

Description méthodologique et analyse de la distribution des habitats en milieu lagunaire méditerranéen

Projet CHAMILA (Cartographie des HABitats en MILieu LAGunaire mediterrannéen) – Partie 1

Ouisse Vincent • Miramont Arthur • Bajjouk Touria • Cimiterra Nicolas • Derolez Valérie • Hugo Fontes • Giraud Anais • Vaz Sandrine

Contrat n°21.1002259

Ce guide décrit le contexte et les méthodes utilisées pour définir les habitats et présente également une analyse des données de distribution de ces habitats (partie 1 - projet CHAMILA). Il s'accompagne de fiches habitats qui reprennent les caractéristiques des principaux habitats (partie 2 - projet CHAMILA) et d'un atlas cartographique des habitats (partie 3 - projet CHAMILA).

Ce document doit être cité en utilisant le format suivant :

Ouisse Vincent, Miramont Arthur, Bajjouk Touria, Cimiterra Nicolas, Derolez Valérie, Fontes Hugo, Giraud Anais, Vaz Sandrine (2023). Description méthodologique et analyse de la distribution des habitats en milieu lagunaire méditerranéen. Projet CHAMILA – Partie 1. Ifremer, 64p + Annexe

Fiche documentaire

Titre du rapport : Rapport de projet	
Référence interne : R.ODE/UL/LERLR 23-09 Diffusion : <input checked="" type="checkbox"/> libre (internet) <input type="checkbox"/> restreinte (intranet) - date de levée d'embargo : AAA/MM/JJ <input type="checkbox"/> interdite (confidentielle) - date de levée de confidentialité : AAA/MM/JJ	Date de publication : AAA/MM/JJ Version : 1.0.0 Référence de l'illustration de couverture Crédit photo/titre/date Langue(s) : Français
Résumé/ Abstract : <p>Les lagunes côtières méditerranéennes sont aujourd'hui reconnues comme des écosystèmes complexes dont la richesse fonctionnelle résulte en partie de la mosaïque des habitats qu'elles abritent. La phase 2 du projet CHAMILA (Cartographie des HABitats en Milieu LAGunaire méditerranéen) vient ici consolider les premiers résultats cartographiques disponibles en mettant à disposition de nouvelles cartes d'habitats de niveau 6 (incluant la biologie) sur l'ensemble des 36 lagunes méditerranéennes françaises concernées par la DCE et en fiabilisant en termes de méthodes et d'incertitudes ces cartographies. Les résultats de ce projet font l'objet (1) du présent rapport (éléments de contexte, résumé des méthodes et des données, analyse de la distribution des principaux habitats à l'échelle de la façade), (2) d'un atlas cartographique à l'échelle de la lagune et (3) d'une description des 15 principaux habitats des lagunes méditerranéennes françaises. La nouvelle version de la typologie d'habitat lagunaire inclut la salinité, la température, la nature du substrat, la zone biologique, l'hydrodynamisme, le niveau trophique et la biologie. Sur la base de données actualisées sur la période 2016-2022, 169 habitats sont aujourd'hui décrits (contre 224 habitats dans la version précédente) sur l'ensemble des lagunes méditerranéennes côtières françaises, avec 1 à 22 habitats différents par lagune. L'analyse de ces résultats soulignent l'unicité des habitats lagunaires à l'échelle de la façade où 148 d'entre eux ne sont présents que dans une seule lagune. Les habitats poly-euhalins couverts d'une végétation éparses et les habitats poly-euhalins dont la couverture végétale est dominée par des macro-algues apparaissent comme largement majoritaires à l'échelle de la façade méditerranéenne française, tant en terme de surface, du nombre d'habitats différents et du nombre de lagune dans lesquelles ces habitats sont décrits. Ces nouvelles connaissances constituent un outil important de gestion et de planification spatiale aussi bien à l'échelle locale et régionale.</p> <p>Mediterranean coastal lagoons are now recognized as complex ecosystems whose functional richness is due in part to the mosaic of habitats. Phase 2 of the CHAMILA (Cartographie des HABitats en Milieu LAGunaire méditerranéen) project consolidates the first available cartographic results by providing new habitat maps (level 6 including biology) for all 36 French Mediterranean lagoons covered by the WFD, and by making these maps more reliable in terms of methods and uncertainties. The results of this project are the subject of (1) this report (context,</p>	

summary of methods and data, analysis of the distribution of the main habitats on a façade scale), (2) a cartographic atlas on a lagoon scale and (3) a description of the 15 main habitats of French Mediterranean lagoons. The new version of the lagoon habitat typology includes salinity, temperature, substrate type, biological zone, hydrodynamics, trophic richness and biology. Based on updated data for the period 2016-2022, 169 habitats are now described (compared to 224 habitats in the previous version) across all French coastal Mediterranean lagoons, with 1 to 22 different habitats per lagoon. Analysis of these results highlights the uniqueness of lagoon habitats across the entire coastline, with 148 of them present in just one lagoon. Poly-euhaline habitats covered with sparse vegetation and poly-euhaline habitats whose plant cover is dominated by macro-algae appear to be in the majority on the scale of the French Mediterranean coast, in terms of surface area, the number of different habitats and the number of lagoons in which these habitats are described. This new knowledge constitute an important management and spatial planning tool on both a local and regional scale.

Mots-clés/ Key words :

Habitat, Cartographie, Typologie, Lagune méditerranéenne
Habitat, Map, Typology, Mediterranean lagoons

Comment citer ce document :

Ouisse Vincent, Miramont Arthur, Bajjouk Touria, Cimiterra Nicolas, Derolez Valérie, Fontes Hugo, Giraud Anais, Vaz Sandrine (2023). Description méthodologique et analyse de la distribution des habitats en milieu lagunaire méditerranéen. Projet CHAMILA - Partie 1. Ifremer, 64p + Annexe

Disponibilité des données de la recherche :

Ouisse Vincent, Miramont Arthur, Bajjouk Touria, Cimiterra Nicolas, Derolez Valérie, Fontes Hugo, Giraud Anais, Vaz Sandrine (2023). Fiches descriptives des habitats en milieu lagunaire méditerranéen. Projet CHAMILA - Partie 2. Ifremer, 42p

Ouisse Vincent, Miramont Arthur, Bajjouk Touria, Cimiterra Nicolas, Derolez Valérie, Fontes Hugo, Giraud Anais, Vaz Sandrine (2023). Atlas Cartographique des habitats en milieu lagunaire méditerranéen. Projet CHAMILA - Partie 3. Ifremer, 80p

Miramont Arthur, Menu Marion, Vaz Sandrine, Ouisse Vincent (2023). Carte de Température-Salinité des lagunes méditerranéennes françaises listées au titre des masses d'eau de transition de la Directive Cadre sur Eau : critère 1 de la typologie d'habitats lagunaires du projet CHAMILA. IFREMER.

<https://doi.org/10.12770/aa238b1d-f9f0-4b82-b894-4713621c2714>

Miramont Arthur, Menu Marion, Vaz Sandrine, Ouisse Vincent (2023). Carte du Substrat des lagunes méditerranéennes françaises listées au titre des masses d'eau de transition de la Directive Cadre sur Eau : critère 2 de la typologie d'habitats lagunaires du projet CHAMILA. IFREMER.

<https://doi.org/10.12770/b887bc5c-0114-4f13-8624-4c47c095abbe>

Miramont Arthur, Menu Marion, Vaz Sandrine, Ouisse Vincent (2023). Carte de la Zone Biologique des lagunes méditerranéennes françaises listées au titre des masses d'eau de transition de la Directive Cadre sur Eau : critère 3 de la typologie d'habitats lagunaires du projet CHAMILA. IFREMER.

<https://doi.org/10.12770/c7e55cea-688b-48b2-b74b-85e3f61e7d4a>

Miramont Arthur, Menu Marion, Vaz Sandrine, Ouisse Vincent (2023). Carte de l'Hydrodynamisme des lagunes méditerranéennes françaises listées au titre des masses d'eau de transition de la Directive Cadre sur Eau : critère 4 de la typologie d'habitats lagunaires du projet CHAMILA. IFREMER.

<https://doi.org/10.12770/c39ba8d4-32c6-459d-bc23-3d2b9a5de989>

Miramont Arthur, Menu Marion, Vaz Sandrine, Ouisse Vincent (2023). Carte du Niveau Trophique des lagunes méditerranéennes françaises listées au titre des masses d'eau de transition de la Directive Cadre sur Eau : critère 5 de la typologie d'habitats lagunaires du projet CHAMILA. IFREMER.

<https://doi.org/10.12770/0fbf6e0e-697f-45db-a455-da73df48a2b2>

Miramont Arthur, Menu Marion, Vaz Sandrine, Ouisse Vincent (2023). Carte de la Biologie des lagunes méditerranéennes françaises listées au titre des masses d'eau de transition de la Directive Cadre sur Eau : critère 6 de la typologie d'habitats lagunaires du projet CHAMILA. IFREMER.

<https://doi.org/10.12770/a3f8dda9-c857-449f-91a1-830b95b52c75>

Miramont Arthur, Menu Marion, Vaz Sandrine, Ouisse Vincent (2023). Carte des Habitats de niveau 6 des lagunes méditerranéennes françaises listées au titre des masses d'eau de transition de la Directive Cadre sur Eau. IFREMER.

<https://doi.org/10.12770/3a8c573f-4cb3-418b-a342-df4aaefb4822>

Miramont Arthur, Vaz Sandrine, Ouisse Vincent (2023). Carte des incertitudes liées à la définition des habitats de niveau 6 des lagunes méditerranéennes françaises listées au titre des masses d'eau de transition de la Directive Cadre sur Eau. IFREMER. <https://doi.org/10.12770/5f928677-129f-451a-8de2-c3cb7c7b4449>

DOI :

Commanditaire du rapport : AERMC	
Nom / référence du contrat : <input type="checkbox"/> Rapport intermédiaire (réf. bibliographique : XXX) <input checked="" type="checkbox"/> Rapport définitif	
Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit : CHAMILA Cartographie des HABitats en Milieu Lagunaire mediterraneen	
Auteur(s) / adresse mail	Affiliation / Direction / Service, laboratoire
Ouisse Vincent	Ifremer/ODE/UL/LERLR, Sète
Miramont Arthur	Ifremer/ODE/UL/LERLR, Sète
Bajjouk Touria	Ifremer/ODE/DYNECO/LEBCO, Brest
Cimiterra Nicolas	Ifremer/ODE/UL/LERLR, Sète
Derolez Valérie	Ifremer/ODE/UL/LERLR, Sète
Fontes Hugo	Tour du Valat, Arles
Giraud Anais	AERMC, Montpellier
Vaz Sandrine	Ifremer/RBE/MARBEC/LCHM, Sète
Encadrement(s) :	
Destinataire : Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse	
Validé par :	

Table des matières

1 Contexte et objectifs.....	9
Contexte général du projet.....	9
Objectifs.....	10
2 Méthodologies CHAMILA.....	11
Périmètre géographique.....	11
Typologie CHAMILA.....	12
Définition des critères et des données utilisées.....	14
Méthode cartographique.....	25
Définition des habitats et groupes d'habitats homogènes.....	28
3 Analyse des résultats.....	31
Distribution des habitats à l'échelle de la façade méditerranéenne française.....	31
Diversité des habitats au sein des lagunes méditerranéennes française.....	41
4 Synthèse et perspectives.....	59
5 Références bibliographiques.....	61
6 Remerciements.....	63
7 Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.....	65

1 Contexte et objectifs

1.1 Contexte général du projet

Ce projet s'inscrit dans la continuité de la première phase du projet CHAMILA (Cartographie des HABitats en Milieu LAGunaire méditerranéen) mené en 2018-2019. La phase 1 du projet a permis de définir d'une part une typologie d'habitats (Menu *et al.*, 2019). Celle-ci liste de manière hiérarchique les facteurs qui structurent l'habitat lagunaire en s'attachant à répondre aux lignes directrices de la typologie EUNIS tout en prenant en compte la complexité et la disponibilité des données existantes. La typologie proposée définit ainsi six niveaux successifs en intégrant cinq critères abiotiques (la salinité, le substrat, la lumière disponible, l'exposition à l'hydrodynamisme et l'état trophique) et enfin la biologie

Cette première phase du projet CHAMILA a permis d'autre part d'établir une première cartographie des habitats lagunaires à l'échelle de la façade méditerranéenne (Menu *et al.*, 2019). Ce premier regard sur les habitats lagunaires se présente aujourd'hui sous la forme de cartographies des habitats de 36 lagunes permanentes méditerranéennes françaises, définies comme des masses d'eau de transition au titre de la DCE. Cette première démarche a ainsi mis en évidence la force des réseaux locaux, régionaux ou nationaux dans l'acquisition de données sur les milieux lagunaires méditerranéens puisque 31 des 36 cartes d'habitats de niveau 6 ont pu être produites à l'échelle du 1/100 000. Ce travail de synthèse des données existantes, d'homogénéisation et de définition de méthodes met aujourd'hui en évidence la mosaïque d'habitat abritée par ces milieux souvent considérés comme relativement homogènes dans les directives Habitats Faune Flore (DHFF) et Cadre sur l'Eau (DCE).

Les résultats issus de ce travail illustrent ainsi la diversité des habitats à l'échelle de chacune des lagunes ainsi que le caractère relativement unique de chacun de ces habitats à l'échelle de la façade méditerranéenne française. L'intégration de cette nouvelle connaissance permet aujourd'hui de disposer d'outils d'aide à la définition de stratégie spatiale d'échantillonnage mais également d'aide à la gestion et à la planification, à l'échelle locale et régionale. La définition structurelle de ces habitats est un premier pas vers la définition d'habitats fonctionnels pour les organismes fréquentant ces lagunes. Chacune de ces lagunes doit en effet être considérée comme un « super habitat » assurant une ou plusieurs fonctions données pour de nombreuses espèces mais aussi comme une mosaïque d'habitats assurant des fonctions propres et pas forcément redondantes. Cette première phase du projet CHAMILA a enfin fait émerger trois axes de travail :

1. **Acquisition de données** : bien que la stratégie d'échantillonnage des données soit souvent en lien direct avec la surface de chaque masse d'eau et le niveau d'homogénéité du paramètre au sein de la lagune, il existe une grande disparité en termes de nombre de stations, de période et de fréquence d'échantillonnage. Les résultats mettent en particulier en évidence les disparités spatiales de données brutes, les manques voire absences de connaissances sur certaines lagunes.
2. **Méthodes de spatialisation** de l'information : le choix entre sectorisation et krigeage (interpolation statistique) est régi par la superficie de la lagune et le nombre d'observations disponibles. Les prédictions qui résultent du krigeage s'avèrent plus fiables et proches du phénomène étudié car cette méthode caractérise le comportement

spatial de la variable environnementale contrairement à la sectorisation basée uniquement sur la position des points

3. **Spatialisation de l'incertitude** : un indice de fiabilité est dans le cadre de la première phase proposé par critère et par lagune. La spatialisation de cet indice permettrait de proposer une carte d'indice de confiance associée à la carte d'habitats.

1.2 Objectifs

Dans ce contexte, la phase 2 du projet CHAMILA vise à **consolider** les premiers résultats cartographiques aujourd'hui disponibles :

- ➔ en mettant à disposition des cartes d'habitats de niveau 6 actualisées sur l'ensemble des lagunes méditerranéennes françaises concernées par la DCE,
- ➔ en fiabilisant en termes de méthodes et d'incertitudes ces cartographies.

Ces résultats font l'objet (1) d'un Atlas cartographique à l'échelle de la lagune, (2) d'une description des principaux habitats des lagunes méditerranéennes françaises et (3) d'une analyse de leurs distribution afin de mieux appréhender la notion complexe des habitats lagunaires.

Ce rapport contient des éléments de contexte, un résumé des méthodes et des données utilisées ainsi que l'analyse de la distribution des principaux habitats à l'échelle de la façade. Certains éléments sont directement issus du document produit dans le cadre de la première phase du projet CHAMILA (Menu *et al.*, 2019).

2 Méthodologies CHAMILA

2.1 Périmètre géographique

Dans le cadre du projet CHAMILA, le **périmètre des lagunes correspond à celui défini par la typologie nationale T10 « Lagunes méditerranéennes »** des eaux de transition (circulaire n°2005-11 du 29 avril 2005, Directive Cadre sur l'Eau). Dans cette typologie, les lagunes méditerranéennes sont regroupées en unités homogènes selon des facteurs physiques et chimiques communs qui déterminent les caractéristiques des eaux et donc la structure et la composition de la population biologique. Cette typologie aboutit ainsi en France à la définition de masses d'eau considérées homogènes.

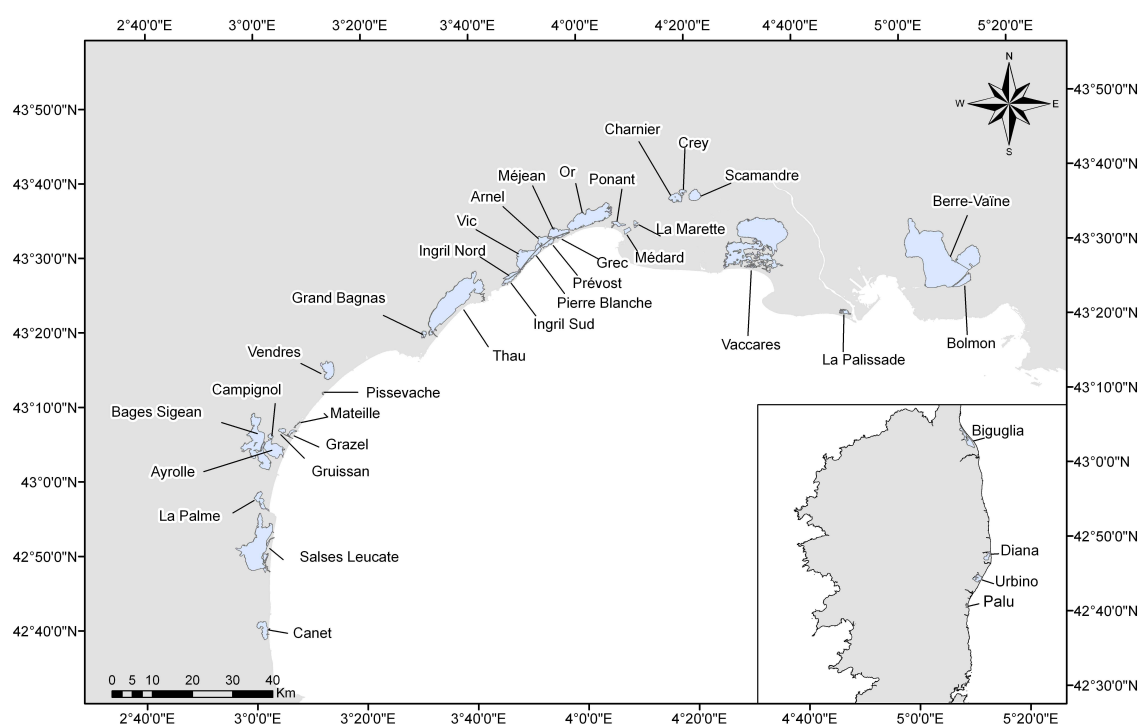


Figure 1: Localisation des 36 lagunes considérées dans le cadre du projet CHAMILA

Le projet CHAMILA considère ainsi **36 masses d'eau** (Tableau 1) réparties le long de la façade méditerranéenne française (Figure 1). Certains complexes lagunaires définis dans le cadre de la DCE ont été subdivisés (cas du complexe du Narbonnais, des étangs Palavasiens et de la Petite Camargue) ou regroupés (cas de Berre et Vaïne) pour prendre en compte les masses d'eau physiques. Le Tableau 1 reprend la nomenclature des 36 lagunes ainsi que leurs code et libellé utilisés dans le cadre de la DCE.

Même si l'emprise spatiale du projet CHAMILA est limitée aux masses d'eau avec une mise en eau permanente telles que définies dans la DCE, la démarche développée ici n'exclut pas une application aux masses d'eau temporaires adjacentes étudiées dans le cadre du Plan régional d'action en faveur de la conservation des lagunes temporaires méditerranéennes (Projet en cours, Conservatoire National Botanique Méditerranéen de Porquerolles, AERMC).

Tableau 1: Liste des lagunes considérées dans le projet CHAMILA et correspondances avec la typologie DCE

ID	Libellé	Code DCE	Libellé DCE	Surface (km ²)	Type DCE
01CAN	Canet	FRDT01	Canet	6,43	poly/euhaline
02SLE	Salses Leucate	FRDT02	Salses-Leucate	52,88	poly/euhaline
03LPA	La Palme	FRDT03	Etang de La Palme	6,94	poly/euhaline
04BAG	Bages Sigean	FRDT04	Complexe du Narbonnais Bages - Sigean	37,05	poly/euhaline
05AYR	Ayrolle	FRDT05A	Complexe du Narbonnais Ayrolle	13,23	poly/euhaline
06CAM	Campagnol	FRDT05B	Complexe du Narbonnais Campagnol	1	oligo/mésosaline
07GRU	Gruissan	FRDT06A	Complexe du Narbonnais Gruissan	1,31	poly/euhaline
08GRA	Grazel	FRDT06B	Complexe du Narbonnais Grazel/Mateille	1,15	poly/euhaline
09MAT	Mateille	FRDT06B	Complexe du Narbonnais Grazel/Mateille	0,27	poly/euhaline
10PSV	Pissevache	FRDT07	Pissevaches	0,12	poly/euhaline
11VDR	Vendres	FRDT08	Vendres	6,6	oligo/mésosaline
12GBA	Grand Bagnas	FRDT09	Grand Bagnas	1,69	oligo/mésosaline
13THA	Thau	FRDT10	Etang de Thau	67,7	poly/euhaline
14INS	Ingril Sud	FRDT11C	Etangs Palavasiens Ouest	3,17	poly/euhaline
15INN	Ingril Nord	FRDT11C	Etangs Palavasiens Ouest	2,28	poly/euhaline
16PBL	Pierre Blanche	FRDT11C	Etangs Palavasiens Ouest	3,14	poly/euhaline
17VIC	Vic	FRDT11C	Etangs Palavasiens Ouest	12,96	poly/euhaline
18PRV	Prévest	FRDT11B	Etangs Palavasiens Est	2,46	poly/euhaline
19ARN	Arnel	FRDT11B	Etangs Palavasiens Est	4,42	poly/euhaline
20GRC	Grec	FRDT11B	Etangs Palavasiens Est	1,08	poly/euhaline
21MEJ	Méjean	FRDT11B	Etangs Palavasiens Est	7,12	poly/euhaline
22OR	Or	FRDT11A	Etang de l'Or	31,31	poly/euhaline
23PON	Ponant	FRDT12	Etang du Ponant	1,92	poly/euhaline
24MED	Médard	FRDT13C	Petite Camargue Médard	1,42	poly/euhaline
25MAR	La Marette	FRDT13E	Petite Camargue Marette	1,3	oligo/mésosaline
26CHR	Charnier	FRDT13H	Petite Camargue Scamandre- Charnier	4,87	oligo/mésosaline
27CRE	Crey	FRDT13H	Petite Camargue Scamandre- Charnier	1,42	oligo/mésosaline
28SCM	Scamandre	FRDT13H	Petite Camargue Scamandre- Charnier	5,92	oligo/mésosaline
29VAC	Vaccarès	FRDT14A	Camargue Complexe Vaccarès	101,22	poly/euhaline
30PAL	La Palissade	FRDT14C	Camargue La Palissade	2,95	oligo/mésosaline
31BER	Berre Vaine	FRDT15	Etang de Berre /Grand Etang Vaine	154,97	poly/euhaline
32BOL	Bolmon	FRDT15C	Etang de Berre Bolmon	6,01	oligo/mésosaline
33BIG	Biguglia	FRET01	Etang de Biguglia	13,75	poly/euhaline
34DIA	Diana	FRET02	Etang de Diana	5,4	poly/euhaline
35URB	Urbino	FRET03	Etang d'Urbino	7,58	poly/euhaline
36PAL	Palu	FRET04	Etang de Palu	1,08	poly/euhaline

2.2 Typologie CHAMILA

La typologie des habitats lagunaires utilisée dans ce travail s'appuie sur la typologie développée dans le cadre de la première phase du projet (Menu *et al.*, 2019). Celle-ci est hiérarchique et basée sur la définition de critères structurants, classés dans un certain ordre, afin de définir successivement des niveaux d'habitats. L'ordre des critères répond à un compromis entre une intégration dans EUNIS, la prise en compte des facteurs structurants les habitats au sein des lagunes méditerranéennes ainsi que la complexité et la disponibilité des données.

