_ABS_COV_SPE
Bagnas	BAG_GRA_01	0,00	33,20	2,45	0,00	8,85	44,50	44,50
Bagnas	BAG_GRA_02	0,00	10,25	10,40	0,00	2,85	23,50	23,50
Bagnas	BAG_GRA_03	0,00	4,78	0,63	0,00	0,00	5,40	5,40
Bagnas	BAG_GRA_04	0,00	5,00	1,20	0,00	0,00	6,20	6,20
Bagnas	BAG_GRA_05	0,00	14,75	14,50	0,00	0,25	29,50	29,50
Bagnas	BAG_GRA_06	0,00	14,80	19,20	0,00	0,00	34,00	34,00
Bagnas	BAG_GRA_07	0,00	2,80	10,68	0,00	3,98	17,45	17,45
Bagnas	BAG_GRA_08	0,00	12,43	16,15	0,00	0,43	29,00	29,00
Bagnas	BAG_GRA_09	1,75	0,00	0,00	0,00	0,00	1,75	0,00
Bagnas	BAG_GRA_10	0,00	0,50	13,68	14,58	0,00	28,75	28,75
Bagnas	BAG_GRA_11	0,00	3,79	0,20	0,00	1,06	5,05	5,05

SITE	ID_LAG	algues	A.filiformis	R.cirrrosa	R.maritima	TOT_ABS_COV	TOT_ABS_COV_SPE
La Grande-Motte	EOR_MOT_01	0,00	0,15	29,35	0,00	29,50	29,50
La Grande-Motte	EOR_MOT_02	0,00	3,63	0,00	7,63	11,25	11,25
La Grande-Motte	EOR_MOT_03	0,13	1,78	0,00	6,95	8,85	8,73
La Grande-Motte	EOR_MOT_04	0,00	12,43	5,33	0,00	17,75	17,75
La Grande-Motte	EOR_MOT_05	0,00	11,88	6,13	0,00	18,00	18,00
La Grande-Motte	EOR_MOT_06	0,00	0,35	4,50	0,00	4,85	4,85
La Grande-Motte	EOR_MOT_07	0,00	6,78	2,03	0,00	8,80	8,80
La Grande-Motte	EOR_MOT_08	0,00	3,75	3,50	0,00	7,25	7,25
La Grande-Motte	EOR_MOT_09	0,00	5,05	2,70	0,00	7,75	7,75
La Grande-Motte	EOR_MOT_10	39,80	1,19	10,36	0,00	51,35	11,55

SITE	ID_LAG	algues	A.filiformis	C.canescens	L.papulosum	R.helicophylla	R.maritima	T.salina	TOT_ABS_COV	TOT_ABS_COV_SPE
GPMM	FOS_CAB_01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
GPMM	FOS_CAB_02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
GPMM	FOS_CAB_03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
GPMM	FOS_CAB_04	0,00	21,63	0,00	0,00	0,00	0,75	0,38	22,75	22,75
GPMM	FOS_CAB_05	0,00	14,60	0,00	22,58	0,15	0,52	0,17	38,00	38,00
GPMM	FOS_CAB_06	0,00	10,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,20	10,20
GPMM	FOS_CAB_07	0,00	22,35	0,00	29,95	0,00	1,70	0,00	54,00	54,00
GPMM	FOS_CAB_08	13,17	15,35	0,08	0,00	7,49	18,92	0,00	55,00	41,76
GPMM	FOS_CAB_09	0,70	29,00	0,09	0,00	15,55	14,66	0,00	60,00	59,21
GPMM	FOS_CAB_10	26,70	33,52	4,54	0,00	0,15	2,60	0,00	67,50	36,27

SITE	ID_LAG	A.filiformis	L.papulosum	TOT_ABS_COV	TOT_ABS_COV_SPE
RNN_CAMARGUE	GCA_RNC_01	1,08	8,93	10,00	10,00
RNN_CAMARGUE	GCA_RNC_02	0,80	0,00	0,80	0,80
RNN_CAMARGUE	GCA_RNC_03	0,00	0,00	0,00	0,00
RNN_CAMARGUE	GCA_RNC_04	0,00	0,00	0,00	0,00
RNN_CAMARGUE	GCA_RNC_05	0,00	0,00	0,00	0,00
RNN_CAMARGUE	GCA_RNC_06	0,10	0,00	0,10	0,10
RNN_CAMARGUE	GCA_RNC_07	0,70	0,00	0,70	0,70
RNN_CAMARGUE	GCA_RNC_08	4,60	4,30	8,90	8,90
RNN_CAMARGUE	GCA_RNC_09	0,00	0,00	0,00	0,00
RNN_CAMARGUE	GCA_RNC_10	1,30	0,00	1,30	1,30

