

Quelle nature demain sur nos littoraux occitans ?



Association des amis des Sciences de la Terre et du Climat

**Association des amis des Sciences de la Terre et du Climat
en Pic Saint-Loup**

Comprendre pour Agir

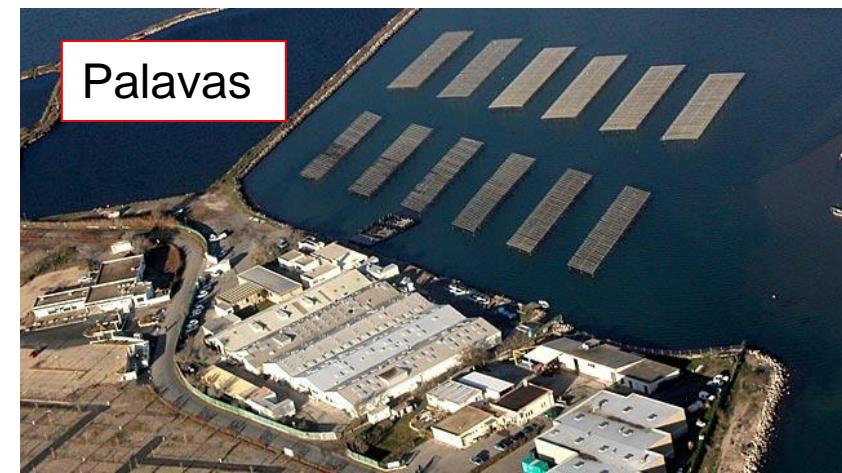
21 mars 2023

Rutger De Wit
UMR MARBEC

"Biodiversité marines usages et conservation"

CNRS – Université de Montpellier – IRD – Ifremer - INRAE;

Place Eugène Bataillon;
Université de Montpellier,
F-34095 Montpellier Cedex 05, France
email: rutger.de-wit@umontpellier.fr



UMR MARBEC

Une recherche engagée sur les enjeux de Société liés à la biodiversité marine et ses usages, structurée en 6 ambitions

[VOIR LA VIDEO DE PRÉSENTATION](#)

Dresser l'état des lieux de la biodiversité marine



Comprendre et modéliser le fonctionnement et l'évolution des organismes et des écosystèmes marins



Évaluer les causes de la perte de la biodiversité marine



Proposer des outils de conservation de la biodiversité marine et anticiper les risques émergents



Promouvoir une pêche et une aquaculture marines durables



Développer un océan numérique pour protéger la biodiversité marine



Mon laboratoire : MARBEC <http://https://umr-marbec.fr/>

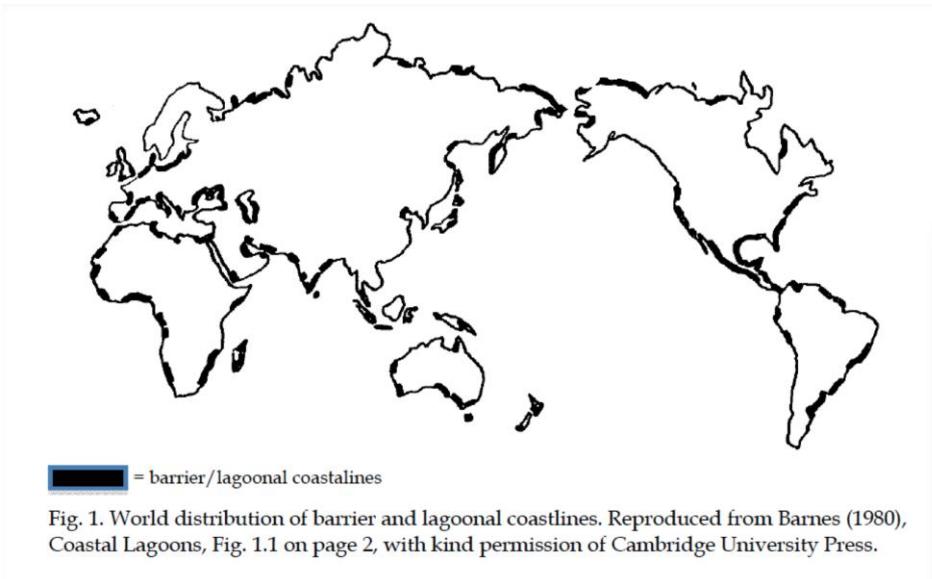
Le consortium CeMEB :
<https://www.labex-cemeb.org/>