La typologie est conçue comme une base dont chaque niveau dépend du niveau précédent. Chaque niveau introduit un critère supplémentaire et crée des classes d'habitats en combinant progressivement les critères structurants. Cette typologie intégrant critères et niveaux est synthétisée dans la Figure 2.

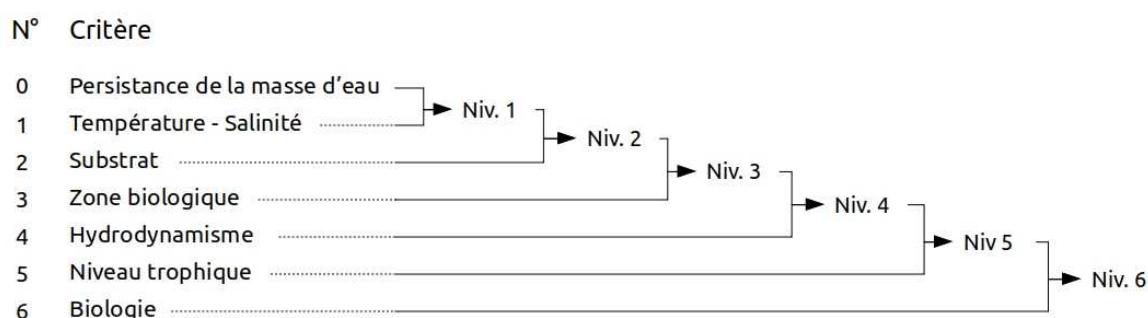


Figure 2: Critères et niveaux typologiques utilisés dans le cadre de la description des habitats dans les lagunes méditerranéennes françaises

La typologie proposée pour les lagunes méditerranéennes intègre sept critères structurants :

- **Critère 0 : Persistance de la masse d'eau**
- **Critère 1 : Température – Salinité.** La salinité est définie comme un des paramètres les plus structurants des habitats lagunaires par de nombreux auteurs (Guelorget et Pertuisot, 1984 ; Le Fur *et al.*, 2018 par exemple). Les milieux lagunaires sont caractérisés par de fortes variations de salinité, pouvant aller de l'eau saumâtre à l'hypersalinité à des échelles intra-annuelles. Ces variations dépendent de la pluviosité, des apports d'eau douce continentale et des échanges avec la mer via les graus. A l'échelle spatiale intra-lagunaire, la salinité est également considéré comme un proxy du confinement. La température est incluse dans cette nouvelle version de la typologie comme un facteur structurant l'habitat à l'échelle des lagunes méditerranéennes françaises.
- **Critère 2 : Substrat.** Il joue un rôle prépondérant dans la distribution des organismes. Dans la typologie EUNIS, sont distingués les substrats mobiles qui comprennent les galets, les cailloutis, le sable et la vase, équivalents au sédiment des lagunes généralement de type vaseux ou sablo-vaseux des substrats dits immobiles (les fonds rocheux continus durs et tendres, blocs immobiles, les rochers et les galets consolidés durs) ici exclus.
- **Critère 3 : Zone biologique** (lumière disponible au fond). Elle est caractérisée par la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau. La lumière disponible constitue un paramètre clé dans la distribution des communautés benthiques, notamment pour les habitats de milieux rocheux. Dans la typologie EUNIS, il correspond à l'étagement qui est accolé au substrat (ex : Infralittoral rock). Ce paramètre clé dans la typologie EUNIS semble également déterminant pour le développement d'organismes autotrophes structurants dans les lagunes méditerranéennes parfois relativement turbides.
- **Critère 4 : Hydrodynamisme** (tension de cisaillement sur le fond). Ce critère est déterminant dans la structuration spatiale des habitats marins dans la classification EUNIS. Il apparaît comme relativement moins important dans les lagunes qui sont des écosystèmes micro à nano-tidaux. Pourtant, il peut jouer un rôle important dans la distribution d'espèces de macrophytes (Ouisse *et al.*, 2014). Dans les milieux semi-fermés peu profonds tels que les lagunes méditerranéennes, la circulation des masses d'eau résulte principalement de l'action du vent. Il s'exerce alors une tension de cisaillement sur le fond, que ce soit par les courants ou par les vagues, qui peut conduire à une remise en suspension des particules. Si la part de la tension sur le fond due aux courants peut être considérée comme négligeable (Fiandrino et Verney, 2010), celle due aux vagues est en revanche à considérer dans les lagunes méditerranéennes.
- **Critère 5 : Niveau trophique.** Ce critère renseigne sur la capacité de la masse d'eau à soutenir une productivité importante.
- **Critère 6 : Biologie.** Ce dernier critère, basé ici sur la distribution des macrophytes, est extrêmement structurant pour l'habitat aussi bien pour la macrofaune benthique (Ouisse *et al.*, 2023) que pour les poissons peu mobiles (juvéniles ou poissons sédentaires, Iotti *et al.*, 2023 par exemple).

L'oxygène, bien qu'influençant directement le fonctionnement biologique, est également en partie la résultante des activités biologiques. Les données décrivant la contamination chimique et de leurs effets est à ce jour relativement parcellaire. Enfin, le caractère stratifié d'une lagune méditerranéenne concerne uniquement la lagune de Berre (et éventuellement Biguglia dans une autre mesure). Pour toutes ces raisons, ces critères ne seront pas considérés dans la typologie proposées dans le cadre de ce projet.

La nature des berges ainsi que leur degré d'artificialisation et de rugosité peuvent jouer un rôle fonctionnel pour de nombreuses espèces. Bien qu'elles n'apparaissent pas dans la typologie, elles sont ajoutées directement sur les cartographies finales des habitats par superposition.

2.3 Définition des critères et des données utilisées

Dans le cadre de la phase 2 du projet CHAMILA, la cartographie des habitats et l'analyse de leur distribution correspond à une **situation « moyenne » estivale** (de mai à septembre) pendant la **période 2016 à 2021** (contre la période de 2012 à 2017 pour la phase 1 du projet). Toutefois, des données hors de cette période ont parfois été utilisées afin (1) de consolider la vision d'un critère qui évolue peu (critère 2) ou (2) de palier l'absence de données sur la période souhaitée.

Les paragraphes suivants décrivent les données utilisées pour chaque critère. Leur définition est ici volontairement rapide (exceptée pour la température qui a été ajoutée dans cette nouvelle version de la typologie) mais l'ensemble des informations reste disponible dans le rapport de la première phase du projet (Menu *et al.*, 2019).

2.3.1 Critère 1 : Température - Salinité

2.3.1.1 Choix de la période

De manière générale, les données ont été collectées entre mai et septembre sur la période 2016-2021 (Tableau 2). Pour la salinité, certaines données sont issues de relevés réalisés en 2022 dans le cadre du projet CHAMILA afin de couvrir l'ensemble des masses d'eau.

2.3.1.2 Description des données disponibles

L'imagerie satellite représente une source de données permettant d'estimer la température de surface à une large échelle spatiale et régulièrement dans le temps. Plusieurs sources sont disponibles pour acquérir ces données. Dans le cadre de cette étude, les **données de température de surface (ST) issues de Landsat 8 et 9** ont été sélectionnées. Les satellites Landsat 8 et 9 disposent de deux types de capteurs : Operational Land Imager (OLI) et Thermal Infrared Sensor (TIRS). Les capteurs TIRS mesurent deux bandes dans l'infrarouge thermique à 10 et 11 μm avec une résolution spatiale de 100m et temporelle d'environ 30 jours. Pour correspondre à la résolution spatiale de 30m du capteur OLI, les images sont rééchantillonnées ultérieurement. A partir des capteurs de Landsat 8, différentes données sont disponibles. Depuis 2020, l'United States Geological Society (USGS) met directement à disposition des données de température de surface. Ces données proviennent des bandes infrarouges thermiques combinées à des données auxiliaires, ce qui permet de générer la température de surface ainsi qu'une incertitude liée à celle-ci (USGS s.d.). Bien qu'axées principalement sur les données terrestres, ces mesures de températures de surfaces peuvent également être appliquées aux eaux côtières (Brando *et al.*, 2015). Pour cette étude, les données ST ont été obtenues *via* le site [Projet CHAMILA - Phase 2](#)

EarthExplorer, couvrant la période du 01/01/2017 au 31/12/2021. Seules les images ayant un taux de recouvrement nuageux inférieur à 33% ont été conservées. Les données de ST et l'incertitude associée ont été transformées, d'abord des données numériques brutes en degrés Kelvin (K), puis en degrés Celsius (°C). Par la suite, une sélection a été effectuée pour conserver uniquement les zones correspondant aux lagunes, tout en excluant les données dans une zone tampon de 60m près des bordures (zone de mauvaise estimation de la température liée à la faible profondeur). Les pixels pour lesquels l'incertitude dépasse 4°C ont également été exclus. Il a été observé que les données ST ont tendance à surestimer la température réelle, comme précédemment démontré (Vanhellemont *et al.*, 2022). En conséquence, les températures ont été corrigées à partir d'une relation entre les données satellites et les données mesurées *in situ*.

Les données de salinité sont issues des programmes RSL/DCE (Réseau de suivi lagunaire/ Directive Cadre sur l'Eau), REPHY (REseau d'observation et de surveillance du PHYtoplancton et des phycotoxines) et FILMED (Forum Interrégional des Lagunes MEDiterrannéennes). En complément, des données issues de certains acteurs locaux ont également été considérées ponctuellement (Tableau 2).

Tableau 2: Description des données de salinité utilisées pour caractériser le critère 1 « Température - Salinité »

ID	Lagune	Période	Nombre de Données	Nombre de Station	Programme source
01CAN	Canet	2016-2021	1233	7	FILMED - RSLHYD-DCE
02SLE	Salses Leucate	2016-2021	618	7	FILMED - REPHY - RSLHYD-DCE
03LPA	La Palme	2016-2021	272	5	FILMED - RSLHYD-DCE
04BAG	Bages Sigean	2016-2021	222	6	FILMED - RSLHYD-DCE
05AYR	Ayrolle	2016-2021	205	3	FILMED - REPHY - RSLHYD-DCE
06CAM	Campagnol	2017-2021	92	6	FILMED - RSLHYD-DCE
07GRU	Gruissan	2017-2021	10	2	REPHY - RSLHYD-DCE
08GRA	Grazel	2022-2022	3	3	CHAMILA
09MAT	Mateille	2022-2022	2	2	CHAMILA
10PSV	Pissevache	2016-2022	62	4	CHAMILA - FILMED
11VDR	Vendres	2016-2021	239	7	FILMED - RSLHYD-DCE
12GBA	Grand Bagnas	2016-2021	958	11	FILMED - RSLHYD-DCE
13THA	Thau	2016-2021	767	7	REPHY - RSLHYD-DCE
14INS	Ingril Sud	2017-2019	85	1	REPHY
15INN	Ingril Nord	2016-2021	18	1	RSLHYD-DCE
16PBL	Pierre Blanche	2022-2022	10	10	CHAMILA
17VIC	Vic	2016-2021	40	3	FILMED - REPHY - RSLHYD-DCE
18PRV	Prévost	2016-2021	91	2	REPHY - RSLHYD-DCE
19ARN	Arnel	2013-2014	15	1	RSLHYD-DCE
20GRC	Grec	2016-2021	18	1	RSLHYD-DCE
21MEJ	Méjean	2016-2021	191	5	FILMED - RSLHYD-DCE
22OR	Or	2016-2021	349	7	FILMED - RSLHYD-DCE
23PON	Ponant	2017-2021	77	2	REPHY - RSLHYD-DCE
24MED	Médard	2016-2021	45	1	FILMED
25MAR	La Marette	2016-2021	83	5	FILMED - RSLHYD-DCE
26CHR	Charnier	2016-2021	73	5	FILMED - RSLHYD-DCE
27CRE	Crey	2016-2021	77	4	FILMED - RSLHYD-DCE
28SCM	Scamandre	2016-2021	82	5	FILMED - RSLHYD-DCE
29VAC	Vaccarès	2016-2021	243	5	FILMED - RSLHYD-DCE
30PAL	La Palissade	2016-2021	180	7	FILMED - RSLHYD-DCE
31BER	Berre Vaine	2016-2021	6697	12	FILMED - RSLHYD-DCE
32BOL	Bolmon	2017-2021	27	3	RSLHYD-DCE
33BIG	Biguglia	2016-2021	36	2	RSLHYD-DCE
34DIA	Diana	2016-2021	175	1	REPHY - RSLHYD-DCE
35URB	Urbino	2016-2021	54	5	ISULA_CORSIKA - REPHY - RSLHYD-DCE
36PAL	Palu	2016-2021	21	4	ISULA_CORSIKA - RSLHYD-DCE

2.3.1.3 Choix des descripteurs

La température médiane a été calculée, pour chaque pixel de l'image, comme la médiane des valeurs mesurées sur la période. Dans un second temps, la température médiane de la lagune a été calculée à l'échelle de la lagune. **Le descripteur de la température** intervenant dans le critère 1 « Température-Salinité » est donc **à l'échelle de la lagune**.

Afin de rendre compte de la valeur centrale ainsi que de la variabilité temporelle, les valeurs médiane de salinité (mesurées au fond) et l'écart-type de salinité sur la période étudiée sont utilisées à l'échelle de chaque station de mesure comme les deux descripteurs du critère 1 « Température-Salinité ».

2.3.1.4 Classification

La tolérance des organismes à la température est extrêmement variable. Il n'existe donc aucun seuil universel dans la littérature. Deux classes de température ont ainsi été définies. Le seuil séparant ces deux classes a été défini par croisement de plusieurs méthodes de partitions de classes appliquées à toutes les températures médianes. Ce seuil statistique de 22,3°C permet de distinguer les lagunes « plus chaudes » (température élevée) des lagunes « plus froides » (température basse) dans le contexte méditerranéen français (Tableau 3).

Tableau 3: Seuils, classes et codes utilisés pour décrire la température du critère « Température - Salinité » (critère 1)

Valeur Médiane	Classe	Code
T < 22,3°C	Température basse	1
T ≥ 22,3 °C	Température élevée	2

La salinité médiane est classée selon la typologie actuellement utilisée dans le cadre de la DCE (classification de Venise), et précédemment utilisée dans le projet CHAMILA. La variation de la salinité est également basée sur les seuils précédemment utilisés dans la première phase du projet (Tableau 4).

Tableau 4: Seuils, classes et codes utilisés pour décrire la salinité du critère « Température - Salinité » (critère 1)

Valeur Médiane	Variabilité	Classe	Code
[0 ; 5[	< 2,5	Oligohalin stable	1a
[0 ; 5[	≥ 2,5	Oligohalin variable	1b
[5 ; 18[	< 6,5	Mésohalin stable	2a
[5 ; 18[	≥ 6,5	Mésohalin variable	2b
[18 ; 30[	< 6	Polyhalin stable	3a
[18 ; 30[	≥ 6	Polyhalin variable	3b
[30 ; 40[	< 5	Euhalin stable	4a
[30 ; 40[	≥ 5	Euhalin variable	4b
[40 ; 80[	< 5	Hyperhalin stable	5a
[40 ; 80[	≥ 5	Hyperhalin variable	5b

2.3.2 Critère 2 : Substrat

2.3.2.1 Choix de la période

Le substrat (au sens granulométrie) est un critère considéré comme peu évolutif. Comme dans la première phase du projet, l'ensemble des données disponibles a été utilisé. Elles couvrent la période 1999-2022.

2.3.2.2 Description des données disponibles

Les données sont principalement issues du RLSLED (Réseau de Suivi Lagunaire, compartiment sédiment). Les données acquises en 2022 dans le cadre du projet CHAMILA couvrent les lagunes de Pissevache (3 stations), Grazel (3 stations), Mateille (2 stations), Médard (4 stations) et Vaccarès (29 stations supplémentaires au Sud, Tableau 5).

Tableau 5: Description des données sédimentaires utilisées pour la caractérisation du critère 2 « Substrat »

ID	Lagune	Période	Nombre de Données	Nombre de Station	Programme source
01CAN	Canet	2002-2012	30	15	RLSLED
02SLE	Salses Leucate	1999-2009	160	74	RLSLED
03LPA	La Palme	2002-2013	36	12	RLSLED
04BAG	Bages Sigean	1999-2015	140	36	RLSLED
05AYR	Ayrolle	1999-2010	42	14	RLSLED
06CAM	Campagnol	1999-2013	17	9	RLSLED
07GRU	Gruissan	1999-2010	9	3	RLSLED
08GRA	Grazel	2022-2022	3	3	CHAMILA
09MAT	Mateille	2022-2022	2	2	CHAMILA
10PSV	Pissevache	2022-2022	3	3	CHAMILA
11VDR	Vendres	2002-2013	14	14	RLSLED
12GBA	Grand Bagnas	2002-2013	8	8	RLSLED
13THA	Thau	1998-2014	196	75	RLSLED
14INS	Ingril Sud	1999-2011	31	9	RLSLED
15INN	Ingril Nord	1999-2011	18	5	RLSLED
16PBL	Pierre Blanche	2001-2011	30	10	RLSLED
17VIC	Vic	2001-2011	70	29	RLSLED
18PRV	Prévost	2001-2012	29	10	RLSLED
19ARN	Arnel	2001-2012	27	9	RLSLED
20GRC	Grec	1999-2012	28	8	RLSLED
21MEJ	Méjean	2001-2012	39	13	RLSLED
22OR	Or	1999-2010	73	32	RLSLED
23PON	Ponant	2002-2002	7	7	RLSLED
24MED	Médard	2002-2022	8	8	CHAMILA - RLSLED
25MAR	La Marette	2004-2013	28	16	RLSLED
26CHR	Charnier	2013-2013	4	4	RLSLED
27CRE	Crey	2013-2013	3	3	RLSLED
28SCM	Scamandre	2013-2013	4	4	RLSLED
29VAC	Vaccarès	2003-2022	50	50	CHAMILA - RLSLED
30PAL	La Palissade	2013-2013	5	5	RLSLED
31BER	Berre Vaine	2011-2011	21	21	RLSLED
32BOL	Bolmon	2013-2013	3	3	RLSLED
33BIG	Biguglia	1999-2013	58	27	RLSLED
34DIA	Diana	1999-2013	42	16	RLSLED
35URB	Urbino	1999-2013	51	18	RLSLED
36PAL	Palu	2013-2013	6	6	RLSLED

2.3.2.3 Choix des descripteurs

La fraction de vase (particules inférieures à 50 µm) dans les 5 premiers centimètres de sédiment est utilisée comme descripteur du substrat au niveau de chaque station.

2.3.2.4 Classification

Quatre classes de substrat ont été définies en s'appuyant sur la description granulométrique de Folk (1954). Elle correspond ainsi uniquement à la proportion relative de vase dans le substrat (Tableau 6).

Tableau 6: Seuils, classes et codes utilisés pour décrire le substrat (critère 2)

% de vase	Classe	Code
[0 ; 10[	Sableux	1
[10 ; 50[	Vaso-sableux	2
[50 ; 90[	Sablo-vaseux	3
[90 ; 100[	Vaseux	4

2.3.3 Critère 3 : Zone biologique

La zone biologique est caractérisée par la quantité de lumière disponible sur le fond pour les organismes photosynthétiques. La quantité de lumière au fond dépend à la fois du coefficient d'absorption lumineuse (Kpar) et de la profondeur.

2.3.3.1 Choix de la période

Les données ont été collectées entre mai et septembre sur la période 2016-2021.

2.3.3.2 Description des données disponibles

Les mesures directes de la lumière au fond sont peu nombreuses voire inexistantes dans de nombreuses masses d'eau. Comme dans la première partie du projet CHAMILA, ce critère est donc estimé sur chaque station réparties dans la lagune à partir des équations proposées par Paolin (2012) utilisant des données de profondeur et de turbidité (Tableau 7).