SITE	ID_LAG	algues	TOT_ABS_COV
HYERES	HYE_VIE_01	NA	NA
HYERES	HYE_VIE_02	NA	NA
HYERES	HYE_VIE_03	NA	NA
HYERES	HYE_VIE_04	NA	NA
HYERES	HYE_VIE_05	NA	NA
HYERES	HYE_VIE_06	0,50	0,50

SITE	ID_LAG	algues	A.filiformis	L.papulosum	R.maritima	TOT_ABS_COV	TOT_ABS_COV_SPE
La Palme	LAP_SAL_01	1,91	0,00	21,69	4,65	28,25	26,34
La Palme	LAP_SAL_02	26,53	46,28	11,60	0,00	86,75	60,23
La Palme	LAP_SAL_03	58,00	0,25	12,00	25,25	95,50	37,50
La Palme	LAP_SAL_04	0,00	25,55	11,15	2,80	39,50	39,50
La Palme	LAP_SAL_05	59,13	1,75	11,65	25,47	98,00	38,87
La Palme	LAP_SAL_06	13,64	2,91	38,39	19,07	74,00	60,36
La Palme	LAP_SAL_07	34,63	32,18	3,98	13,71	84,50	49,87
La Palme	LAP_SAL_08	0,00	55,15	5,05	1,05	61,25	61,25
La Palme	LAP_SAL_09	0,00	0,00	70,08	4,18	74,25	74,25
La Palme	LAP_SAL_10	0,00	22,15	27,35	0,00	49,50	49,50

SITE	ID_LAG	R.peltatus	R.maritima	T.hispanica	TOT_ABS_COV	TOT_ABS_COV_SPE
GD_MAIRE	ORB_MAI_01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
GD_MAIRE	ORB_MAI_02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
GD_MAIRE	ORB_MAI_03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
GD_MAIRE	ORB_MAI_04	0,00	3,50	0,00	3,50	3,50
GD_MAIRE	ORB_MAI_05	15,65	6,85	0,10	22,60	6,95
GD_MAIRE	ORB_MAI_06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
GD_MAIRE	ORB_MAI_07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
GD_MAIRE	ORB_MAI_08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
GD_MAIRE	ORB_MAI_09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
GD_MAIRE	ORB_MAI_10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

SITE	ID_LAG	TOT_ABS_COV	TOT_ABS_COV_SPE
ORPELIERES	ORB_ORP_01	NA	NA
ORPELIERES	ORB_ORP_02	0,00	0,00
ORPELIERES	ORB_ORP_03	0,00	0,00
ORPELIERES	ORB_ORP_04	NA	NA
ORPELIERES	ORB_ORP_05	0,00	0,00
ORPELIERES	ORB_ORP_06	0,00	0,00
ORPELIERES	ORB_ORP_07	NA	NA
ORPELIERES	ORB_ORP_08	NA	NA
ORPELIERES	ORB_ORP_09	0,00	0,00
ORPELIERES	ORB_ORP_10	NA	NA

SITE	ID_LAG	A.filiformis	L.papulosum	R.helicophylla	R.maritima	T.salina	TOT_ABS_COV	TOT_ABS_COV_SPE
FRONTIGNAN	PAL_FRO_01	0,40	0,04	0,00	4,12	2,29	6,85	6,85
FRONTIGNAN	PAL_FRO_02	3,49	2,20	0,00	20,11	1,45	27,25	27,25
FRONTIGNAN	PAL_FRO_03	0,73	3,94	0,00	8,55	2,03	15,25	15,25
FRONTIGNAN	PAL_FRO_04	1,43	15,13	1,73	61,79	2,93	83,00	83,00
FRONTIGNAN	PAL_FRO_05	25,85	7,65	0,00	0,00	0,00	33,50	33,50
FRONTIGNAN	PAL_FRO_06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FRONTIGNAN	PAL_FRO_07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FRONTIGNAN	PAL_FRO_08	4,37	0,00	0,00	16,71	0,92	22,00	22,00
FRONTIGNAN	PAL_FRO_09	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,40	0,40
FRONTIGNAN	PAL_FRO_10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10