L'étude des lagunes côtières : un environnement longtemps négligé

Plan d'eau (souvent peu profond – souvent parallèle au trait de côte) connecté à la mer de façon permanente ou temporaire

1980 –Barnes Les lagunes côtières : histoire naturelle d'un habitat négligé

- 12 % du trait de côte – 30 000 (monde)



Cambridge Studies in Modern Biology 1

Coastal Lagoons

R.S.K.BARNES

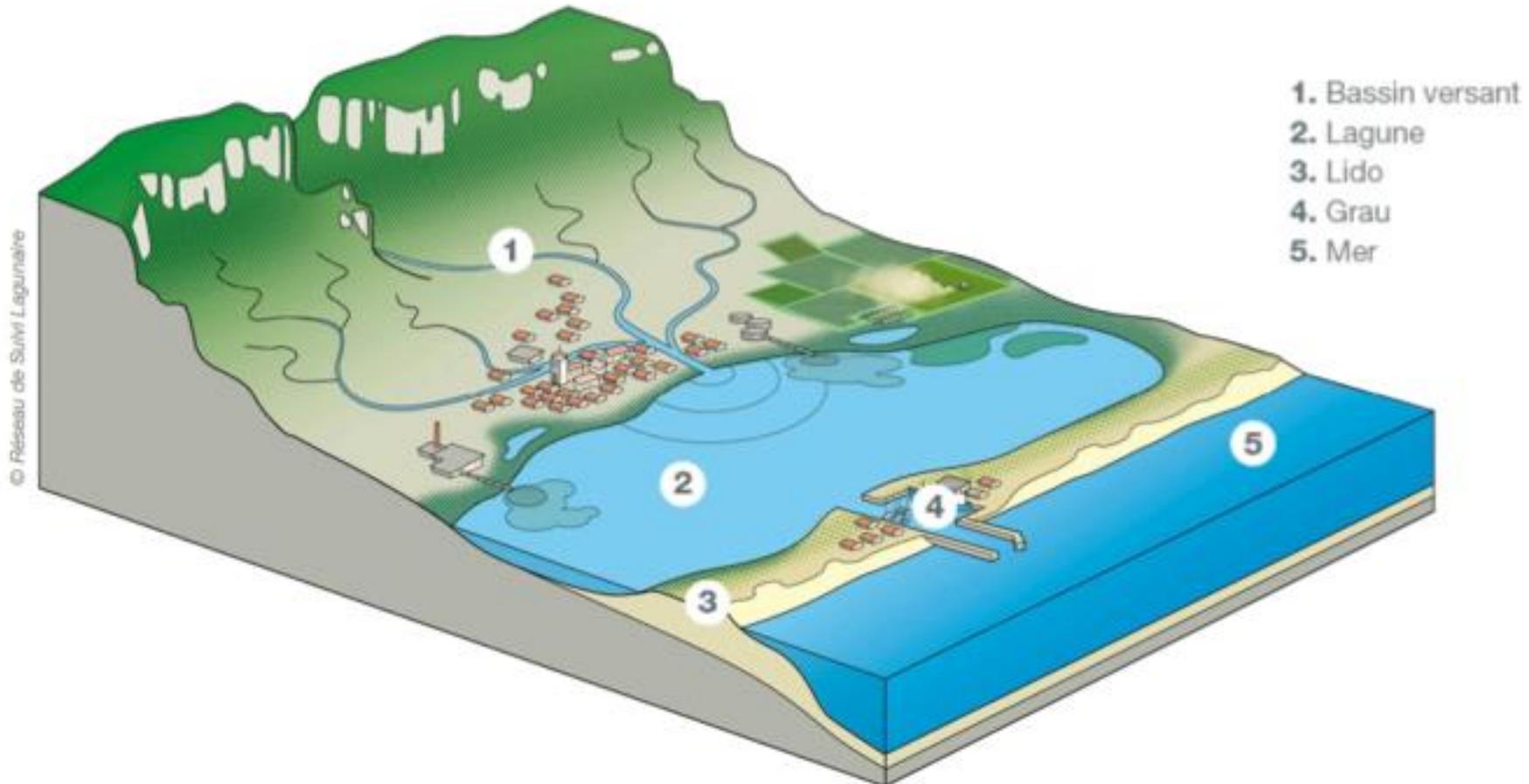


R. S. K. BARNES
St Catharine's College & Department of Zoology, University of Cambridge

COASTAL LAGOONS

The natural history of a neglected habitat

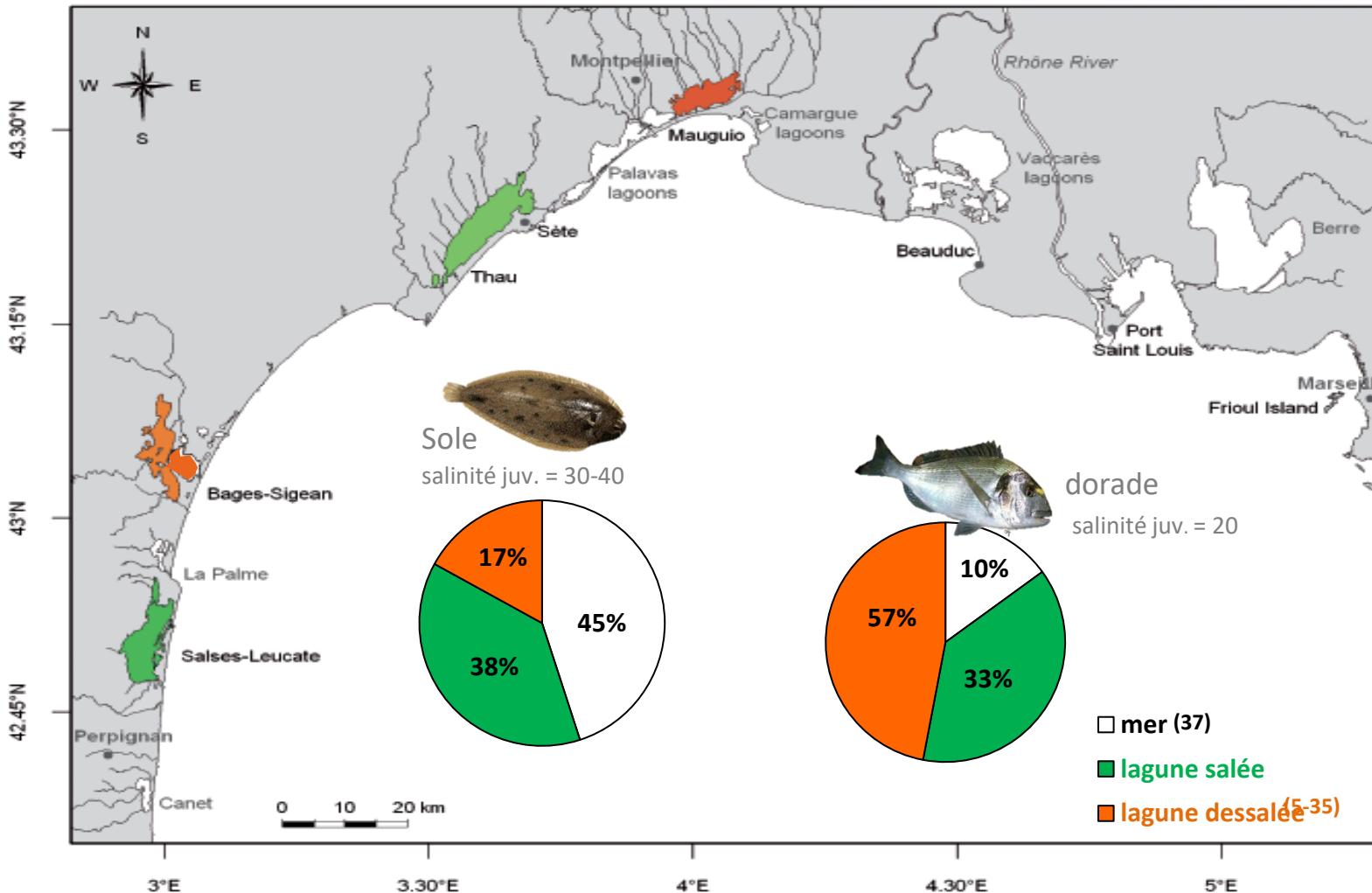
Les lagunes côtières (Etangs littoraux), généralités :