Tableau 7: Description des données utilisées pour la caractérisation du critère 3 « Zone biologique »

ID	Lagune	Période	Nombre de Données	Nombre de Station	Programme source
01CAN	Canet	2001-2021	90	2	RSLHYD-DCE
02SLE	Salses Leucate	1998-2022	317	5	REPHY - RSLHYD-DCE
03LPA	La Palme	1998-2021	86	1	RSLHYD-DCE
04BAG	Bages Sigean	1998-2021	227	3	RSLHYD-DCE
05AYR	Ayrolle	1998-2021	97	2	RSLHYD-DCE
06CAM	Campagnol	1998-2021	111	5	RSLHYD-DCE
07GRU	Gruissan	1998-2021	66	1	RSLHYD-DCE
08GRA	Grazel	2015-2015	3	1	RSLHYD-DCE
09MAT	Mateille	2015-2015	3	1	RSLHYD-DCE
10PSV	Pissevache	2015-2015	3	1	RSLHYD-DCE
11VDR	Vendres	2000-2021	108	6	RSLHYD-DCE
12GBA	Grand Bagnas	2001-2021	83	5	RSLHYD-DCE
13THA	Thau	1998-2022	707	8	REPHY - RSLHYD-DCE
14INS	Ingril Sud	1998-2014	66	1	RSLHYD-DCE
15INN	Ingril Nord	1998-2021	157	1	RSLHYD-DCE
16PBL	Pierre Blanche	2000-2014	128	3	RSLHYD-DCE
17VIC	Vic	2000-2021	143	1	RSLHYD-DCE
18PRV	Prévost	2000-2021	183	2	RSLHYD-DCE
19ARN	Arnel	2000-2014	119	1	RSLHYD-DCE
20GRC	Grec	1998-2021	152	1	RSLHYD-DCE
21MEJ	Méjean	2000-2021	194	2	RSLHYD-DCE
22OR	Or	1998-2021	168	2	RSLHYD-DCE
23PON	Ponant	2000-2021	58	1	RSLHYD-DCE
24MED	Médard	2000-2014	38	1	RSLHYD-DCE
25MAR	La Marette	2003-2021	128	4	RSLHYD-DCE
26CHR	Charnier	2015-2021	24	4	RSLHYD-DCE
27CRE	Crey	2015-2021	29	3	RSLHYD-DCE
28SCM	Scamandre	2015-2021	36	4	RSLHYD-DCE
29VAC	Vaccarès	2006-2021	46	1	RSLHYD-DCE
30PAL	La Palissade	2009-2021	53	5	RSLHYD-DCE
31BER	Berre Vaïne	2006-2021	102	2	RSLHYD-DCE
32BOL	Bolmon	2009-2021	33	3	RSLHYD-DCE
33BIG	Biguglia	1998-2021	178	4	RSLHYD-DCE
34DIA	Diana	1998-2022	237	1	REPHY - RSLHYD-DCE
35URB	Urbino	1998-2021	181	2	RSLHYD-DCE
36PAL	Palu	2006-2021	48	1	RSLHYD-DCE

2.3.3.3 Choix des descripteurs

La moyenne de la quantité de lumière disponible au fond est calculée pour chaque station sur la période d'étude.

2.3.3.4 Classification

Le critère zone biologique est divisé en trois classes, comme dans la phase 1 du projet (Tableau 8)

Tableau 8: Seuils, classes et codes utilisés pour décrire la lumière disponible au fond (critère 3)

% de lumière	Classe	Code
[0 ; 20[	Lumière faible	1
[20 ; 60[	Lumière moyenne	2
[60 ; 100[	Lumière importante	3

2.3.4 Critère 4 : Hydrodynamisme

Le critère « Hydrodynamisme » en lagune, approximé par la tension de cisaillement sur le fond, est principalement influencé par les conditions hydro-climatiques, notamment le vent. La tension de cisaillement dépend de la profondeur de l'eau et de la durée, de l'intensité et de la direction du vent (distance d'action du vent sur la surface de l'eau).

2.3.4.1 Choix de la période

Les données de vent ont été collectées entre mai et septembre sur la période 2016-2021.

2.3.4.2 Description des données disponibles

Il n'existe pas de mesure directe de la tension de cisaillement sur les lagunes méditerranéennes françaises. Dans le cadre du projet CHAMILA, la tension a été estimée pour chacune des stations benthiques à partir des données de profondeur et des données de vent mesurées dans les stations Météo France. La "vitesse orbitale" a été choisie comme indicateur de la tension de cisaillement, calculée à partir d'une formule de l'US Army Corps of Engineers (1984). La tension de cisaillement a pu être estimée pour les lagunes de Grazel, Mateille, Pissevache et la Palissade, grâce à l'acquisition de données de profondeur dans le cadre du projet CHAMILA en 2022 (Tableau 9).

Tableau 9: Description des données de courant utilisées pour la caractérisation du critère 4 « Hydrodynamisme »

ID	Lagune	Période	Station météorologique	Programme source
01CAN	Canet	2016-2021	LEUCATE	METEOFRANCE
02SLE	Salses Leucate	2016-2021	LEUCATE	METEOFRANCE
03LPA	La Palme	2016-2021	LEUCATE	METEOFRANCE
04BAG	Bages Sigean	2016-2021	NARBONNE	METEOFRANCE
05AYR	Ayrolle	2016-2021	NARBONNE	METEOFRANCE
06CAM	Campagnol	2016-2021	NARBONNE	METEOFRANCE
07GRU	Gruissan	2016-2021	NARBONNE	METEOFRANCE
08GRA	Grazel	2016-2021	NARBONNE	METEOFRANCE
09MAT	Mateille	2016-2021	NARBONNE	METEOFRANCE
10PSV	Pissevaches	2016-2021	BEZIERS-VIAS	METEOFRANCE
11VDR	Vendres	2016-2021	BEZIERS-VIAS	METEOFRANCE
12GBA	Grand Bagnas	2016-2021	BEZIERS-VIAS	METEOFRANCE
13THA	Thau	2016-2021	SETE	METEOFRANCE
14INS	Ingril Sud	2016-2021	SETE	METEOFRANCE
15INN	Ingril Nord	2016-2021	SETE	METEOFRANCE
16PBL	Pierre Blanche	2016-2021	MONTPELLIER-AEROPORT	METEOFRANCE
17VIC	Vic	2016-2021	MONTPELLIER-AEROPORT	METEOFRANCE
18PRV	Prévost	2016-2021	MONTPELLIER-AEROPORT	METEOFRANCE
19ARN	Arnel	2016-2021	MONTPELLIER-AEROPORT	METEOFRANCE
20GRC	Grec	2016-2021	MONTPELLIER-AEROPORT	METEOFRANCE
21MEJ	Méjean	2016-2021	MONTPELLIER-AEROPORT	METEOFRANCE
22OR	Or	2016-2021	MONTPELLIER-AEROPORT	METEOFRANCE
23PON	Ponant	2016-2021	AIGUES-MORTES	METEOFRANCE
24MED	Médard	2016-2021	AIGUES-MORTES	METEOFRANCE
25MAR	La Marette	2016-2021	AIGUES-MORTES	METEOFRANCE
26CHR	Charnier	2016-2021	AIGUES-MORTES	METEOFRANCE
27CRE	Crey	2016-2021	AIGUES-MORTES	METEOFRANCE
28SCM	Scamandre	2016-2021	AIGUES-MORTES	METEOFRANCE
29VAC	Vaccarès	2016-2021	ARLES	METEOFRANCE
30PAL	La Palissade	2016-2021	ARLES	METEOFRANCE
31BER	Berre Vaine	2016-2021	MARIGNANE	METEOFRANCE
32BOL	Bolmon	2016-2021	MARIGNANE	METEOFRANCE
33BIG	Biguglia	2016-2021	BASTIA	METEOFRANCE
34DIA	Diana	2016-2021	SOLENZARA	METEOFRANCE
35URB	Urbino	2016-2021	SOLENZARA	METEOFRANCE
36PAL	Palu	2016-2021	SOLENZARA	METEOFRANCE

2.3.4.3 Choix des descripteurs

Le descripteur de l'hydrodynamisme est ici la somme normalisée des vitesses orbitales stationnelles (proxy pour la tension de cisaillement).

2.3.4.4 Classification

L'influence de la tension de cisaillement sur les organismes n'est aujourd'hui pas suffisamment décrit pour utilisé un seuil provenant de la littérature. Comme pour la température, deux classes statistiques ont été définies pour l'hydrodynamisme. Le seuil retenu (valeur moyenne) a été calculé à partir du croisement de plusieurs méthodes de partition de classes appliquées aux mesures stationnelles (Tableau 10).

Tableau 10: Seuils, classes et codes utilisés pour décrire l'hydrodynamisme (critère 4)

Somme tension de cisaillement	Classe	Code
< 0,1114 m.s-1	Abrité	1
≥ 0,1114 m.s-1	Exposé	2

2.3.5 Critère 5 : Niveau trophique

Le niveau trophique est évalué en utilisant l'indicateur de qualité physico-chimique DCE basé sur l'azote total (NT) et le phosphore total (PT) pour l'ensemble des lagunes méditerranéennes avec ne plus, pour les lagunes poly- eu- et hyperhalines, l'azote inorganique dissous (composé de nitrites, nitrates et ammonium) et le phosphore inorganique dissous (correspondant aux ions orthophosphates).

2.3.5.1 Choix de la période

Les données ont été collectées entre juin et août sur la période 2016-2021.

2.3.5.2 Description des données disponibles

Les données disponibles sont issues des suivies DCE dans la colonne d'eau (Tableau 11). Le nombre de données est hétérogène entre les masses d'eau.

Tableau 11: Description des données d'hydrologie utilisées pour la caractérisation du critère 5 « Niveau trophique »

ID	Lagune	Période	Nombre de Données	Nombre de Station	Programme source
01CAN	Canet	2016-2021	18	1	RSLHYD-DCE
02SLE	Salses Leucate	2016-2021	36	2	RSLHYD-DCE
03LPA	La Palme	2016-2021	18	1	RSLHYD-DCE
04BAG	Bages Sigean	2016-2021	36	2	RSLHYD-DCE
05AYR	Ayrolle	2016-2021	18	1	RSLHYD-DCE
06CAM	Campagnol	2017-2021	45	5	RSLHYD-DCE
07GRU	Gruissan	2017-2021	9	1	RSLHYD-DCE
08GRA	Grazel	2015-2015	3	1	RSLHYD-DCE
09MAT	Mateille	2015-2015	3	1	RSLHYD-DCE
10PSV	Pissevache	2015-2015	3	1	RSLHYD-DCE
11VDR	Vendres	2017-2021	33	4	RSLHYD-DCE
12GBA	Grand Bagnas	2017-2021	36	4	RSLHYD-DCE
13THA	Thau	2016-2021	108	4	RSLHYD-DCE
14INS	Ingril Sud	2012-2014	9	1	RSLHYD-DCE
15INN	Ingril Nord	2016-2021	18	1	RSLHYD-DCE
16PBL	Pierre Blanche	2012-2014	25	1	RSLHYD-DCE
17VIC	Vic	2016-2021	18	1	RSLHYD-DCE
18PRV	Prévost	2016-2021	18	1	RSLHYD-DCE
19ARN	Arnel	2012-2014	27	1	RSLHYD-DCE
20GRC	Grec	2016-2021	18	1	RSLHYD-DCE
21MEJ	Méjean	2016-2021	18	1	RSLHYD-DCE
22OR	Or	2016-2021	36	2	RSLHYD-DCE
23PON	Ponant	2017-2021	9	1	RSLHYD-DCE
24MED	Médard	2014-2014	3	1	RSLHYD-DCE
25MAR	La Marette	2017-2021	36	4	RSLHYD-DCE
26CHR	Charnier	2017-2021	24	4	RSLHYD-DCE
27CRE	Crey	2017-2021	27	3	RSLHYD-DCE
28SCM	Scamandre	2017-2021	36	4	RSLHYD-DCE
29VAC	Vaccarès	2016-2021	18	1	RSLHYD-DCE
30PAL	La Palissade	2017-2021	45	5	RSLHYD-DCE
31BER	Berre Vaine	2016-2021	43	2	RSLHYD-DCE
32BOL	Bolmon	2017-2021	26	3	RSLHYD-DCE
33BIG	Biguglia	2016-2021	36	2	RSLHYD-DCE
34DIA	Diana	2016-2021	18	1	RSLHYD-DCE
35URB	Urbino	2016-2021	18	1	RSLHYD-DCE
36PAL	Palu	2016-2021	18	1	RSLHYD-DCE

2.3.5.3 Choix des descripteurs

La qualification du niveau trophique est basée sur le calcul de l'indicateur physico-chimie DCE pour les lagunes méditerranéennes.

2.3.5.4 Classification

Deux classes sont utilisées pour distinguer les niveaux trophiques dans les lagunes : « Oligo-mésotrophe » et « Eutrophe ». Les seuils utilisés sont différents pour les lagunes poly-euhalines et oligo-mésohaline (Tableau 12).

Tableau 12: Seuils, classes et codes utilisés pour décrire le niveau trophique (critère 5)

Typologie lagunaire	NID	NT	PID	PT	Classe	Code
Poly-eu-hyperhaline	< 6 $\mu\text{mol.l}^{-1}$	< 75 $\mu\text{mol.l}^{-1}$	< 1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$	< 3 $\mu\text{mol.l}^{-1}$	Oligo-Mésotrophe	1
	\geq 6 $\mu\text{mol.l}^{-1}$	\geq 75 $\mu\text{mol.l}^{-1}$	\geq 1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$	\geq 3 $\mu\text{mol.l}^{-1}$	Eutrophe	2
Oligo-mésohaline		< 95 $\mu\text{mol.l}^{-1}$		< 3,5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$	Oligo-Mésotrophe	1
		\geq 95 $\mu\text{mol.l}^{-1}$		\geq 3,5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$	Eutrophe	2

2.3.6 Critère 6 : Biologie - Macrophytes

2.3.6.1 Choix de la période

Seules les données issues du dernier relevé sur la période 2016-2021 ont été retenues. Les données acquises en 2022 dans le cadre du projet CHAMILA couvrent les lagunes de Pissavache (3 stations), Grazel (3 stations), Mateille (2 stations), Médard (4 stations) et Vaccarès (29 stations supplémentaires).

2.3.6.2 Description des données disponibles

Les données de recouvrement des macrophytes proviennent des campagnes DCE ou directement du projet CHAMILA (Tableau 13). Elles ont été collectées selon le protocole décrit par Grillas et David (2010) pour les lagunes oligo-mésohalines et par Lauret *et al.* (2011) pour les lagunes poly- à hyperhalines.

Tableau 13: Description des données de couverture végétale utilisées pour la caractérisation du critère 6 « Biologie »

ID	Lagune	Période	Nombre de Données	Nombre de Station	Programme source
01CAN	Canet	2021	1233	15	RSLPHY-DCE
02SLE	Salses Leucate	2021	618	38	RSLPHY-DCE
03LPA	La Palme	2021	272	12	RSLPHY-DCE
04BAG	Bages Sigean	2021	222	36	RSLPHY-DCE
05AYR	Ayrolle	2016	205	14	RSLPHY-DCE
06CAM	Campagnol	2021	92	5	RSLPHY-DCE
07GRU	Gruissan	2021	10	3	RSLPHY-DCE
08GRA	Grazel	2022	3	3	CHAMILA
09MAT	Mateille	2022	2	2	CHAMILA
10PSV	Pissevache	2022	62	3	CHAMILA
11VDR	Vendres	2021	239	13	RSLPHY-DCE
12GBA	Grand Bagnas	2021	958	4	RSLPHY-DCE
13THA	Thau	2021	767	36	RSLPHY-DCE
14INS	Ingril Sud	2021	85	8	RSLPHY-DCE
15INN	Ingril Nord	2021	18	5	RSLPHY-DCE
16PBL	Pierre Blanche	2022	10	10	CHAMILA
17VIC	Vic	2021	40	13	RSLPHY-DCE
18PRV	Prévost	2021	91	10	RSLPHY-DCE
19ARN	Arnel	2022	15	9	CHAMILA
20GRC	Grec	2022	18	7	CHAMILA
21MEJ	Méjean	2021	191	13	RSLPHY-DCE
22OR	Or	2021	349	15	RSLPHY-DCE
23PON	Ponant	2021	77	7	RSLPHY-DCE
24MED	Médard	2022	45	4	CHAMILA
25MAR	La Marette	2021	83	4	RSLPHY-DCE
26CHR	Charnier	2021	73	10	RSLPHY-DCE
27CRE	Crey	2021	77	3	RSLPHY-DCE
28SCM	Scamandre	2021	82	12	RSLPHY-DCE
29VAC	Vaccarès	2011-2022	243	97	RSLPHY-DCE – CHAMILA
30PAL	La Palissade	2021	180	5	RSLPHY-DCE
31BER	Berre Vaine	2020	6697	35	RSLPHY-DCE
32BOL	Bolmon	2021	27	11	RSLPHY-DCE
33BIG	Biguglia	2021	36	15	RSLPHY-DCE
34DIA	Diana	2021	175	10	RSLPHY-DCE
35URB	Urbino	2021	54	14	RSLPHY-DCE
36PAL	Palu	2020	21	3	RSLPHY-DCE

2.3.6.3 Choix des descripteurs et classification

Comme dans le cadre de la phase 1 du projet CHAMILA (Menu *et al.*, 2019), le recouvrement végétal total (critère 6a) ainsi que les recouvrements des différents groupes taxonomiques (phanérogames, algues rouges, algues vertes, algues brunes et characées - critères 6b et 6c) sont calculés pour chaque station.

- Le critère 6a définit le recouvrement végétal. Il comprend trois classes : substrat nu, végétation éparse (recouvrement de la végétation <25%) et végétation majoritaire (Tableau 14),
- Le critère 6b définit le ou les groupes taxonomiques dominants au sein de la végétation majoritaire (6 classes, Tableau 14), et
- Le critère 6c définit le type de végétation mixte (co-dominance) et comprend dix classes potentielles (Tableau 14).

Pour les lagunes oligo-mésohalines, le taux de recouvrement de la végétation (critère 6a) est calculé à partir de la proportion de coups de râteau sans végétation sur la totalité du transect pour chaque station.

Tableau 14: Seuils, classes et codes utilisés pour décrire le recouvrement végétal du critère « biologie » (critère 6)

Couverture végétale	Végétation Majoritaire (% relatif du groupe)	Végétation Mixte (% relatif du groupe)	Classe	Code
0%			Substrat nu	1000
]0% ; 25%]			Végétation éparse	2000
	≥ 50% Algues brunes		Végétation majoritaire – Algues brunes	3100
]25% ; 100%]	≥ 50% Algues rouges		Végétation majoritaire – Algues rouges	3200
	≥ 50% Algues vertes		Végétation majoritaire – Algues vertes	3300
	≥ 50% Characées		Végétation majoritaire – Characées	3400
	≥ 50% Phanérogames		Végétation majoritaire – Phanérogames	3500
			Végétation mixte – Algues brunes + Algues rouges	3601
]25% ; 100%]			Végétation mixte – Algues brunes + Algues vertes	3602
			Végétation mixte – Algues brunes + Characées	3603
			Végétation mixte – Algues brunes + Phanérogames	3604
	< 50%	Gp1 + Gp2 majoritaires	Végétation mixte – Algues rouges + Algues vertes	3605
	Tous les groupes		Végétation mixte – Algues rouges + Characées	3606
			Végétation mixte – Algues rouges + Phanérogames	3607
			Végétation mixte – Algues vertes + Characées	3608
			Végétation mixte – Algues vertes + Phanérogames	3609
			Végétation mixte – Characées + Phanérogames	3610

2.4 Méthode cartographique

2.4.1 Spatialisation des données stationnelles

Comme dans la première phase du projet CHAMILA, les données utilisées sont principalement stationnelles (exceptée pour la température dont les données sont spatialisées et le descripteur défini à l'échelle de la lagune). Afin de pouvoir cartographier à l'échelle de chaque lagune chacun des descripteurs, une étape de spatialisation a été nécessaire. Deux méthodes différentes ont été utilisées : la sectorisation et le krigeage. Dans cette deuxième partie du projet, un intérêt particulier a été porté à la technique de krigeage puisqu'elle a été déployée sur l'ensemble des critères à l'exception du critère 6 « Biologie ».

Le krigeage est une méthode permettant d'estimer une variable dans l'espace en prenant en compte la dissimilarité des variables observées en fonction de la distance qui les sépare. En d'autres termes, les données relevées *in situ* permettent de comprendre comment la variable varie dans l'espace (variation plus ou moins intense, disposition en patch ou en gradient etc...), ce qui permet ensuite d'extrapoler les valeurs manquantes avec plus de précision. La distance est donc une composante essentielle du krigeage. Dans la première partie du projet, la distance était définie comme le trajet en ligne droite entre deux points. Si cette approche peut convenir dans de nombreux contextes (mer ouverte par exemple), elle n'est pas adéquate dans le cadre d'un environnement lagunaire. En effet, cette méthode ignore les complexités et discontinuités liées à la topographie lagunaire et risque de ne pas refléter la distance réelle (au sens connectivité) entre deux points de la lagune. Ainsi, le trait de côte complexe des lagunes nécessite une adaptation de la méthode de calcul des distances pour une utilisation du krigeage. La distance entre deux points d'une lagune est ainsi maintenant déterminée par le trajet le plus court possible entre deux points, dans l'eau (c'est à dire sans traverser un ligne de rive). Ce nouvel angle d'approche favorise une extrapolation plus exacte des valeurs et favorisera l'application du krigeage dans ce contexte particulier.

2.4.2 Discrétisation

Pour chaque critère, l'étape de discrétisation vise à découper en différentes classes chaque descripteur préalablement spatialisé par sectorisation ou krigeage. Elle s'appuie sur des

seuils et classes génériques définies pour chaque critère dans le partie 2.3, pour l'ensemble des lagunes méditerranéennes.

2.4.3 Agrégation successive des cartes des critères structurants

La carte d'habitats résulte de l'agrégation successive des cartes de critères (Figure 3). Les intersections se font dans l'ordre des critères et constituent à chaque étape un niveau de la typologie d'habitats lagunaires. Le niveau 1 constitue la carte du critère 1, le niveau 2 l'intersection entre le niveau 1 et le critère 2 etc.