SITE	ID_LAG	algues	A.filiformis	C.aspera	C.canescens	L.papulosum	R.peltatus	R.cirrrosa	R.maritima	Z.palustris	TOT_ABS_COV	TOT_ABS_COV_SPE
VILLENEUVE	PAL_VIL_01	0,53	41,18	0,00	0,00	1,65	0,00	0,00	0,65	0,00	44,00	43,48
VILLENEUVE	PAL_VIL_02	3,25	6,70	0,00	0,00	2,45	0,00	0,00	10,35	0,00	22,75	19,50
VILLENEUVE	PAL_VIL_03	0,00	5,35	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,75	0,00	6,50	6,50
VILLENEUVE	PAL_VIL_04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VILLENEUVE	PAL_VIL_05	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	4,50	0,50
VILLENEUVE	PAL_VIL_06	0,00	0,00	78,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,20	98,50	20,20
VILLENEUVE	PAL_VIL_07	10,30	0,00	33,48	2,75	0,00	24,40	0,00	0,00	1,58	72,50	1,58
VILLENEUVE	PAL_VIL_08	0,13	33,60	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,28	0,00	38,00	37,88
VILLENEUVE	PAL_VIL_09	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	1,50	1,50
VILLENEUVE	PAL_VIL_10	0,00	48,20	0,00	2,45	0,00	0,00	0,00	38,35	0,00	89,00	86,55

SITE	ID_LAG	algues	L.papulosum	R.maritima	T.salina	TOT_ABS_COV	TOT_ABS_COV_SPE
CAMARGUE_GARDOISE	PCA_CAP_01	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CAMARGUE_GARDOISE	PCA_CAP_02	85,00	0,00	0,00	0,00	85,00	0,00
CAMARGUE_GARDOISE	PCA_CAP_03	75,00	0,00	0,00	0,00	75,00	0,00
CAMARGUE_GARDOISE	PCA_CAP_04	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CAMARGUE_GARDOISE	PCA_CAP_05	73,40	2,48	7,62	0,00	83,50	10,10
CAMARGUE_GARDOISE	PCA_CHA_01	0,00	0,00	0,00	1,50	1,50	1,50
CAMARGUE_GARDOISE	PCA_CHA_02	8,61	0,23	0,01	0,66	9,50	0,90
CAMARGUE_GARDOISE	PCA_CHA_03	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CAMARGUE_GARDOISE	PCA_CHA_04	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CAMARGUE_GARDOISE	PCA_CHA_05	NA	NA	NA	NA	NA	NA

SITE	ID_LAG	A.filiformis	L.papulosum	R.helicophylla	R.maritima	T.hispanica	T.salina	TOT_ABS_COV	TOT_ABS_COV_SPE
SIGEAN	SIG_GSA_01	50,95	0,00	9,51	8,98	0,00	0,07	69,50	69,50
SIGEAN	SIG_GSA_02	6,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,65	6,65
SIGEAN	SIG_GSA_03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SIGEAN	SIG_GSA_04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SIGEAN	SIG_GSA_05	70,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	70,50	70,50
SIGEAN	SIG_GSA_06	13,17	0,00	17,17	0,10	0,32	0,00	30,75	30,75
SIGEAN	SIG_GSA_07	14,35	0,00	1,43	0,00	0,00	0,48	16,25	16,25
SIGEAN	SIG_GSA_08	27,95	17,84	18,60	3,61	0,00	0,00	68,00	68,00
SIGEAN	SIG_GSA_09	24,57	0,88	13,69	27,49	0,00	0,88	67,50	67,50
SIGEAN	SIG_GSA_10	25,18	8,24	7,72	2,29	0,00	14,57	58,00	58,00

SITE	ID_LAG	algues	A.filiformis	R.cirrrosa	R.maritima	TOT_ABS_COV	TOT_ABS_COV_SPE
VILLEROY	THA_SET_01	3,45	0,00	0,95	0,00	4,40	0,95
VILLEROY	THA_SET_02	1,50	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00
VILLEROY	THA_SET_03	0,00	14,88	0,00	19,88	34,75	34,75
VILLEROY	THA_SET_04	0,00	0,50	0,00	62,00	62,50	62,50
VILLEROY	THA_SET_05	0,00	25,45	0,00	26,55	52,00	52,00
VILLEROY	THA_SET_06	0,00	2,50	0,00	6,40	8,90	8,90
VILLEROY	THA_SET_07	0,00	0,00	0,00	1,15	1,15	1,15
VILLEROY	THA_SET_08	0,70	0,00	0,00	0,20	0,90	0,20
VILLEROY	THA_SET_09	0,00	0,00	0,00	13,15	13,15	13,15
VILLEROY	THA_SET_10	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,20