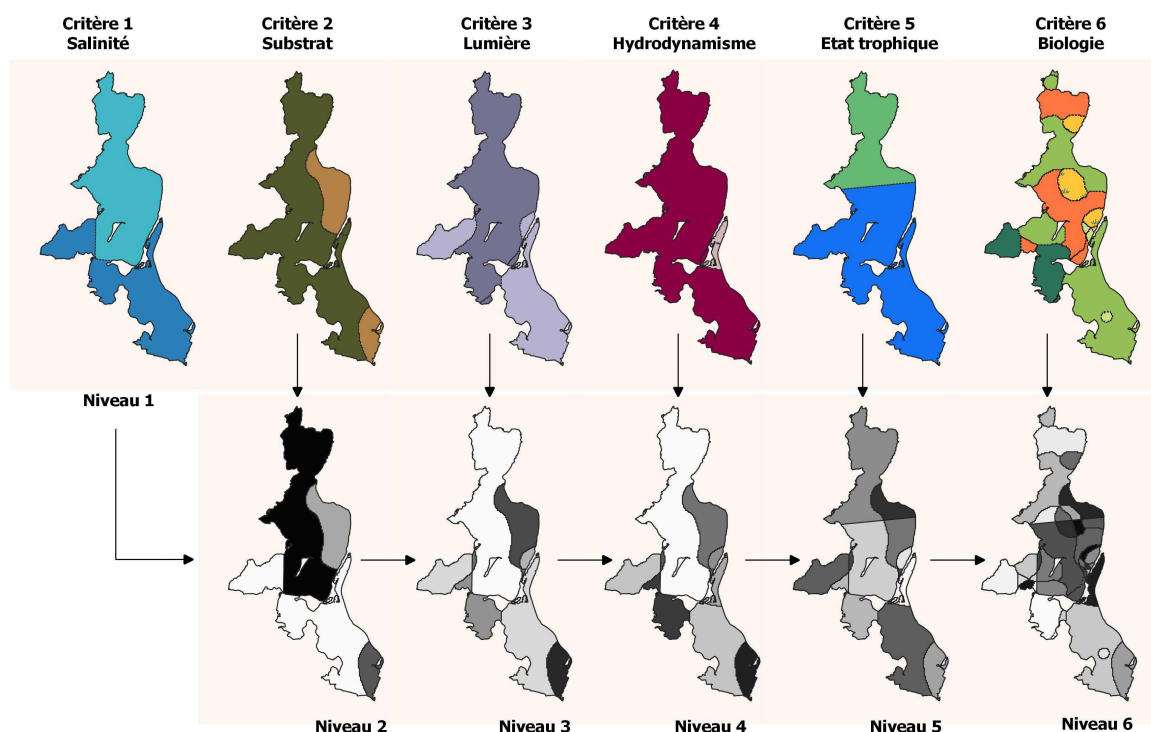


Figure 3: Illustration de l'agrégation successive des cartes de critères pour réaliser les cartes d'habitats par niveau. Ce schéma présente un exemple pour la construction d'une carte de Niveau 6.

2.4.4 Caractérisation des incertitudes de cartographie

Les incertitudes liées à la cartographie des habitats permettent d'améliorer l'interprétation des résultats en ajoutant un critère de fiabilité des représentations. L'incertitude (ou à l'inverse la confiance) dans la description spatialisée des habitats résulte à la fois de la qualité (incertitude sur la mesure) et de la quantité de données disponibles ainsi que des méthodes de spatialisation de l'information. Dans le cadre de ce projet, les cartes d'habitats sont associées à une **carte de « variabilité des valeurs » qui traduit l'incertitude liée (1) à la stratégie spatiale d'acquisition des données et l'incertitude liée (2) à la méthode d'interpolation.**

Le nombre de données dans l'espace et la répartition spatiale des stations de suivi déterminent la quantité d'information disponible au sein de la masse. Au niveau des points de suivi, les valeurs sont justes (au sens « mesurées »). En revanche, les valeurs prises pour chacun des critères en tout autre point sont des valeurs estimées à partir des données disponibles où plus la distance entre un point et des stations de mesure est grande, plus l'incertitude est forte. La méthode d'interpolation génère également une incertitude liée aux modèles statistiques

utilisés. L'incertitude est ainsi caractérisée en tout point de la lagune à partir de la variance des valeurs dont les méthodes d'estimation diffèrent selon les critères :

- pour la température, les valeurs sont obtenues à partir d'images satellites et le critère de température est calculé en prenant la médiane temporelle et spatiale des pixels des images. Chaque pixel fournit également des informations sur son incertitude, considérée comme l'incertitude médiane temporelle et spatiale de tous les pixels.
- pour le recouvrement en macrophytes, les données ont été spatialisées *via* une méthode de sectorisation. Dans cette méthode, l'incertitude est définie comme le rapport entre la distance au point de mesure le plus proche et la distance maximale entre un point de mesure et une valeur estimée.
- pour tous les autres descripteurs stationnels, les données ont été spatialisées *via* une étape d'interpolation (krigeage) qui permet de produire une cartographie des variances en plus des données interpolées. Les variances sont ensuite normalisées par les valeurs estimées correspondantes.

Les gammes de variation de chacun des descripteurs diffèrent et rendent impossible leur comparaison. Les variances ont donc toutes été normalisées en calculant la proportion de chaque variance par rapport à la valeur estimée. Les valeurs normalisées de l'incertitude varient ainsi entre 0 et l'infini. Une valeur de 0 indique une incertitude nulle. Une valeur égale à 1 indique que la variance est équivalente à la valeur estimée en elle-même. Lorsqu'elle est supérieure à 1, la variance est supérieure à la valeur estimée. **Les valeurs normalisées de l'incertitude peuvent donc être interprétées comme une mesure de la fiabilité de la valeur estimée.** Elles sont classées en 4 classes, [0-0,25],]0,25-0,5],]0,5-0,75] et > 0,75.

Pour obtenir la cartographie de l'incertitude à l'échelle de l'habitat :

1. l'incertitude est calculée pour chaque critère. Si plusieurs descripteurs sont utilisés, l'incertitude du critère correspond à la somme de toutes les incertitudes,
2. l'incertitude pour chaque critère est classée (selon les classes définies plus haut) afin que les valeurs d'incertitude extrêmes n'aient pas trop de poids,
3. l'incertitude à l'échelle de l'habitat correspond à la somme des classes de chacun des critères. La valeur calculée varie ainsi entre 6 (si toutes les classes d'incertitude valent 1) et 24. Elle est à nouveau normalisée et classée en utilisant les 4 classes précédemment définies.

2.5 Définition des habitats et groupes d'habitats homogènes

2.5.1 Habitats

Les habitats sont construits à partir de l'agrégation successive des six critères. Chaque habitat est ainsi défini par une combinaison ordonnée unique dont le nom correspond à la liste des modalités de chaque critère associées à leur classe. Un code unique lui est attribué selon les mêmes règles où chaque caractère ordonné correspond à une classe d'un critère (Figure 4). La liste complète des habitats lagunaires méditerranéens est donnée dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Modalité des critères :

Température	Salinité médiane	Variabilité Salinité
1 - Température basse	1 - Oligohalin	a - Stable
2 - Température élevée	2 - Mésohalin	b - Variable
	3 - Polyhalin	
	4 - Euhalin	
	5 - Hyperhalin	

Ex : 11a = Température basse, oligohalin stable

Biologie a	Biologie b	Biologie c
1000 - Substrat nu		
2000 - Végétation épars		
Végétation majoritaire →	3100 - Algues brunes	
	3200 - Algues rouges	
	3300 - Algues vertes	
	3400 - Characées	
	3500 - Phanérogames	
Végétation mixte →		3601 - Algues brunes, Algues rouges
		3602 - Algues brunes, Algues vertes
		3603 - Algues brunes, Characées
		3604 - Algues brunes, Phanérogames
		3605 - Algues rouges, Algues vertes
		3606 - Algues rouges, Characées
		3607 - Algues rouges, Phanérogames
		3608 - Algues vertes, Characées
		3609 - Algues vertes, Phanérogames
		3610 - Characées, Phanérogames

Code habitat : XX/xxx-xxxx-xxxx

N° Fiche Habitat

Substrat	Zone biologique	Hydrodynamisme	Niveau trophique
1 - Sableux	1 - Lumière faible	1 - Abrisé	1 - Oligo-Mésotrophe
2 - Vaso-sableux	2 - Lumière moyenne	2 - Exposé	2 - Eutrophe
3 - Sable-vaseux	3 - Lumière importante		
4 - Vaseux			

Figure 4: Description du code habitat

Pour exemple, l'habitat « Température basse, Hyperhalin, variable, Sablo-vaseux, Lumière importante, Exposé, Eutrophe, Substrat nu » correspond au code 15b-3322-1000

2.5.2 Groupes d'habitats homogènes

Pour faciliter la description des habitats lagunaires méditerranéens, ceux-ci ont été regroupés en 15 groupes d'habitats homogènes définis à partir de la salinité et de la biologie. Au sein de chacun de ces groupes, les autres critères peuvent varier (Tableau 15). Pour faciliter leur indexation, le numéro du groupe a été ajouté au début de chaque code habitat (Figure 4). Le code du précédent habitat donné en exemple devient ainsi 01/15b-3322-1000.

Tableau 15: Liste des modalités prises pour chaque critère au sein des 15 groupes d'habitats

ID	Fiche	Nom Habitat	Température - Salinité	Substrat	Zone biologique	Hydrodynamisme	Niveau trophique	Biologie
1		Habitats hyperhalins de substrat nu	Température basse - Hyperhalin variable Température élevée - Hyperhalin variable	Sablo-vaseux Vaso-sableux	Lumière importante Lumière moyenne	Abrité Exposé	Eutrophe	Substrat nu
2		Habitats oligo-mésosalins de substrat nu	Température basse - Oligohalin stable Température basse - Mésohalin stable Température élevée - Mésohalin stable	Sablo-vaseux Vaseux	Lumière faible Lumière moyenne	Abrité Exposé	Eutrophe Oligo-Mésotrophe	Substrat nu
3		Habitats poly-euhalins de substrat nu	Température basse - Polyhalin stable Température basse - Euhalin stable Température élevée - Euhalin stable Température élevée - Euhalin variable	Sablo-vaseux Vaso-sableux	Lumière faible Lumière moyenne	Abrité Exposé	Eutrophe Oligo-Mésotrophe	Substrat nu
4		Habitats hyperhalins couverts d'une végétation épars	Température basse - Hyperhalin stable Température basse - Hyperhalin variable	Sablo-vaseux Vaso-sableux	Lumière faible Lumière importante Lumière moyenne	Abrité Exposé	Eutrophe Oligo-Mésotrophe	Végétation épars
5		Habitats oligo-mésosalins couverts d'une végétation épars	Température basse - Oligohalin stable Température basse - Mésohalin stable Température élevée - Mésohalin stable	Sablo-vaseux Vaseux	Lumière faible Lumière moyenne	Abrité Exposé	Eutrophe Oligo-Mésotrophe	Végétation épars
6		Habitats poly-euhalins couverts d'une végétation épars	Température basse - Polyhalin stable Température basse - Polyhalin variable Température basse - Euhalin stable Température basse - Euhalin variable Température élevée - Polyhalin variable Température élevée - Euhalin stable Température élevée - Euhalin variable	Sablo-vaseux Vaseux Vaso-sableux	Lumière faible Lumière importante Lumière moyenne	Abrité Exposé	Eutrophe Oligo-Mésotrophe	Végétation épars
7		Habitats hyperhalins dominés par des macroalgues	Température basse - Hyperhalin stable Température basse - Hyperhalin variable	Sablo-vaseux Vaso-sableux	Lumière faible Lumière importante Lumière moyenne	Exposé	Eutrophe	Végétation majoritaire Algues Rouges dominantes Végétation majoritaire Algues Vertes dominantes
8		Habitats oligo-mésosalins dominés par des macroalgues	Température basse - Mésohalin stable Température basse - Mésohalin variable	Sablo-vaseux Vaso-sableux	Lumière faible Lumière moyenne	Abrité Exposé	Eutrophe Oligo-Mésotrophe	Végétation majoritaire Algues Rouges dominantes Végétation majoritaire Algues Vertes dominantes
9		Habitats poly-euhalins dominés par des macroalgues	Température basse - Polyhalin stable Température basse - Polyhalin variable Température basse - Euhalin stable Température basse - Euhalin variable Température élevée - Polyhalin variable Température élevée - Euhalin stable Température élevée - Euhalin variable	Sablo-vaseux Vaseux Vaso-sableux	Lumière faible Lumière importante Lumière moyenne	Abrité Exposé	Eutrophe Oligo-Mésotrophe	Végétation majoritaire Algues Brunes dominantes Végétation majoritaire Algues Rouges dominantes Végétation majoritaire Algues Vertes dominantes
10		Habitats oligo-mésosalins dominés par les characées	Température basse - Oligohalin stable Température élevée - Oligohalin stable	Sablo-vaseux Vaso-sableux	Lumière faible	Abrité	Eutrophe	Végétation majoritaire Characées dominantes
11		Habitats poly-euhalins dominés par les characées	Température élevée - Polyhalin variable Température élevée - Euhalin variable	Vaso-sableux	Lumière importante	Exposé	Eutrophe	Végétation majoritaire Characées dominantes
12		Habitats oligo-mésosalins dominés par les phanérogames	Température basse - Oligohalin stable Température élevée - Oligohalin stable Température élevée - Mésohalin stable	Sablo-vaseux Vaseux Vaso-sableux	Lumière faible Lumière moyenne	Abrité Exposé	Eutrophe Oligo-Mésotrophe	Végétation majoritaire Phanérogames dominantes
13		Habitats poly-euhalins dominés par les phanérogames	Température basse - Polyhalin stable Température basse - Euhalin stable Température basse - Euhalin variable Température élevée - Euhalin stable	Sablo-vaseux Vaso-sableux	Lumière faible Lumière importante Lumière moyenne	Abrité Exposé	Oligo-Mésotrophe	Végétation majoritaire Phanérogames dominantes
14		Habitats hyperhalins dominés par une végétation mixte	Température basse - Hyperhalin variable	Sablo-vaseux	Lumière faible Lumière importante Lumière moyenne	Exposé	Eutrophe	Végétation majoritaire Végétation mixte Algues Rouges / Algues Vertes
15		Habitats poly-euhalins dominés par une végétation mixte	Température basse - Polyhalin stable Température basse - Euhalin stable Température basse - Euhalin variable Température élevée - Polyhalin variable Température élevée - Euhalin stable	Sablo-vaseux Vaso-sableux	Lumière faible Lumière moyenne	Abrité Exposé	Eutrophe Oligo-Mésotrophe	Végétation majoritaire Végétation mixte Algues Brunes / Algues Rouges Végétation majoritaire Végétation mixte Algues Rouges / Algues Vertes Végétation majoritaire Végétation mixte Algues Rouges / Phanérogames Végétation majoritaire Végétation mixte Algues Vertes / Phanérogames

3 Analyse des résultats

L'analyse des résultats porte sur les **36 masses d'eau lagunaires listées dans la Directive Cadre sur l'Eau (DCE)**. Elle s'appuie sur les données disponibles sur la période de travail ainsi que sur une typologie et des méthodes décrites dans la partie 2. Tous les éléments donnés ici sont donc dans ce référentiel.

3.1 Distribution des habitats à l'échelle de la façade méditerranéenne française

À l'échelle de la façade méditerranéenne française, **169 habitats de niveau 6** ont été décrits dans le cadre du projet CHAMILA. Malgré l'ajout de la température comme paramètre structurant les habitats, ce nombre est inférieur de 25 % par rapport aux résultats présentés dans la première version du projet (224 habitats, Menu et al., 2019). Outre l'actualisation des données, cette différence pourrait s'expliquer par l'utilisation du krigeage pour la spatialisation des données, méthode venant remplacer la sectorisation utilisé dans la phase 1 du projet pour les critères 1 à 5.

La majorité des lagunes abrite entre 1 et 8 habitats avec un maximum entre 2 et 4 habitats (Figure 5A et 5B). Seules les lagunes de Salses-Leucate (11 habitats), Bages-Sigean (16 habitats), Thau (22 habitats), Vaccares (16 habitats) et Berre (10 habitats) abritent un nombre plus important d'habitats qui semble en lien avec la surface de ces lagunes (Figure 5C).

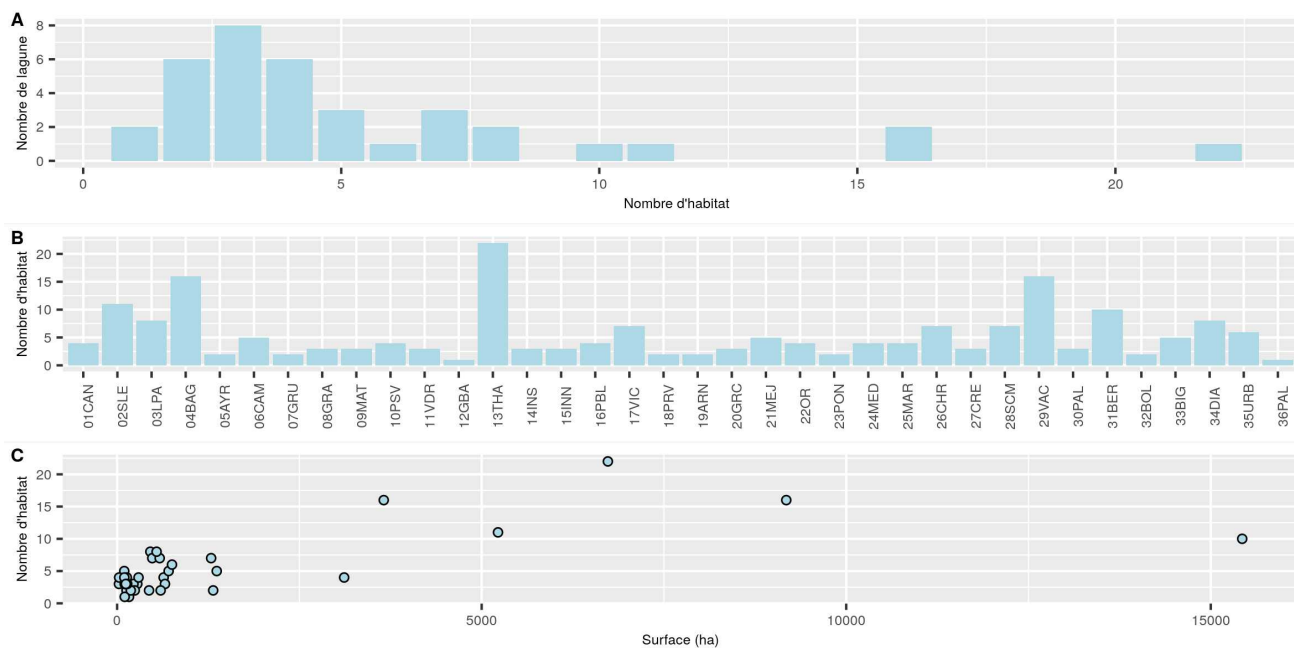


Figure 5: (A) Nombre d'habitat par lagune, (B) Nombre d'habitat au sein de chaque lagune et (C) relation entre le nombre d'habitats et la surface des lagunes

Parmi les 169 habitats de niveau 6 décrits dans les lagunes méditerranéennes françaises¹, **146 d'entre eux ne sont présents que dans une seule lagune** (Figure 6). Les habitats communs entre les 36 lagunes sont donc relativement rares et seuls 3 habitats sont présents dans 3 lagunes (06/14b-3211-2000 sur Bages-Sigean, Vic et Prévost, 09/14a-3211-3200 sur Salses-Leucate, Grazel et Thau et 09/14b-3211-3300 sur Ingril Nord, Vic et Prévost) soit moins de 2 % des habitats décrits. Ces trois habitats ont les mêmes caractéristiques (température basse, euhalins, substrat sablo-vaseux, lumière disponible au fond moyenne, un hydrodynamisme abrité et oligo-mésotrophe) hormis la couverture végétale qui est composée soit de végétation éparse, soit dominée par des macroalgues rouges ou des macroalgues vertes.

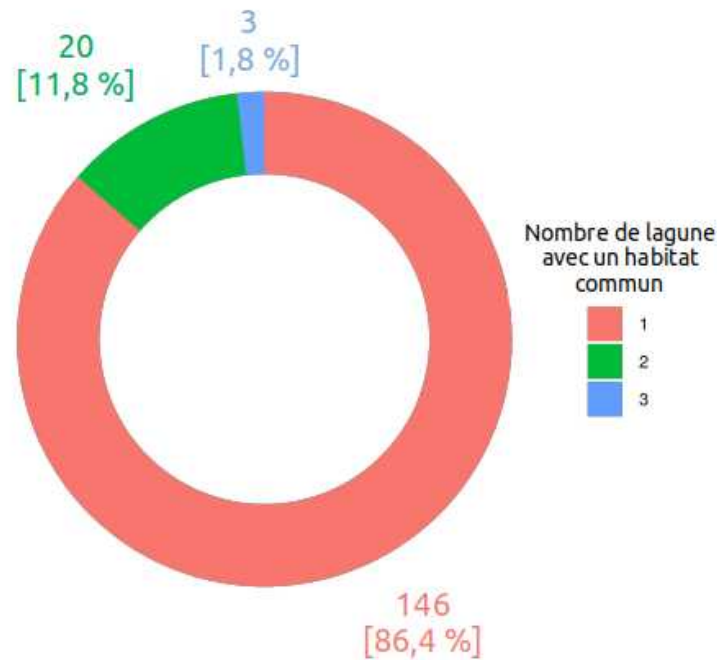


Figure 6: Distribution des habitats communs (Nombre et pourcentage du nombre total) au sein des lagunes méditerranéennes françaises

La surface des 169 habitats de niveaux 6 varie entre 0,3 ha (habitat 01/25b-3212-1000 dans la lagune de Pissevache) et 9024,3 ha (06/13a-2121-2000 dans la lagune de Berre-Vaïne). Ce dernier habitat s'étend dans la partie centrale de la lagune de Berre-Vaïne sur 59 % de la surface de la masse d'eau. Cet habitat est ainsi largement majoritaire à l'échelle de la façade (Figure 7). Étant donné l'unicité des habitats à l'échelle de la façade, les habitats qui couvrent le plus de surface sont principalement décrits dans les lagunes les plus grandes (Salses-Leucate, Bages-Sigean, Thau, Or, Vaccares, Berre-Vaïne, Biguglia et Ayrolle). Néanmoins, les habitats 06/14b-3221-2000 et 09/14b-3221-3200 couvrent une surface respective de 985 ha et de 839 ha car ils sont décrits à la fois dans les lagunes de Vic et de Bages-Sigean.

¹ parmi les 36 masses d'eau lagunaires listées dans la Directive Cadre sur l'Eau (DCE)

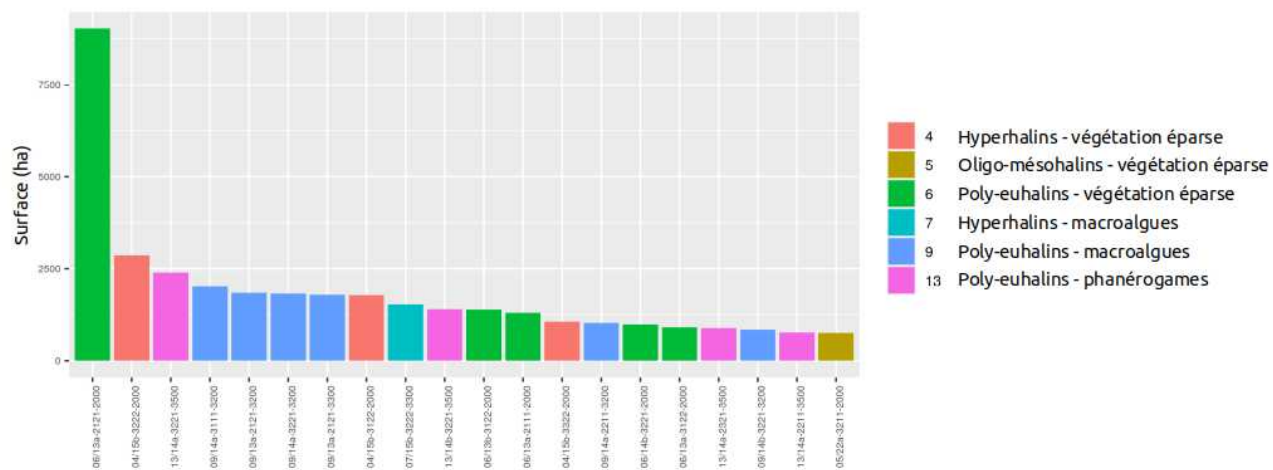


Figure 7: Distribution des 20 habitats les plus représentés en termes de surface au sein des lagunes méditerranéennes françaises

Les 169 habitats peuvent être regroupés en 15 groupes d'habitats homogènes sur la base de la salinité et de la couverture végétale sur le fond. Ceux-ci sont décrits de manière précise dans Ouisse et al. (2023a). Parmi les 18 combinaisons possibles de ces deux critères, aucun habitat hyperhalin dont la végétation est dominée par des phanérogames n'a été décrit. De même, il n'existe à ce jour aucun habitat oligo-mésosalin avec une végétation mixte. Enfin, les habitats hyperhalins dominés par des characées sont, par définition, absents.

Les habitats poly-euhalins couverts d'une végétation éparses (groupe d'habitats 6) et les habitats poly-euhalins dont la couverture végétale est dominée par des macro-algues (groupe 9) apparaissent comme largement majoritaires à l'échelle de la façade méditerranéenne française, tant en terme de surface (respectivement 15954 ha et 15914 ha), du nombre d'habitats différents (respectivement 25 et 50) et du nombre de lagune dans lesquelles ces habitats sont décrits (respectivement 18 et 24, Tableau 16, Figure 8). Ceci s'explique en partie par la large gamme de salinité (18-35) de ce groupe d'habitats qui regroupe ainsi de nombreuses lagunes méditerranéennes françaises (Tableau 1). Les groupes d'habitats 4 et 7 (hyperhalins avec un couvert végétal) couvrent des surfaces relativement importantes (respectivement 5704 ha et 2857 ha) au vu du faible nombre d'habitats qu'ils abritent (respectivement 5 et 7 habitats). Ces conditions halines associées à de la végétation sont restreintes aux lagunes de Vaccares (groupe d'habitats 4 et 7) et de Mateille (groupe 4 uniquement). À l'échelle de la façade méditerranéennes françaises, les habitats dépourvus de végétation (groupes 1, 2 et 3) restent minoritaires quel que soit la salinité tout comme les habitats dont la végétation est dominée par les characées (groupes 10 et 11). Les habitats dont la couverture végétale est dominée par des phanérogames sont présents dans de nombreuses lagunes (6 lagunes pour le groupe 12 et 9 lagunes pour le groupe 13) et représentent le 3^{ème} groupe en terme de surface (7634 ha) dans les lagunes poly-euhalines (groupe 13).

Tableau 16: Caractéristiques des 15 groupes d'habitats en terme de surface, de nombre d'habitats et de nombre de lagunes. La liste des lagunes abritant chacun des groupes d'habitat est également indiquée.

ID Groupe	Nom Habitat	Surface (ha)	Nombre Habitats	Nombre Lagunes	Lagunes
1	Habitats hyperhalins de substrat nu	97	4	2	Pissevache, Vaccares
2	Habitats oligo-mésosalins de substrat nu	1310	10	0	Biguglia, Bolmon, Charnier, La Marette, Scamandre, Vendres
3	Habitats poly-euhalins de substrat nu	343	8	4	Diana, Medard, Pissevache, Thau
4	Habitats hyperhalins couverts d'une végétation épars	5704	5	2	Mateille, Vaccares
5	Habitats oligo-mésosalins couverts d'une végétation épars	1400	7	5	Biguglia, Charnier, La Marette, Scamandre, Vendres
6	Habitats poly-euhalins couverts d'une végétation épars	15954	25	18	Arnel, Bages Sigeon, Berre Vaine, Canet, Diana, Grazeil, Grec, La Palme, Mateille, Medard, Mejean, Or, Pierre Blanche, Prevost, Salses Leucate, Thau, Urbino, Vic
7	Habitats hyperhalins dominés par des macroalgues	2858	7	1	Vaccares
8	Habitats oligo-mésosalins dominés par des macroalgues	300	7	2	Biguglia, Campagnol
9	Habitats poly-euhalins dominés par des macroalgues	15914	50	24	Arnel, Ayrolle, Bages Sigeon, Berre Vaine, Canet, Diana, Grazeil, Grec, Gruissan, Ingril Nord, Ingril Sud, La Palme, Mateille, Medard, Mejean, Or, Polu, Pierre Blanche, Ponant, Prevost, Salses Leucate, Thau, Urbino, Vic
10	Habitats oligo-mésosalins dominés par les characées	115	2	2	Crey, La Palissade
11	Habitats poly-euhalins dominés par les characées	54	2	1	La Palme
12	Habitats oligo-mésosalins dominés par les phanérogames	1109	9	0	Biguglia, Crey, Grand Bagnas, La Palissade, Scamandre, Vendres
13	Habitats poly-euhalins dominés par les phanérogames	7035	13	9	Ayrolle, Bages Sigeon, Berre Vaine, Diana, Ingril Nord, Ingril Sud, Salses Leucate, Thau, Urbino
14	Habitats hyperhalins dominés par une végétation mixte	530	3	1	Vaccares
15	Habitats poly-euhalins dominés par une végétation mixte	2242	17	7	Bages Sigeon, Berre Vaine, Grec, Mejean, Salses Leucate, Thau, Urbino

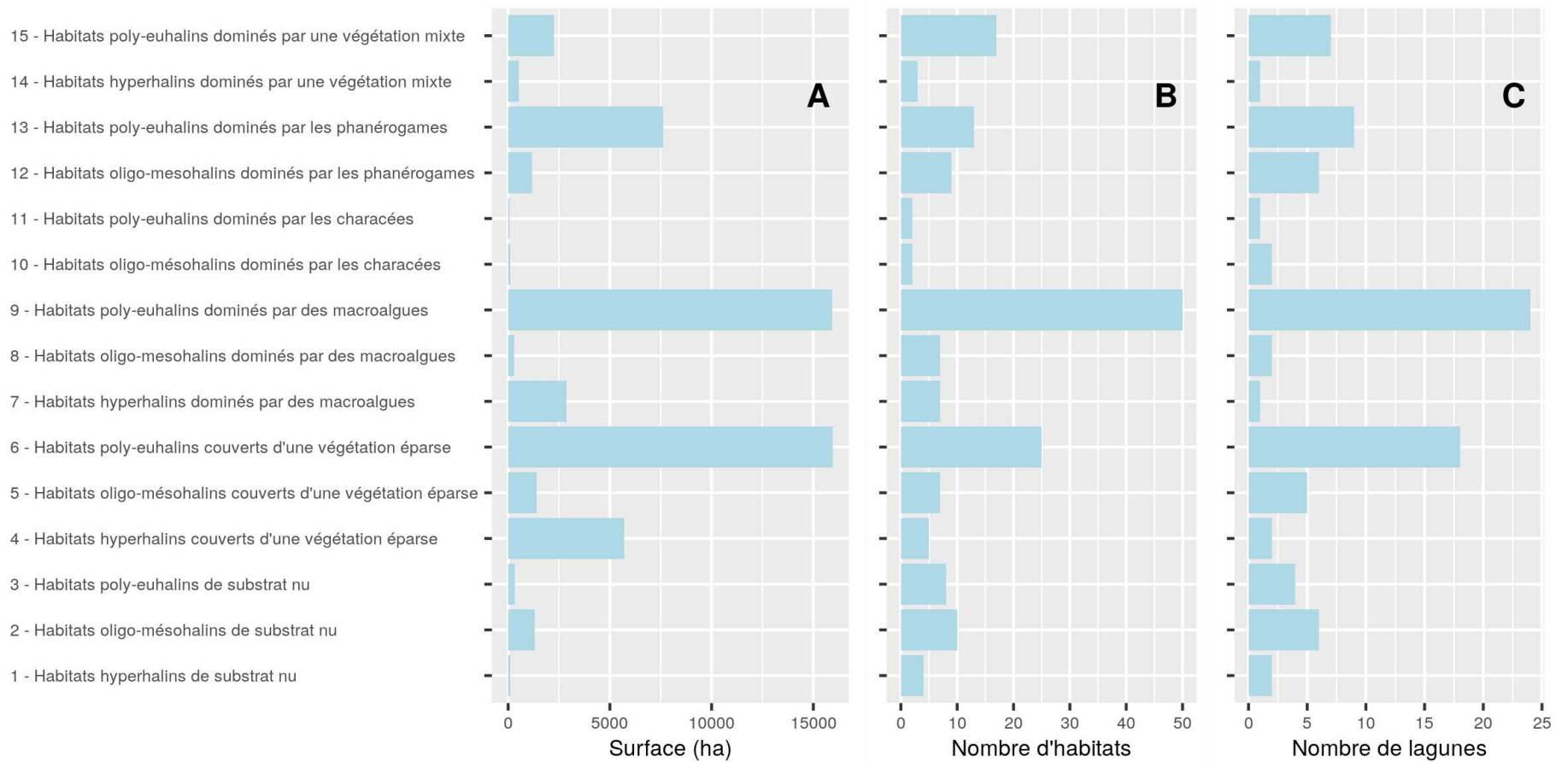


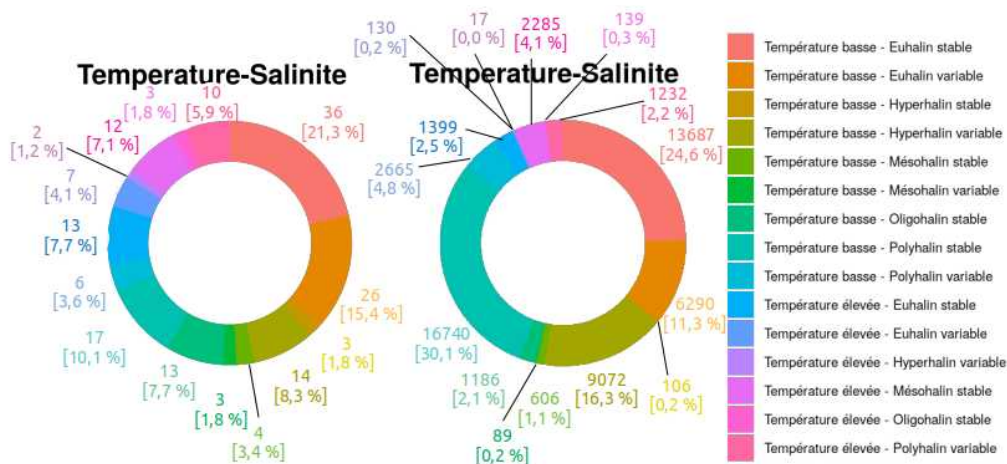
Figure 8: (A) Surface, (B) nombre d'habitats et (B) nombre de lagunes dans chacun des 15 groupes d'habitats décrits dans les lagunes méditerranéennes françaises

3.1.1 Variabilité des critères au sein de la typologie

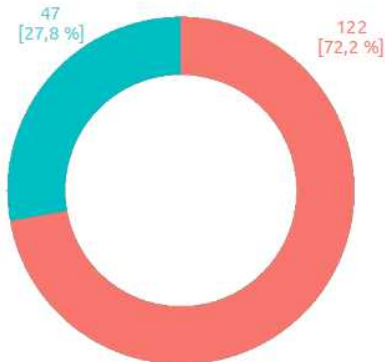
Parmi les descripteurs pris en compte dans le critère 1, la température basse est majoritaire en nombre d'habitats (122) et en surface (50440 ha, Figure 9). Les habitats caractérisés par des température hautes se situent en Corse (Biguglia, Diana, Urbino et Palo) et dans les lagunes peu profondes (La Palme, Pissevache, Vendres, Grand Bagnas, Mejean, Ponant, La Marette et Crey). Au sein des lagunes méditerranéennes françaises, les habitats sont décrits majoritairement comme poly-euhalins (115 habitats, 76 % de la surface totale). Bien que les habitats oligo-mésahalins soit deux fois plus nombreux que les habitats hyperhalins (respectivement 35 contre 19 habitats), ils couvrent une surface deux fois inférieure sur la façade (8 % pour les habitats oligo-mésahalins contre 16 % pour les habitats hyperhalins). La salinité dans ces habitats est enfin majoritairement stable (101 habitats, 36147 ha).

À l'échelle du critère 1 de la typologie qui combine à la fois la température et la salinité (valeur médiane sa variabilité associée), les habitats euhalins stables caractérisés par une température basse sont les plus largement représentés (36 habitats différents) et couvrent une surface importante (13687 ha soit 25 %) bien que les habitats polyhalins caractérisés par une température basse soit encore plus étendus (30 % de la surface des lagunes méditerranéennes françaises, Figure 9). L'habitat hyperhalin variable soumis à une température élevée est quant à lui rare (2 habitats décrits), peu étendu (17 ha) et restreint à la lagune de Pissevache.

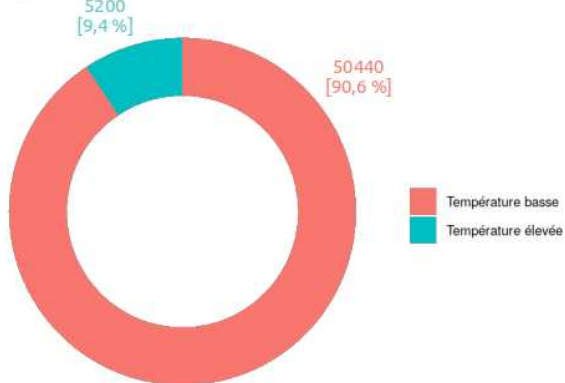
Dans les lagunes méditerranéennes françaises, le substrat (critère 2) est principalement sablo-vaseux (pourcentage de vase compris entre 10 et 50 % de vase) et la lumière disponible (critère 3) moyenne du point de vue du nombre d'habitats (Figure 10). En utilisant la surface couverte par les habitats, la moitié des habitats est soumis à une lumière faible au fond. Concernant l'hydrodynamisme (critère 4) et le niveau trophique (critère 5), le nombre d'habitats décrits est comparable entre les deux modalités de chaque critère (Figure 10). Les habitats exposés (hydrodynamisme) et oligo-mésotrophes (niveau trophique) sont en revanche majoritaires en terme de surface au sein des lagunes méditerranéennes françaises.



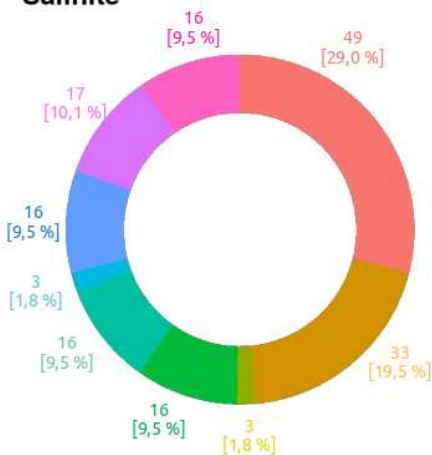
Temperature



Temperature



Salinite



Salinite

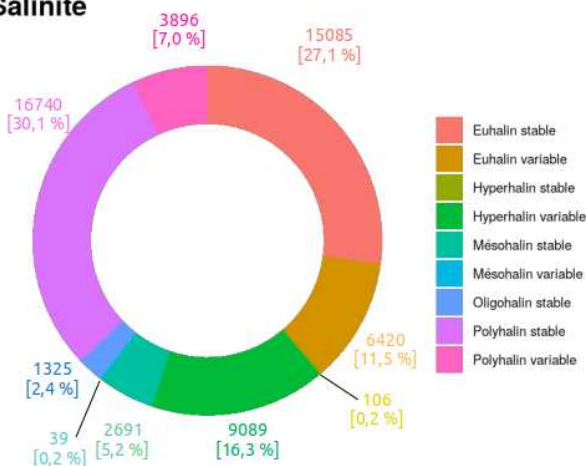
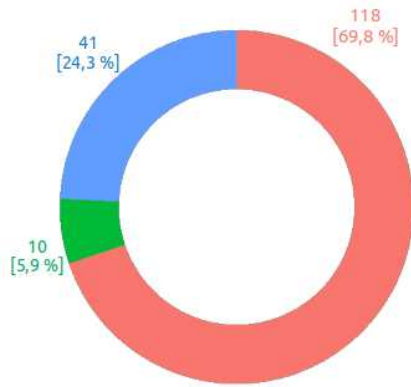
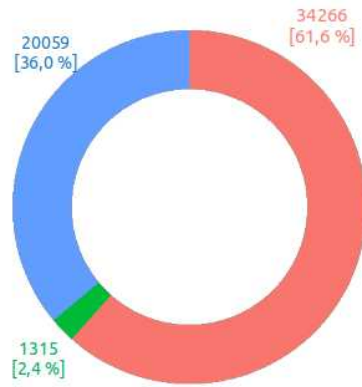


Figure 9: Répartition des modalités au sein des descripteurs Température-Salinité (critère 1), Température puis Salinité (à gauche) en nombre d'habitats et (à droite) en surface (ha). Les valeurs entre crochets correspondent à la part que représente cette modalité à l'échelle des lagunes méditerranéennes en nombre d'habitat ou en surface.

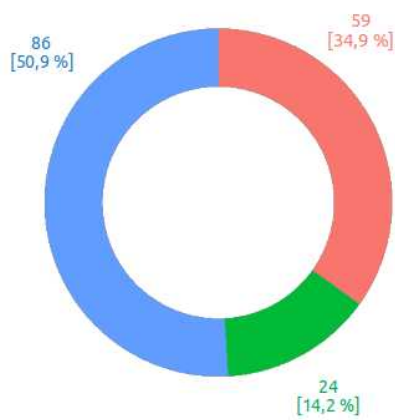
Substrat



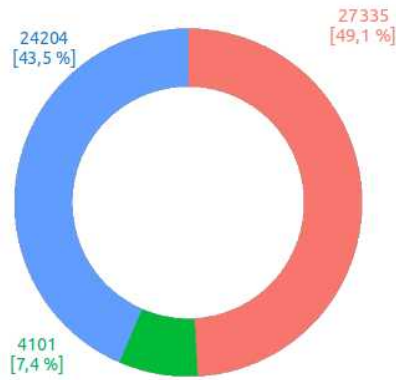
Substrat



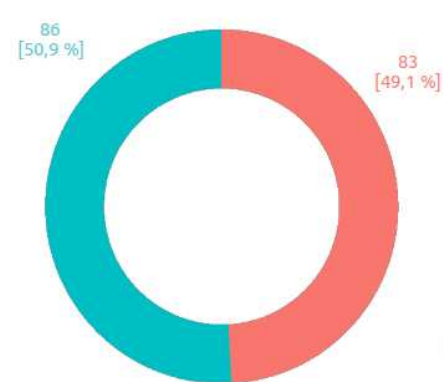
Zone biologique



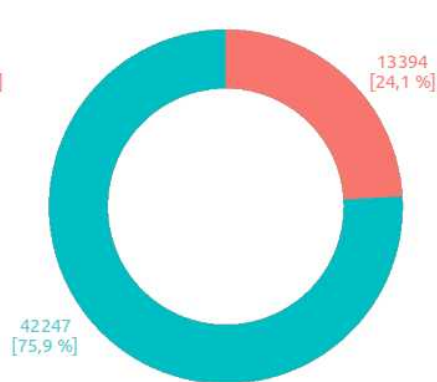
Zone biologique



Hydrodynamisme



Hydrodynamisme



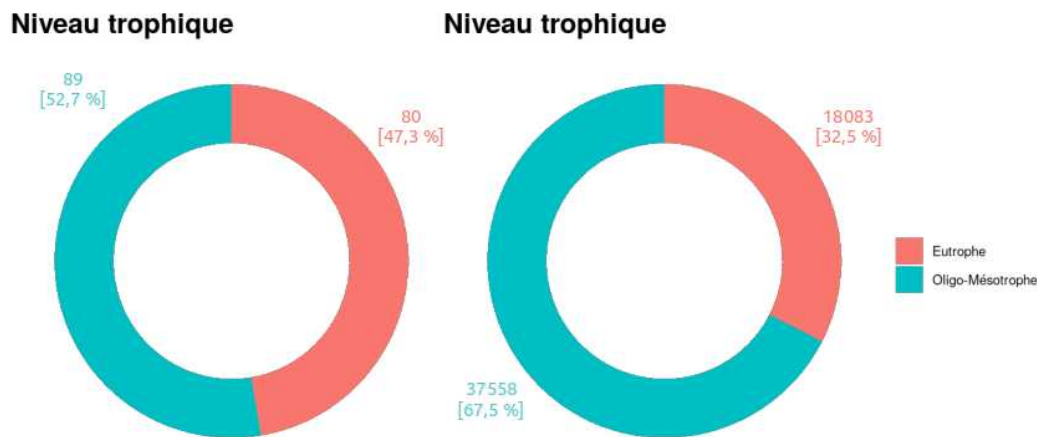


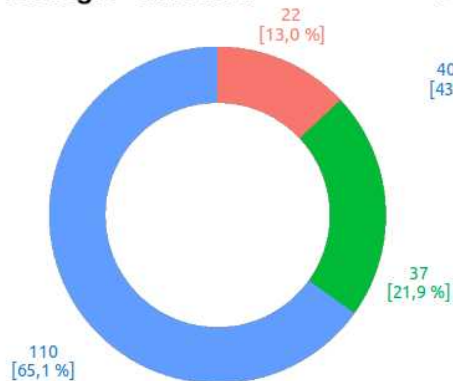
Figure 10: Répartition des modalités au sein des descripteurs Substrat (critère 2), Zone biologique (critère 3), hydrodynamisme (critère 4) et Niveau trophique (critère 5) (à gauche) en nombre d'habitats et (à droite) en surface (ha). Les valeurs entre crochets correspondent à la part que représente cette modalité à l'échelle des lagunes méditerranéennes en nombre d'habitat ou en surface.

Le critère 6 (Biologie) est basé sur la couverture végétale du fond. Les habitats dépourvus de macrophyte représentent 13 % en nombre d'habitats et seulement 3 % en surface des lagunes méditerranéennes française (Figure 11). Concernant les habitats couverts par des macrophytes, 37 habitats sont décrits avec un recouvrement végétal inférieur à 25 % (végétation éparse) et couvrent 41 % de la surface totale. La majorité des habitats en termes de nombre d'habitats ou de surface) est donc couverte par des macrophytes (110 habitats, 56 % de la surface).

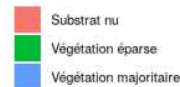
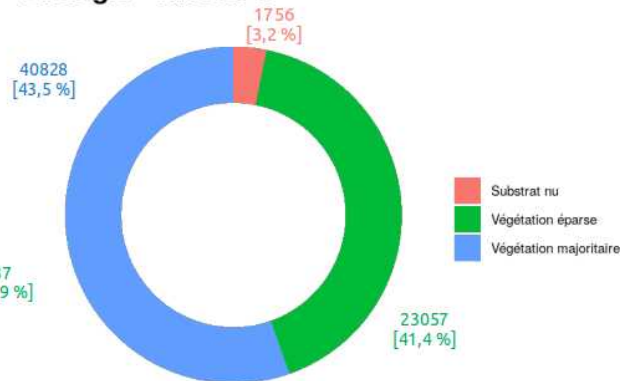
Au sein des habitats dominés par des macrophytes (critère 6b, Figure 11), les habitats avec une couverture majoritaire de macroalgues sont les plus représentés avec 64 habitats (34 % de la surface totale des lagunes méditerranéennes, 64 % de la surface des habitats couverts par les macroalgues dominantes). Les algues rouges et les algues vertes dominent le plus d'habitats (respectivement 23 et 35 habitats) alors que les algues brunes ne dominent que 6 des 64 habitats. Les habitats dominés par des phanérogames (22 habitats) recouvrent quant à eux 16 % de la surface totale des lagunes (29 % de la surface des habitats dominés par des macrophytes). Les habitats abritant des Characées sont enfin largement minoritaires (4 habitats, 0,3 % de la surface des lagunes méditerranéennes).

Les habitats décrits avec une végétation mixte majoritaire (20 habitats) couvrent 5 % de la surface totale des lagunes (9 % de la surface des habitats dominés par des macrophytes). L'association algues rouges – algues vertes est la plus courante en terme de nombre d'habitats (8) et en termes de surface (1283 ha, Figure 11). Les associations phanérogames – algues (rouges ou vertes) forment enfin le deuxième groupe dominant au niveau du critère 6c (8 habitats, 859 ha).

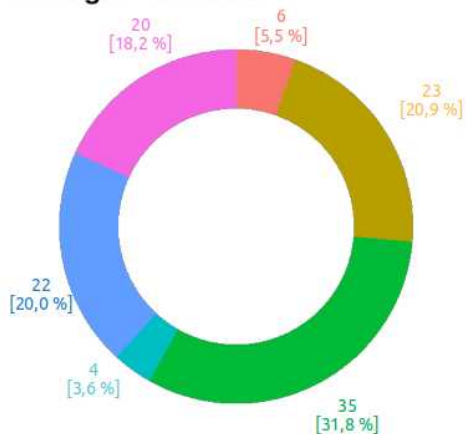
Biologie - Niveau a



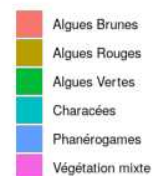
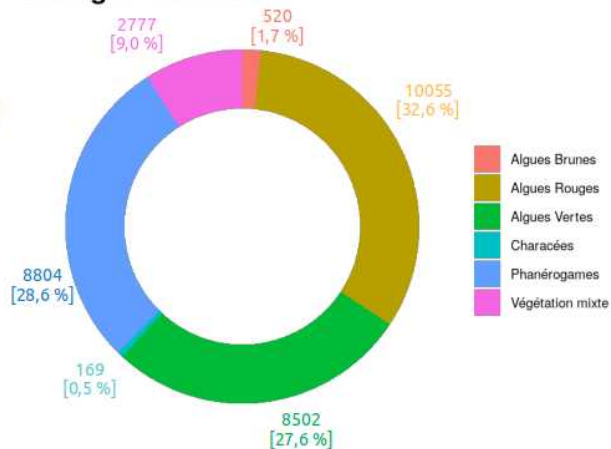
Biologie - Niveau a



Biologie - Niveau b



Biologie - Niveau b



Biologie - Niveau c



Biologie - Niveau c

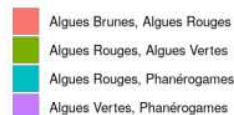


Figure 11: Répartition des modalités au sein des descripteurs Biologie (critère 6a, 6b et 6c) (à gauche) en nombre d'habitats et (à droite) en surface. Les valeurs et les surface pour les critères 6b et 6c sont données pour chaque critère. Ainsi la part (en nombre d'habitat ou en surface) est donnée relativement au critère et non à l'échelles des lagunes méditerranéennes françaises. Le niveau 6a correspond à la couverture végétale. Le niveau 6b correspond à la distinction au sein de la végétation dominante. Le niveau 6c correspond à la distinction au sein de la végétation dominante mixte.

3.2 Diversité des habitats au sein des lagunes méditerranéennes française

Au delà de la diversité des habitats à l'échelle de la façade méditerranéenne française, chacune des lagunes abrite 1 à 22 habitats différents (Figure 5). Afin d'illustrer cette diversité, les Figures 12 à 47 ci-dessous précisent les surfaces de chacun des habitats ou groupes d'habitat ainsi que la part de cette surface par rapport à la surface de chaque lagune. Ces représentations viennent compléter l'information donnée par l'atlas cartographique (Ouisse et *al.*, 2023b) dans lequel il est possible de localiser chacun de ces habitats.

Canet

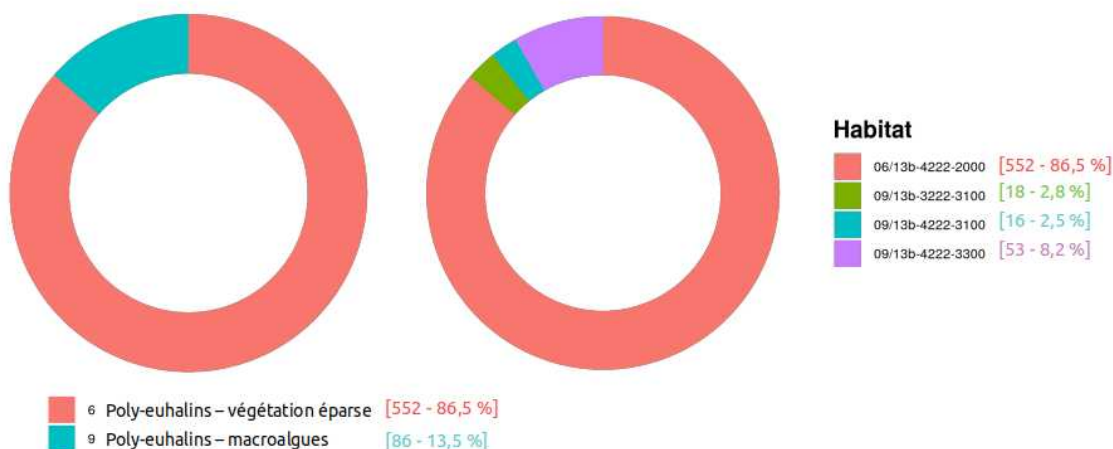


Figure 12: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Canet. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Salses Leucate

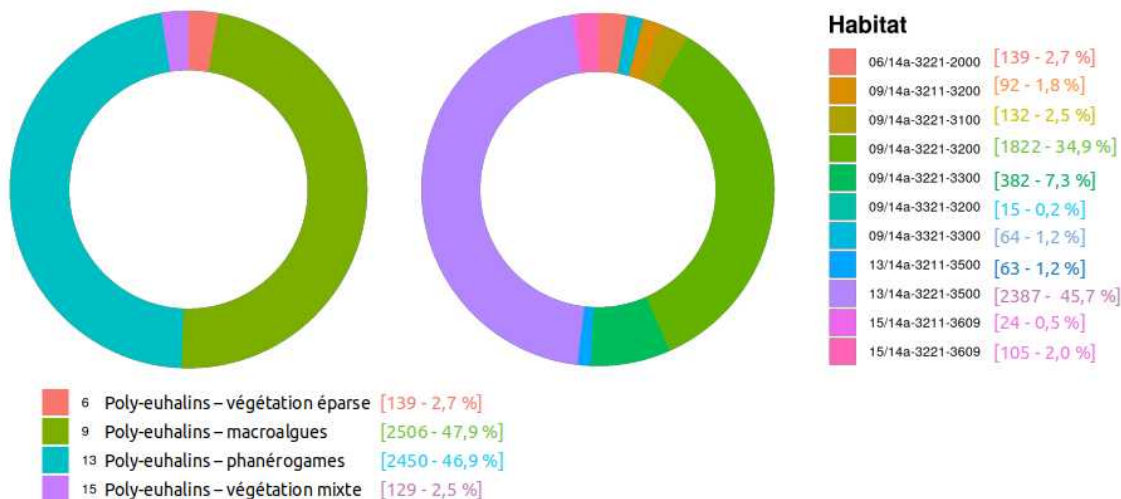


Figure 13: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Salses-Leucate. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

La Palme

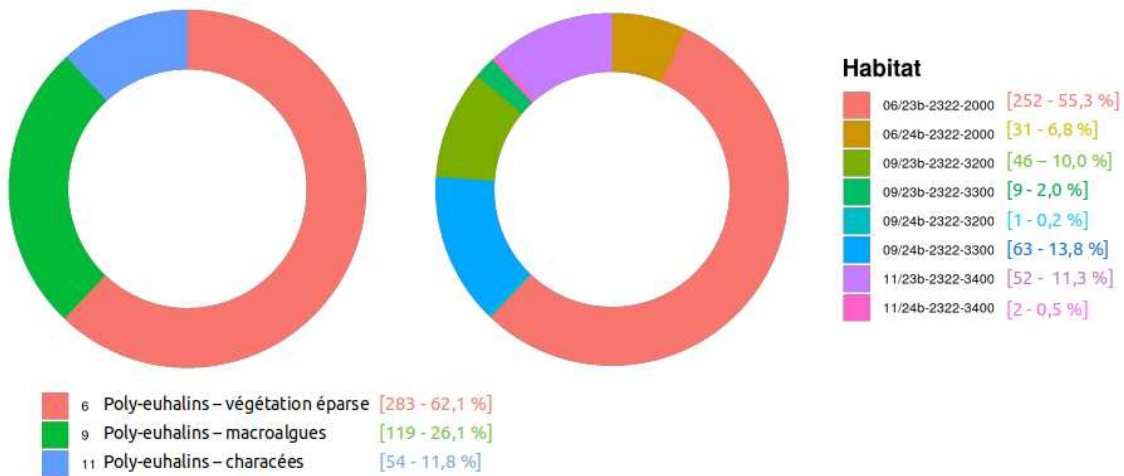


Figure 14: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de La Palme. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Bages Sigean

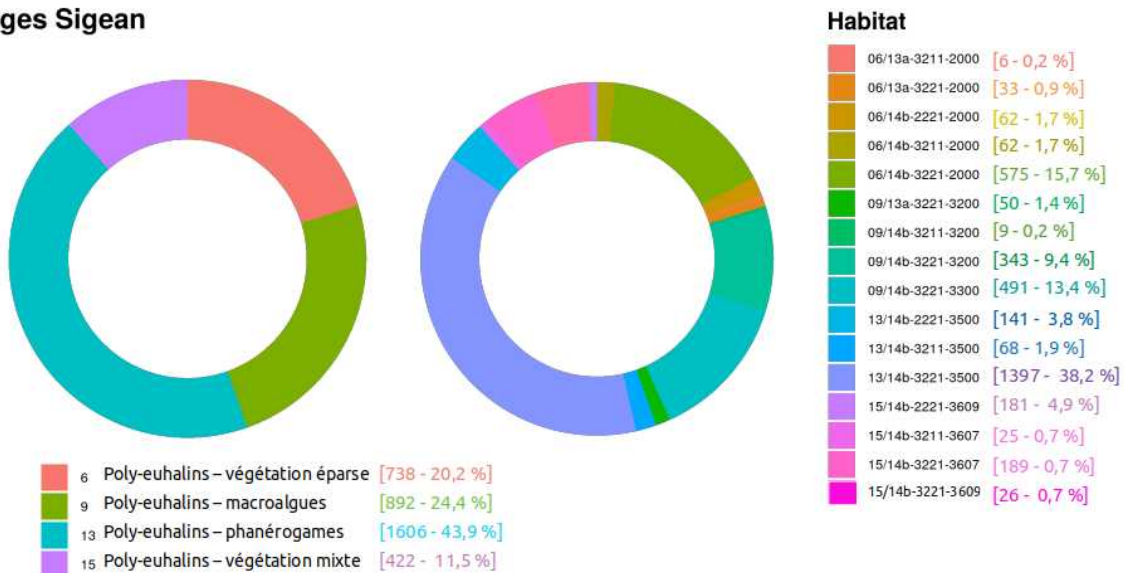


Figure 15: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Bages-Sigean. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Ayrolle



Figure 16: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Ayrolle. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1.

Campagnol

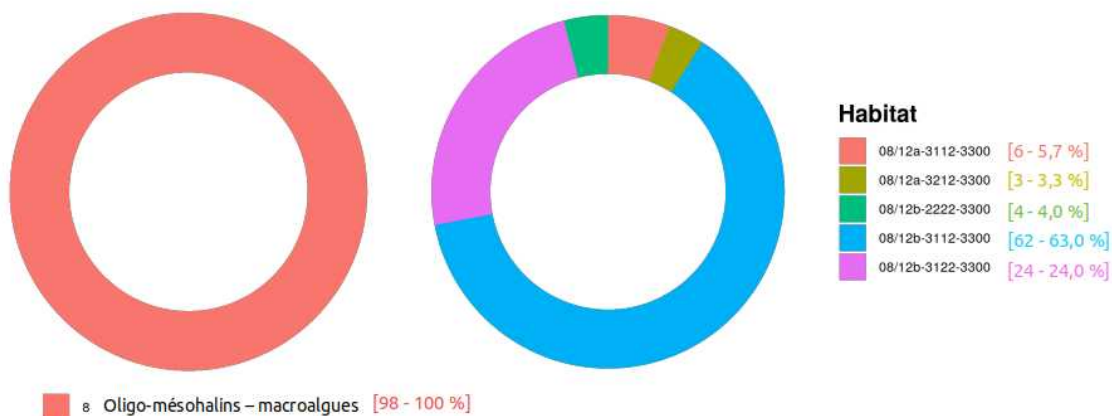


Figure 17: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Campagnol. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Gruissan



Figure 18: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Gruissan. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Grazel



Figure 19: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Grazel. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Mateille

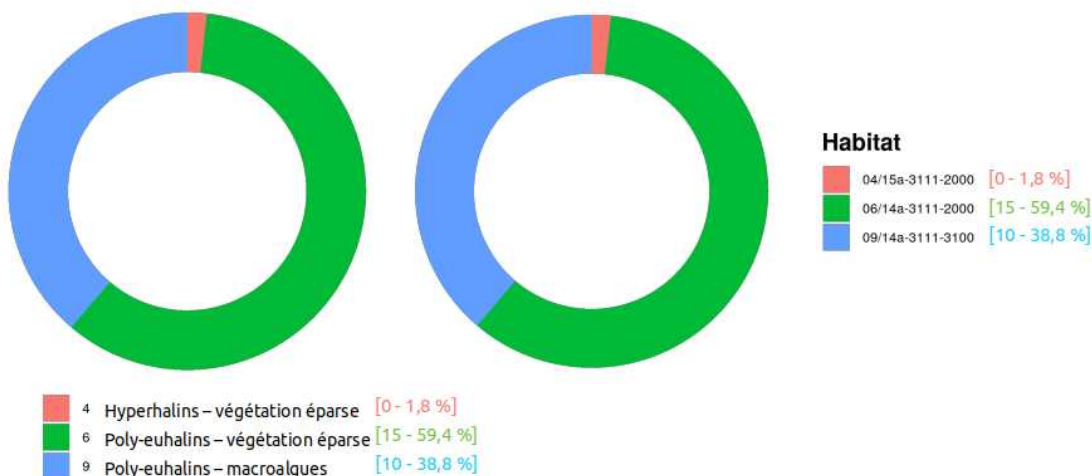


Figure 20: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Mateille. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Pissevache

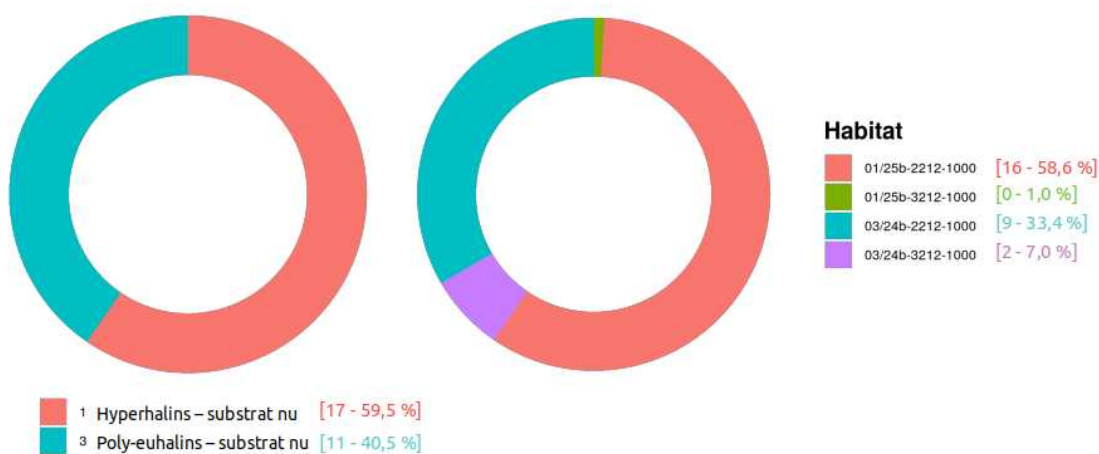


Figure 21: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Pissevache. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Vendres

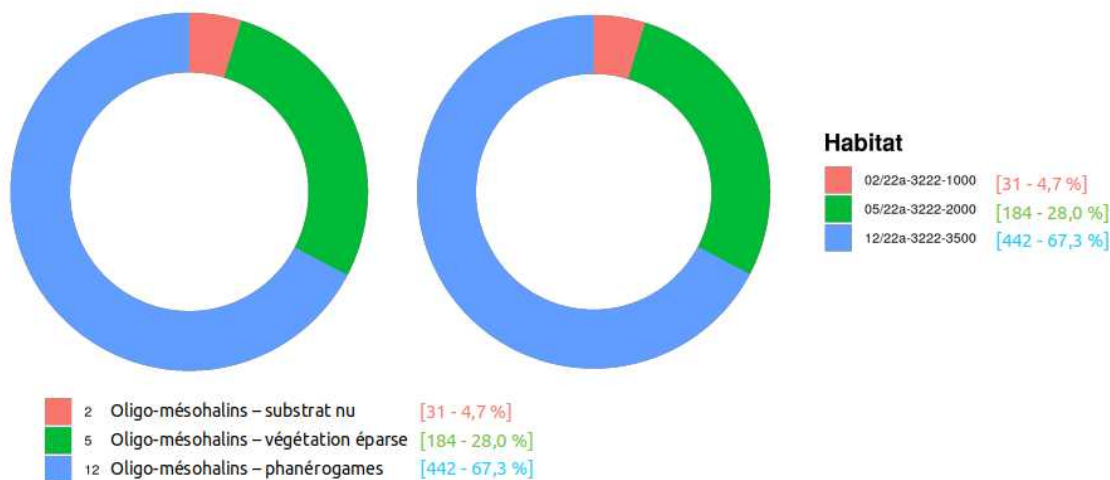


Figure 22: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Vendres. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Grand Bagnas

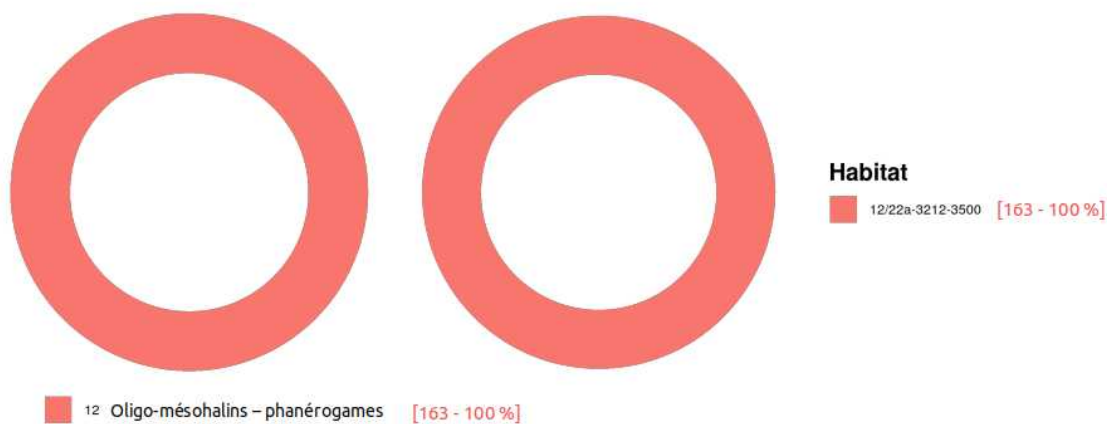


Figure 23: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Grand Bagnas. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Thau

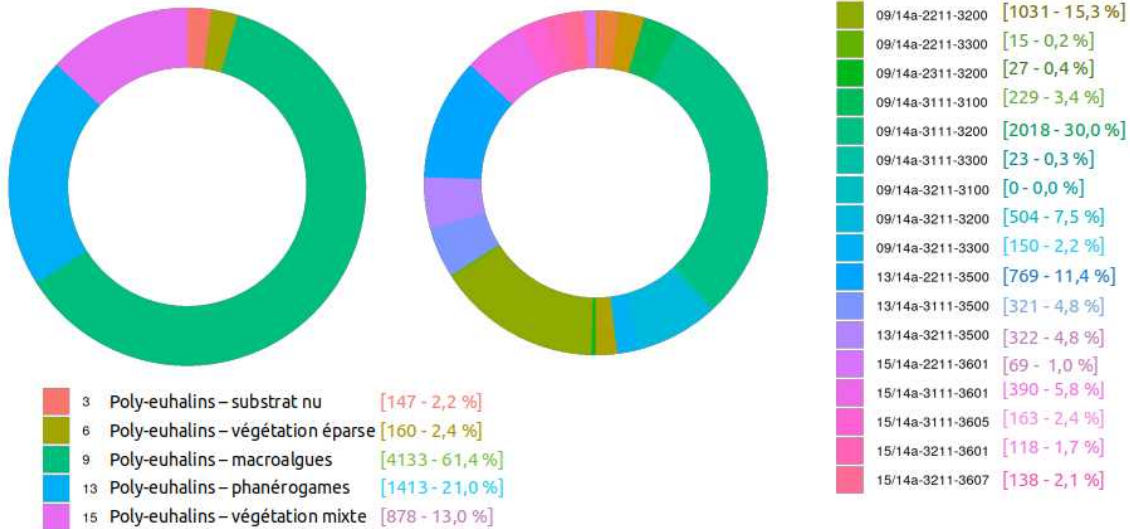


Figure 24: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Thau. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Ingril Sud

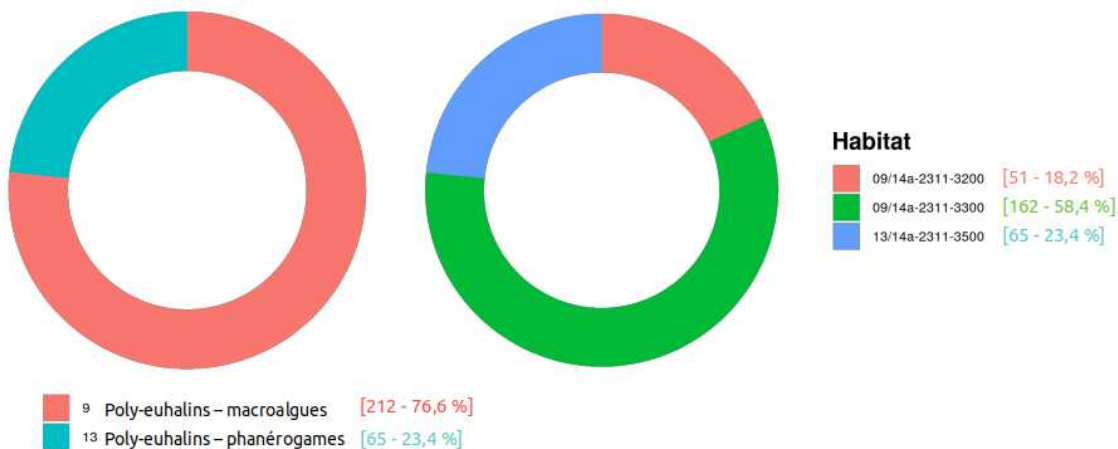


Figure 25: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Ingril Sud. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Ingril Nord

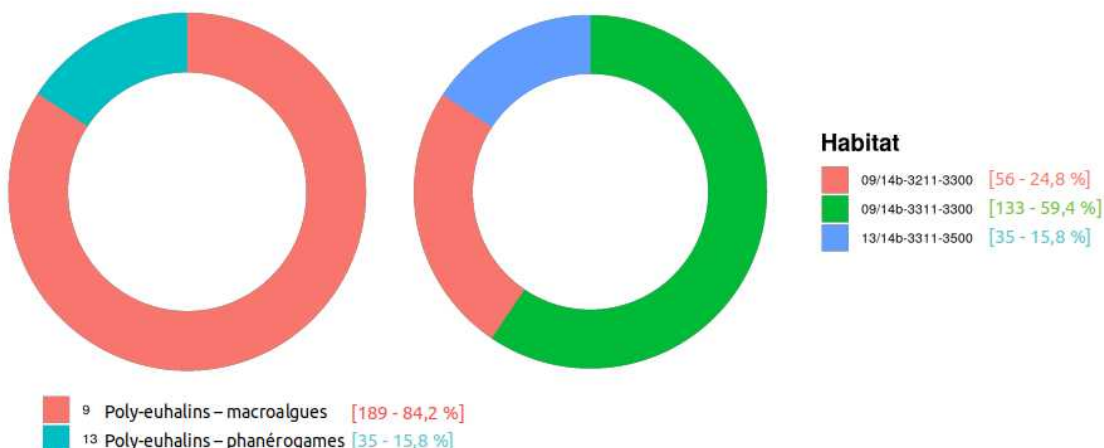


Figure 26: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Ingril Nord. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Pierre Blanche

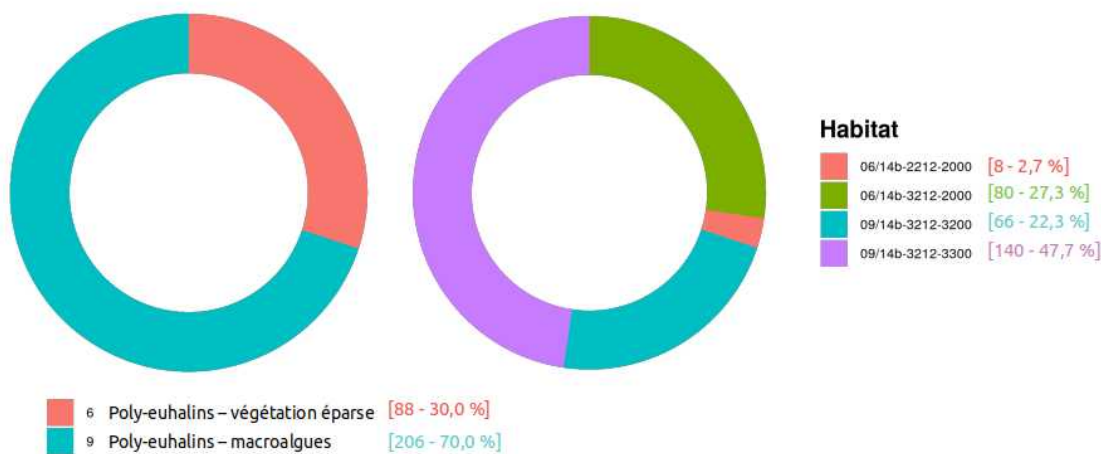


Figure 27: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Pierre-Blanche. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Vic

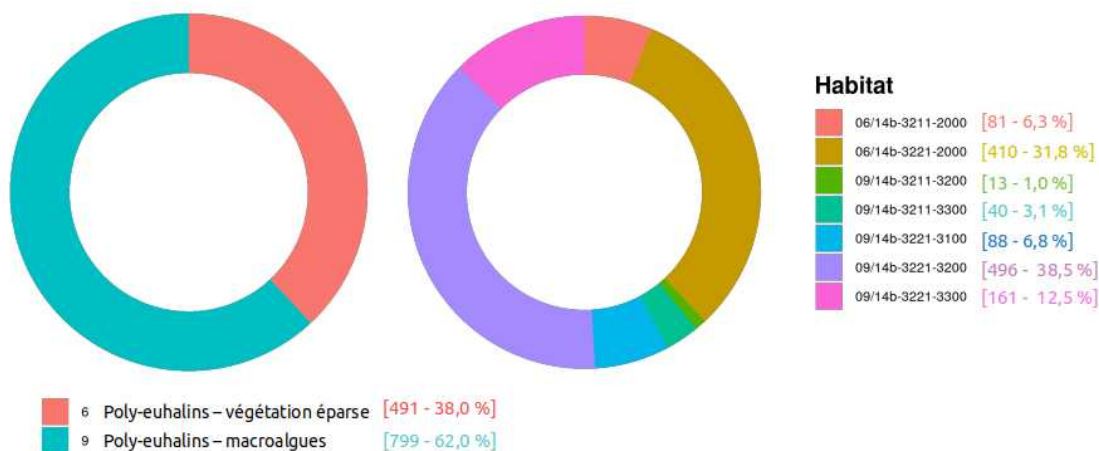


Figure 28: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Vic. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Prevost

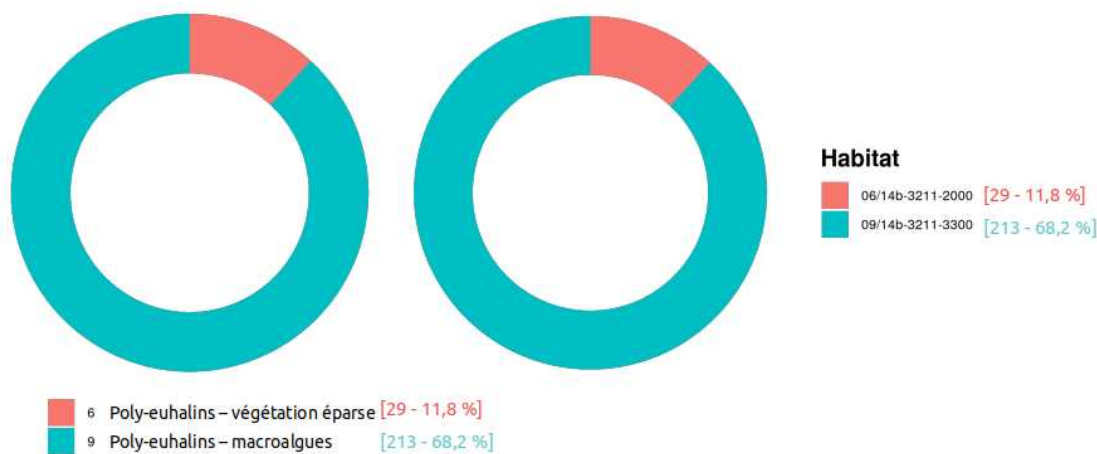


Figure 29: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Prévost. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Arnel

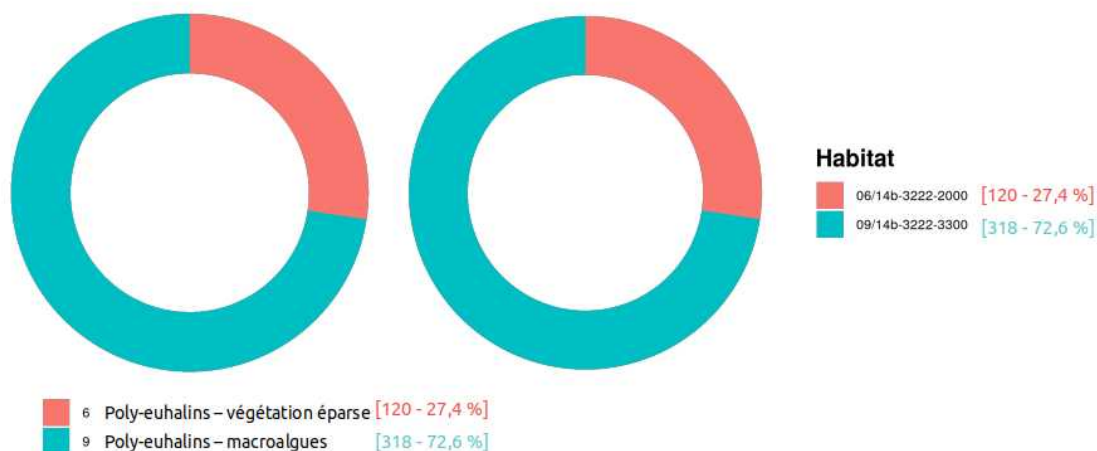


Figure 30: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Arnel. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Grec

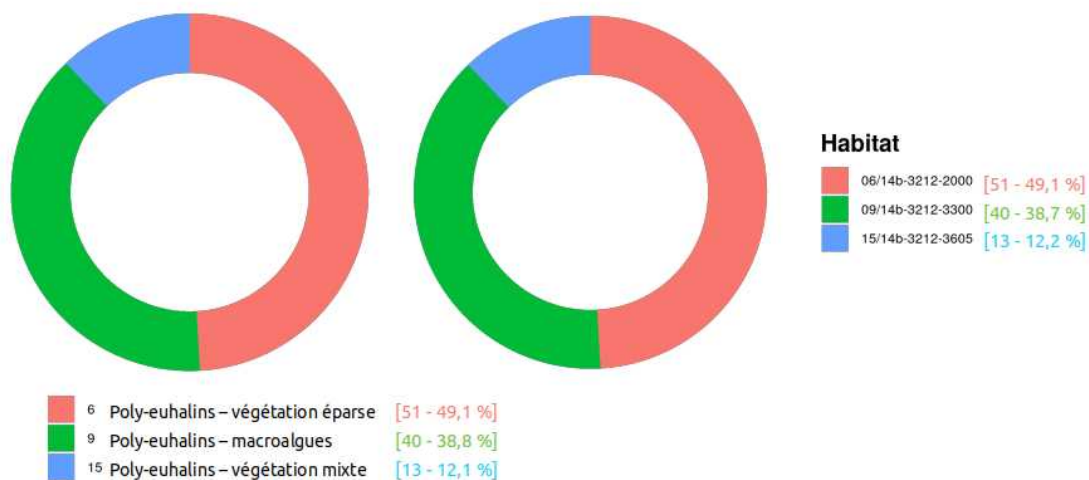


Figure 31: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Grec. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Mejean

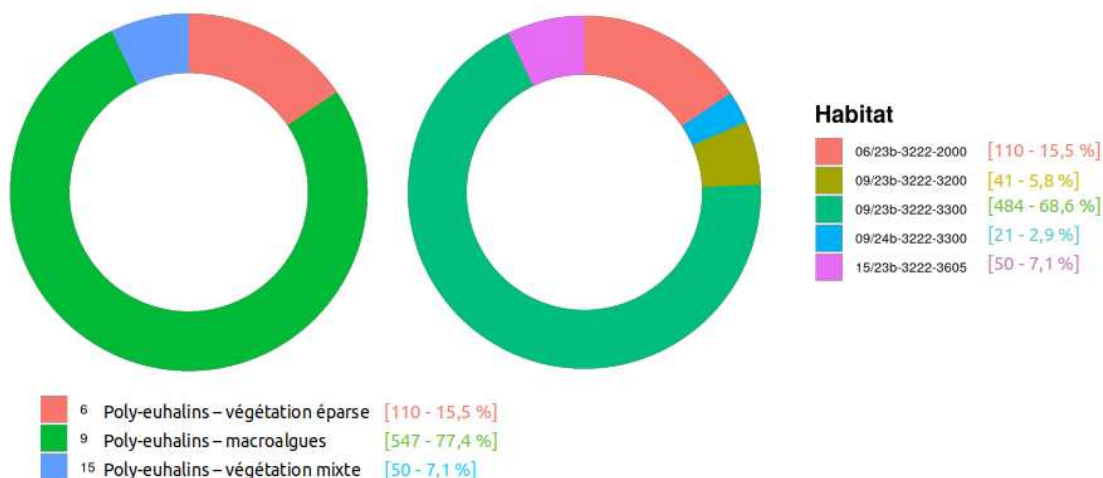


Figure 32: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Méjean. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Or

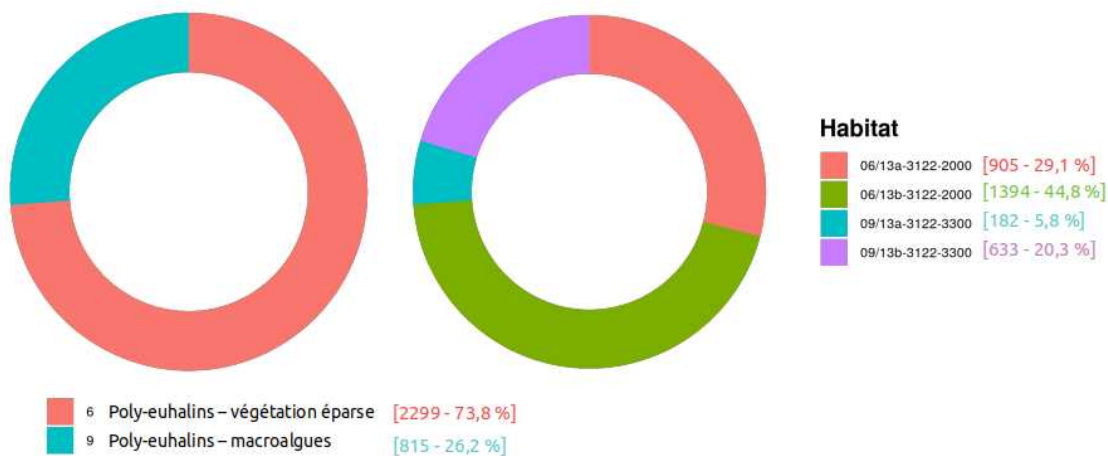


Figure 33: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de l'Or. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Ponant



Figure 34: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Ponant. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Medard

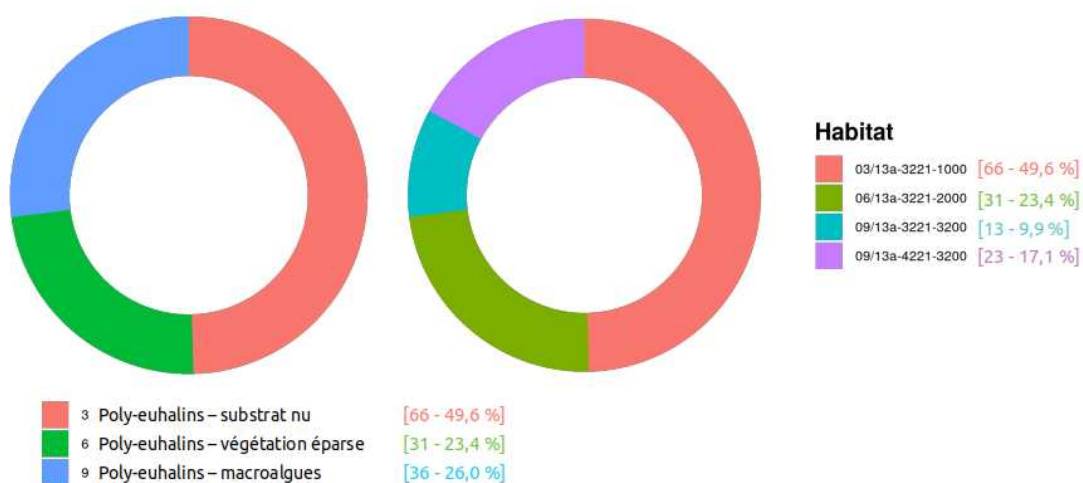


Figure 35: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Médard. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

La Marette

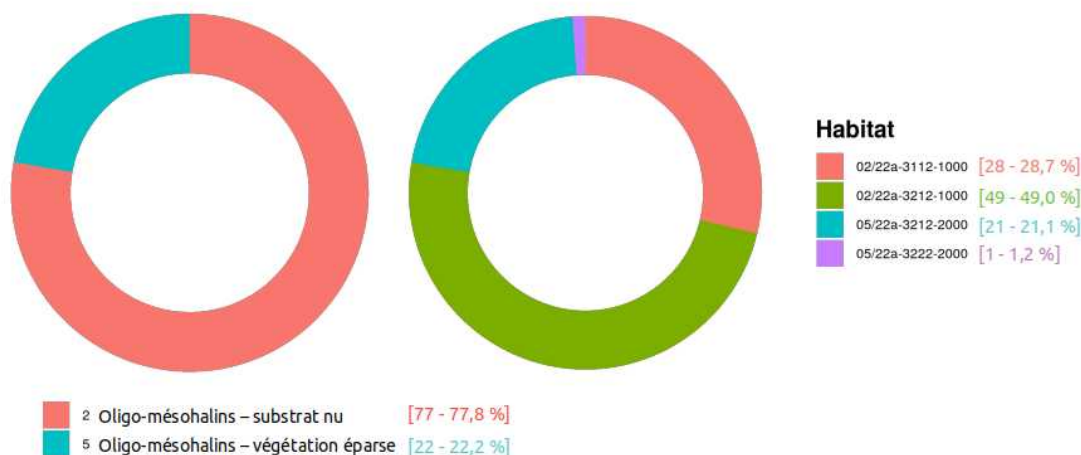


Figure 36: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de La Marette. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Charnier

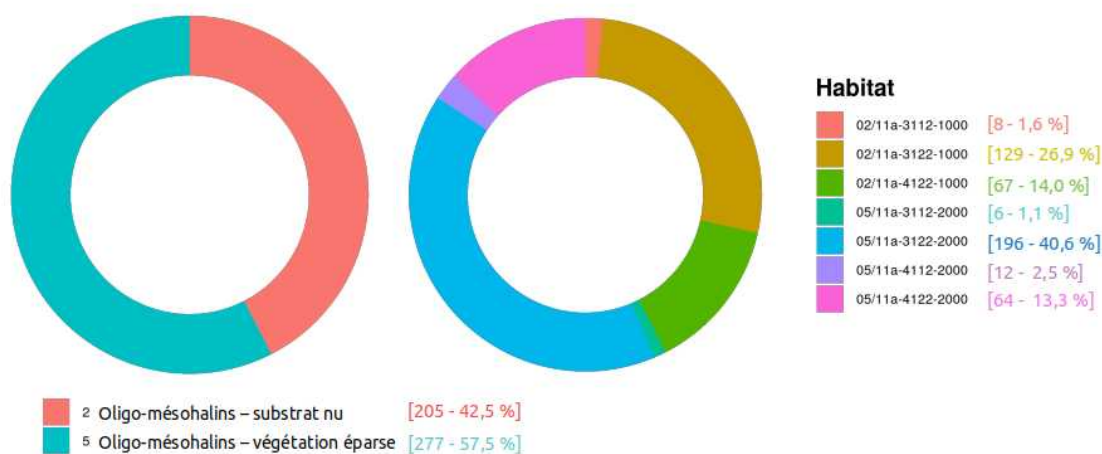


Figure 37: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Charnier. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Crey

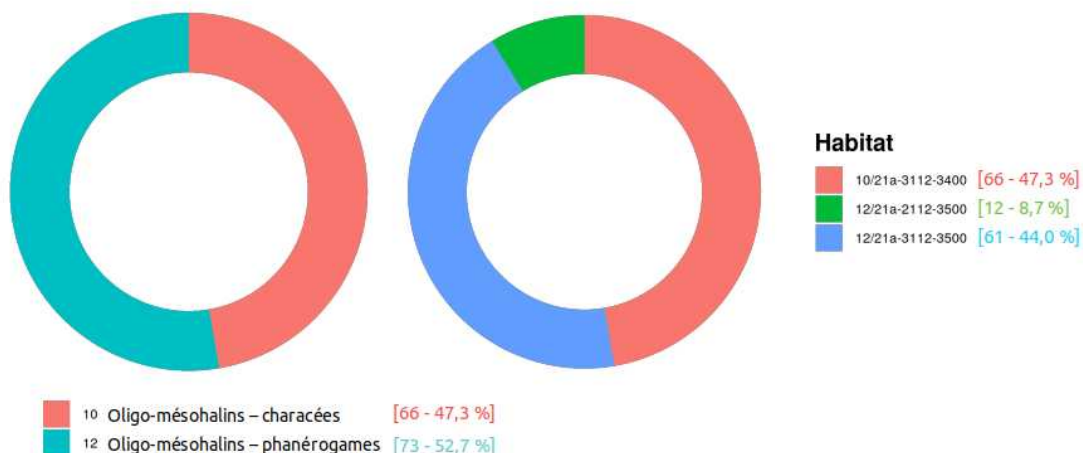


Figure 38: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Crey. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Scamandre

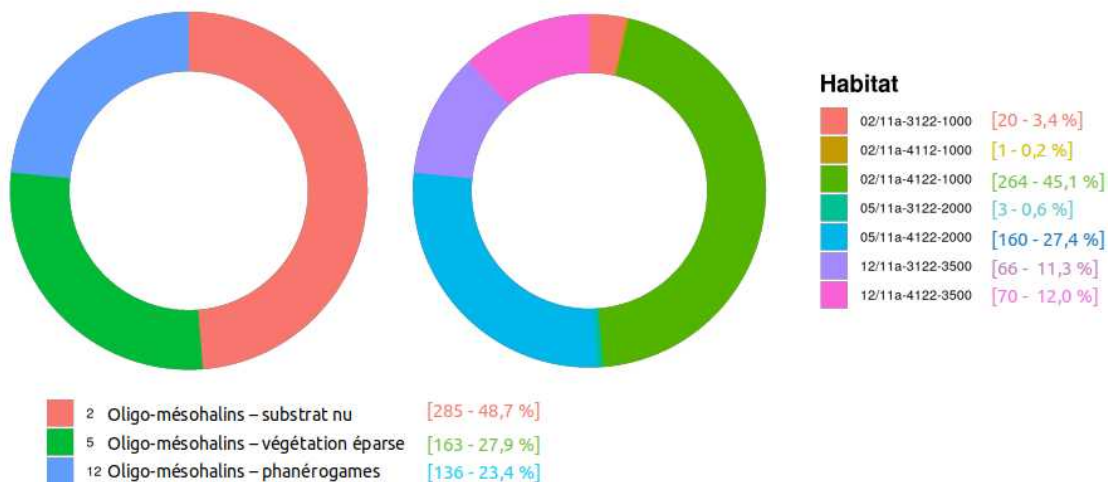


Figure 39: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Scamandre. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Vaccares

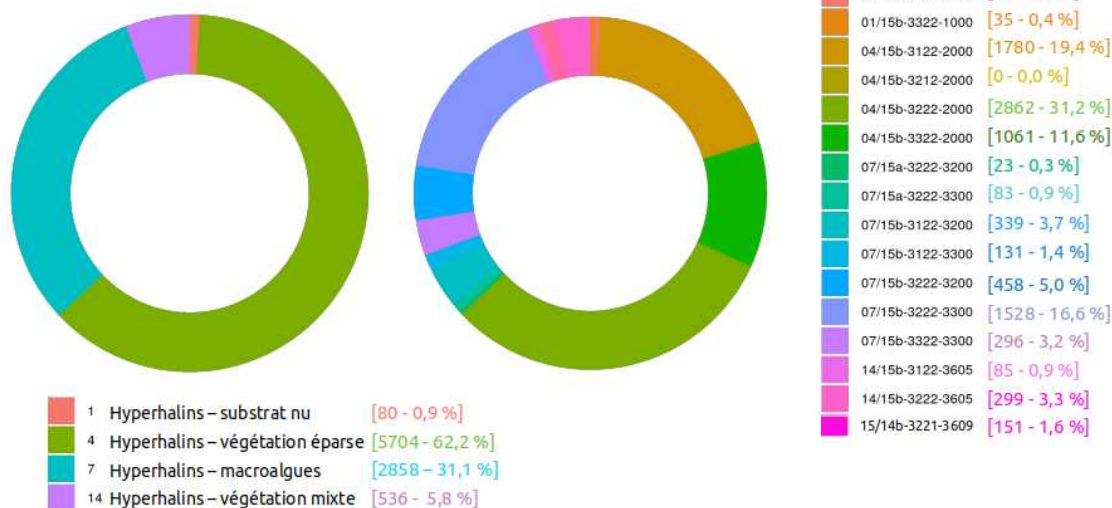


Figure 40: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Vaccarès. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

La Palissade



Figure 41: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de La Palissade. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Berre Vaine

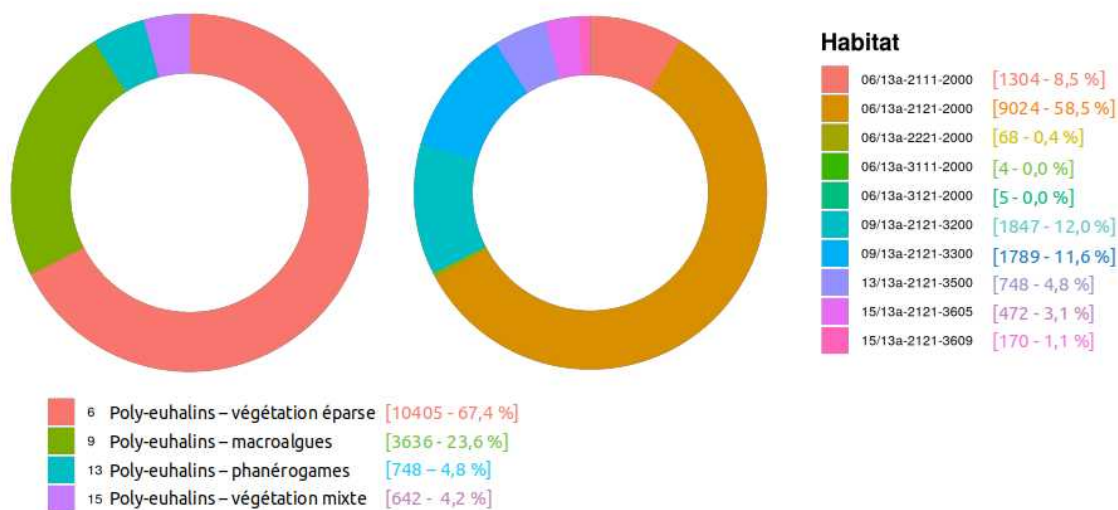


Figure 42: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Berre-Vaine. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Bolmon

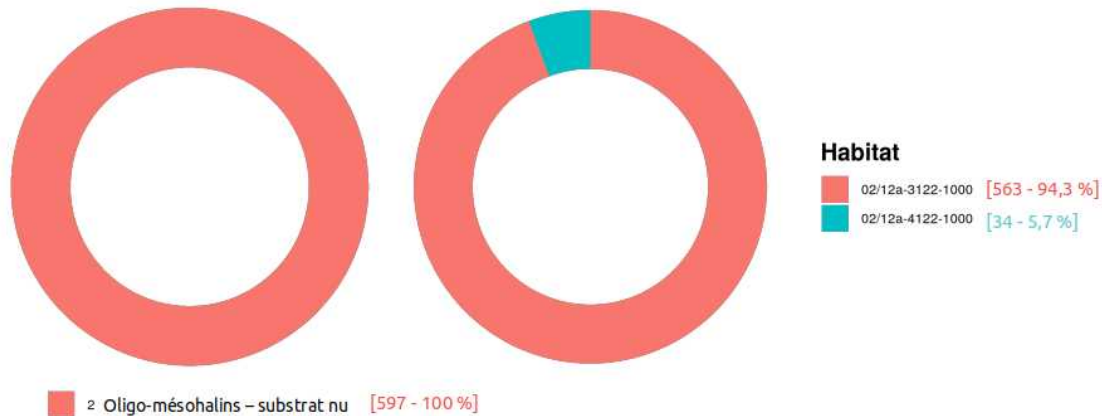


Figure 43: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Bolmon. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Biguglia

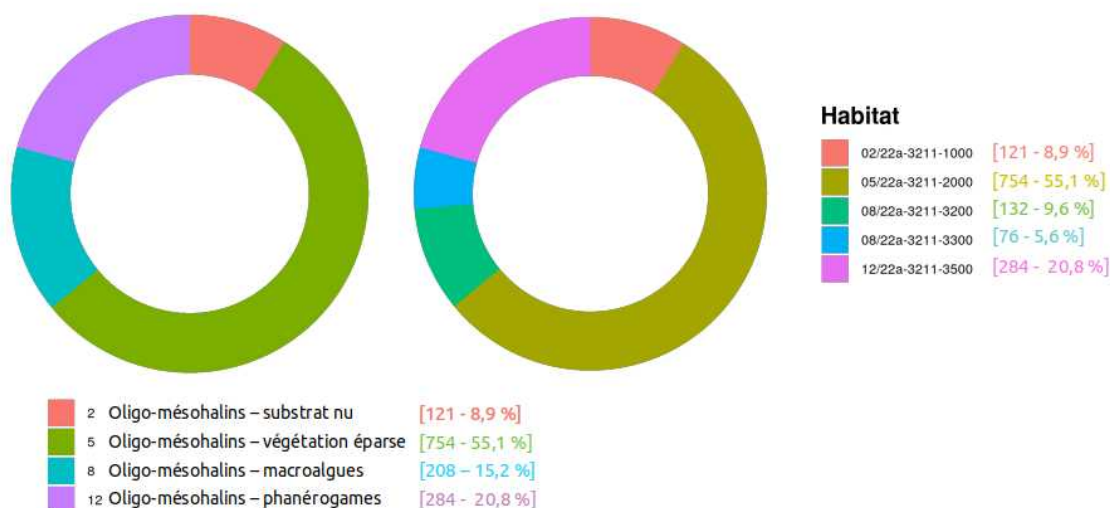


Figure 44: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Biguglia. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Diana

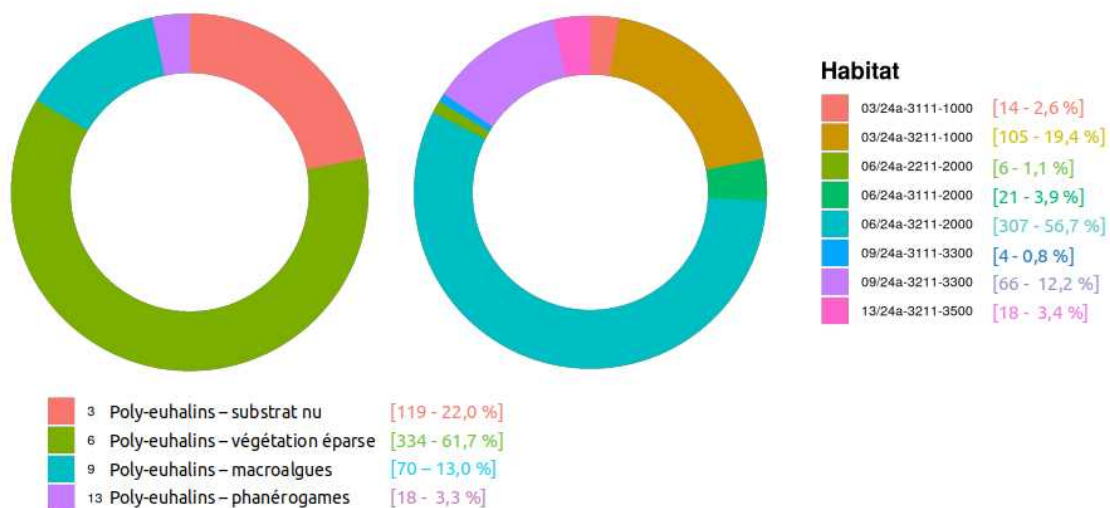


Figure 45: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Diana. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

Urbino

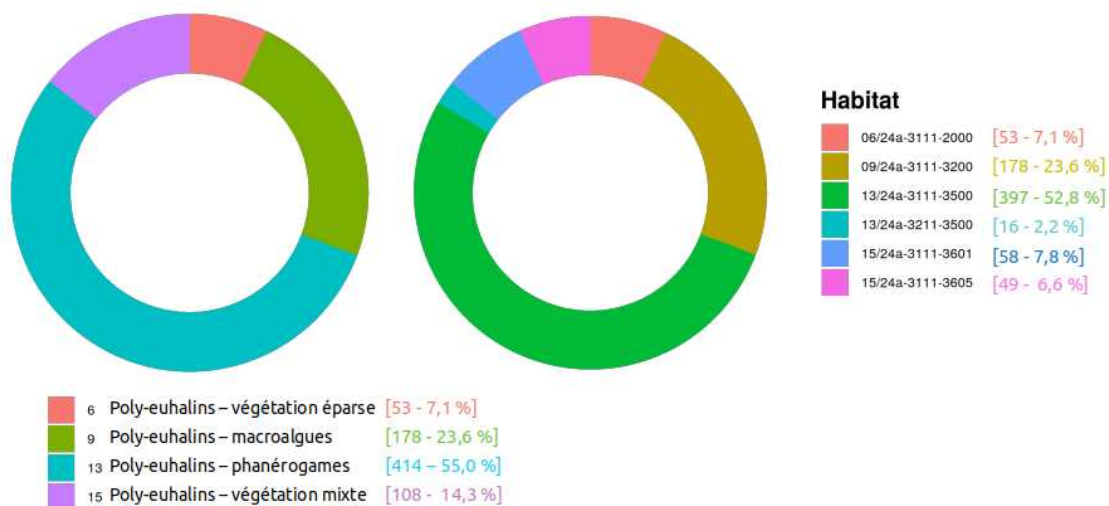


Figure 46: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Urbino. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1.

Palu

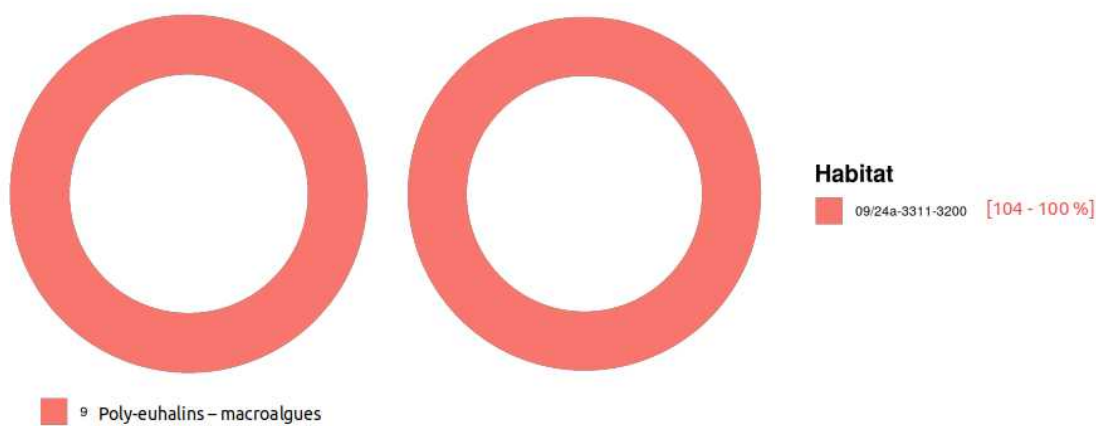


Figure 47: Surface et part de la surface de la lagune occupée par chaque (à gauche) groupe d'habitat ou (à droite) habitat dans la lagune de Palu. Les codes des habitats ou groupes d'habitat sont définis dans la Figure 4 et listés dans l'Annexe 1 : Liste des habitats lagunaires.

4 Synthèse et perspectives

La phase 2 du projet CHAMILA vient ici consolider les premiers résultats cartographiques disponibles en mettant à disposition de nouvelles cartes d'habitats de niveau 6 (incluant la biologie) sur l'ensemble des 36 lagunes méditerranéennes françaises concernées par la DCE et en fiabilisant en termes de méthodes et d'incertitudes ces cartographies. Sur la base d'une typologie d'habitats incluant maintenant la température, **169 habitats sont aujourd'hui décrits sur la période 2016-2022** (contre 224 habitats dans la version précédente) à l'échelle des lagunes méditerranéennes côtières françaises. **La majorité des lagunes abrite moins de 10 habitats** et seules les lagunes de Salses-Leucate, Bages-Sigean, Thau, Vaccares et Berre abritent un nombre plus important d'habitats qui semble en lien avec la surface de ces lagunes.

L'analyse des résultats soulignent l'**unicité des habitats lagunaires** à l'échelle de la façade où 148 d'entre eux ne sont présents que dans une seule lagune. **La majorité des habitats** en termes de nombre d'habitats ou de surface est **couverte par des macrophytes** (110 habitats, 56 % de la surface). Les habitats poly-euhalins couverts d'une végétation éparses et les habitats poly-euhalins dont la couverture végétale est dominée par des macro-algues apparaissent comme largement majoritaires à l'échelle de la façade méditerranéenne française, tant en terme de surface, du nombre d'habitats différents et du nombre de lagune dans lesquelles ces habitats sont décrits. Les habitats dépourvus de macrophyte ne représentent ainsi que 13 % en nombre d'habitats et seulement 3 % en surface. Les typologies d'habitats les plus communément utilisées (EUNIS, Natura 2000) s'appuient généralement sur la végétation pour définir les habitats. Les surfaces de sol nu sont alors rarement décrites. Ici, elles sont considérées comme un habitat lagunaire au même titre que les herbiers, même si la directive habitat n'exclut pas ces zones de l'habitat 1150 « lagunes côtières ». Les habitats à sol nu font en effet bel et bien partie de la mosaïque d'habitats aquatiques lagunaires et ne sont pas nécessairement des secteurs dégradés par l'eutrophisation. L'absence d'herbier peut en effet être due à différents facteurs plus ou moins combinés et pouvant survenir de manière naturelle : variations de la salinité, hydrodynamisme, turbidité (minérale et/ou organique), herbivorie, anoxie du substrat, substrat trop meuble limitant la germination (Ouisse *et al.*, 2014). Aussi, dans le panel des habitats lagunaires, il existe potentiellement des habitats sans végétation du fait de forts niveaux trophiques naturels.

Ces nouvelles connaissances constituent ainsi un **outil important de gestion et de planification spatiale** aussi bien aux échelles locales que régionales. Ces travaux renforcent la notion de complexité des écosystèmes lagunaires dont la richesse fonctionnelle résulte en partie de la mosaïque des habitats qu'elles abritent. La compréhension des liens fonctionnels entre ces habitats et les fonctions (biodiversité, cycle du carbone...) qu'elles assurent représente un axe de travail important actuel (Iotti *et al.*, 2023; Jones *et al.*, 2023) et futur dont ce travail forme une base concrète. Les cartographies d'habitats aujourd'hui disponibles présentent néanmoins une situation statique, estivale, qui nécessite sa **réactualisation régulière** (Menu *et al.*, 2019) sur la base des données disponibles. **L'indexation des projets, l'harmonisation des protocoles de mesure et la bancarisation des données dans un système inter-opérable** apparaissent comme des axes de travail indispensables à court terme pour intégrer l'ensemble des connaissances aux différentes échelles.

5 Références bibliographiques

- Brando V. E., Braga F., Zaggia L., Giardino C., Bresciani M., Bellafiore D., Ferrarin C., Maicu F., Benetazzo A., Bonaldo D., Falcieri F. M., Coluccelli A., Russo A., Carniel S. (2015) High resolution satellite turbidity and sea surface temperature observations of river plume interactions during a significant flood event. *Ocean Science Discussions*, 12, 1669-1692.
- Fiandrino A., Verney R. (2010) Développement d'un modèle hydrosédimentaire sur les masses d'eau de transition - Application sur la lagune de Thau.
- Folk (1954) The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Journal Geology*, 62,344-356.
- Grillas P., David T. (2010) Etude pilote pour une évaluation de l'état des macrophytes des lagunes méditerranéennes oligo et méso-halines - Convention 2010 - Action 2. Onema, Ref. Convention Onema-Ifremer 2010, 66p.
- Guelorget O., Pertuisot J.P. (1984) Indicateurs biologiques et diagnose écologique dans le domaine paralique. *Bulletin d'Ecologie* 15, 67-76.
- Iotti M., Darnaude A.M., Bouriat A., Ouisse V. (2023). Spatio-temporal Variation of Shallow Microhabitats and Associated Juvenile Fish Assemblages in a Mediterranean Lagoon. *Estuaries and Coasts*. *Estuaries And Coasts*, 46(1), 198-226.
- Jones A.G., Schaal G., Boyé A., Creemers M., Derolez V., Desroy N., Fiandrino A., Mouton T.L., S M., Smith N., Ouisse V. (2023) Disentangling the effects of eutrophication and natural variability on macrobenthic communities across French coastal lagoons. *PCI Ecology*.
- Lauret M., Oheix J., Derolez V., Laugier T. (2011) Guide de reconnaissance et de suivi des macrophytes des lagunes du Languedoc-Roussillon. Réseau de Suivi Lagunaire (Ifremer, Cépralmar, Agence de l'Eau RM&C, Région Languedoc-Roussillon), 77p.
- Le Fur I., De Wit R., Plus M., Oheix J., Simier M., Ouisse V. (2018) Submerged benthic macrophytes in Mediterranean lagoons: distribution patterns in relation to water chemistry and depth. *Hydrobiologia* 808, 175-200.
- Menu M., Vaz S., Bajjouk T., Derolez V., Giraud A., Grillas P., Ouisse V (2019) Rapport final du projet CHAMILA (Cartographie des habitats en milieu lagunaire méditerranéen), Ifremer, 88p+Annexes
- Ouisse V., Perron C., Fiandrino A., Rochette S. (2014) Rôle des macrophytes dans la restauration des milieux lagunaires: distribution spatiale de *Zostera noltei* (MARES1). 63p
- Ouisse V., Jones A., Creemers M., Derolez V., Desroy N., Fiandrino A., Simier M., Schaal G. (2023) Effet de l'eutrophisation sur la macrofaune benthique des lagunes méditerranéennes. 150p
- Ouisse Vincent, Miramont Arthur, Bajjouk Touria, Cimiterra Nicolas, Derolez Valérie, Fontes Hugo, Giraud Anais, Vaz Sandrine (2023a). Fiches descriptives des habitats en milieu lagunaire méditerranéen. Projet CHAMILA - Partie 2. Ifremer, 36p
- Ouisse Vincent, Miramont Arthur, Bajjouk Touria, Cimiterra Nicolas, Derolez Valérie, Fontes Hugo, Giraud Anais, Vaz Sandrine (2023b). Atlas Cartographique des habitats en milieu lagunaire méditerranéen. Projet CHAMILA - Partie 3. Ifremer, 80p
- Paolin, M. (2012) Etude des facteurs contrôlant l'atténuation lumineuse dans une lagune semi-fermée. Calibration d'un modèle bio-optique pour le Bassin d'Arcachon. Rapport de stage

6 Remerciements

L'ensemble de l'équipe du projet CHAMILA tient à remercier en particulier le Pôle Relais Lagune et les membres des différentes structures de gestion pour leur disponibilité, la mise à disposition de données et les échanges fructueux lors des ateliers.