Remerciements : Inès Le Fur

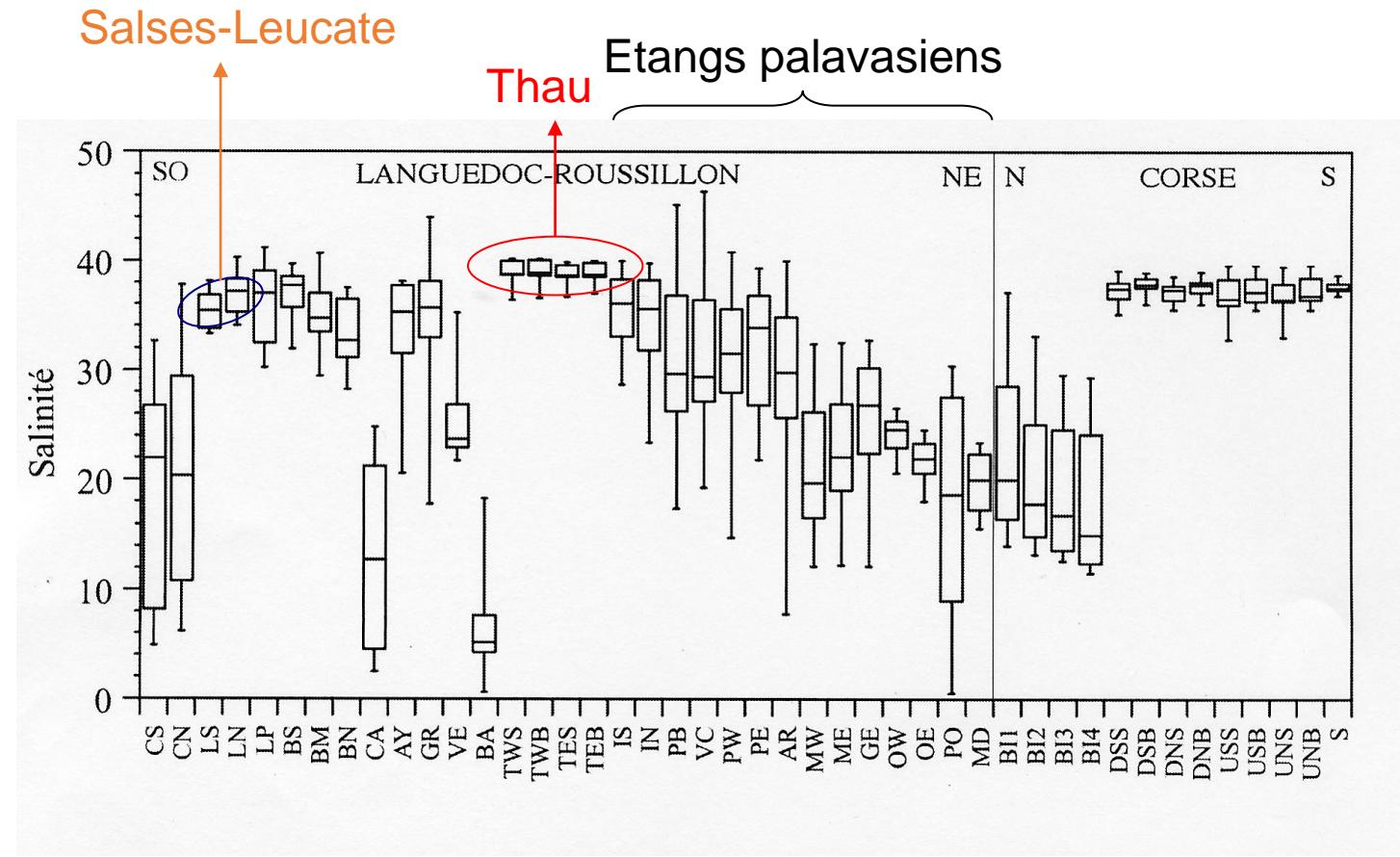
Importance des lagunes pour les juvéniles de poissons marins

Origine des adultes pêchés dans le Golfe du Lion ($N \geq 100$ pour chaque espèce)



remerciement Audrey Darnaude

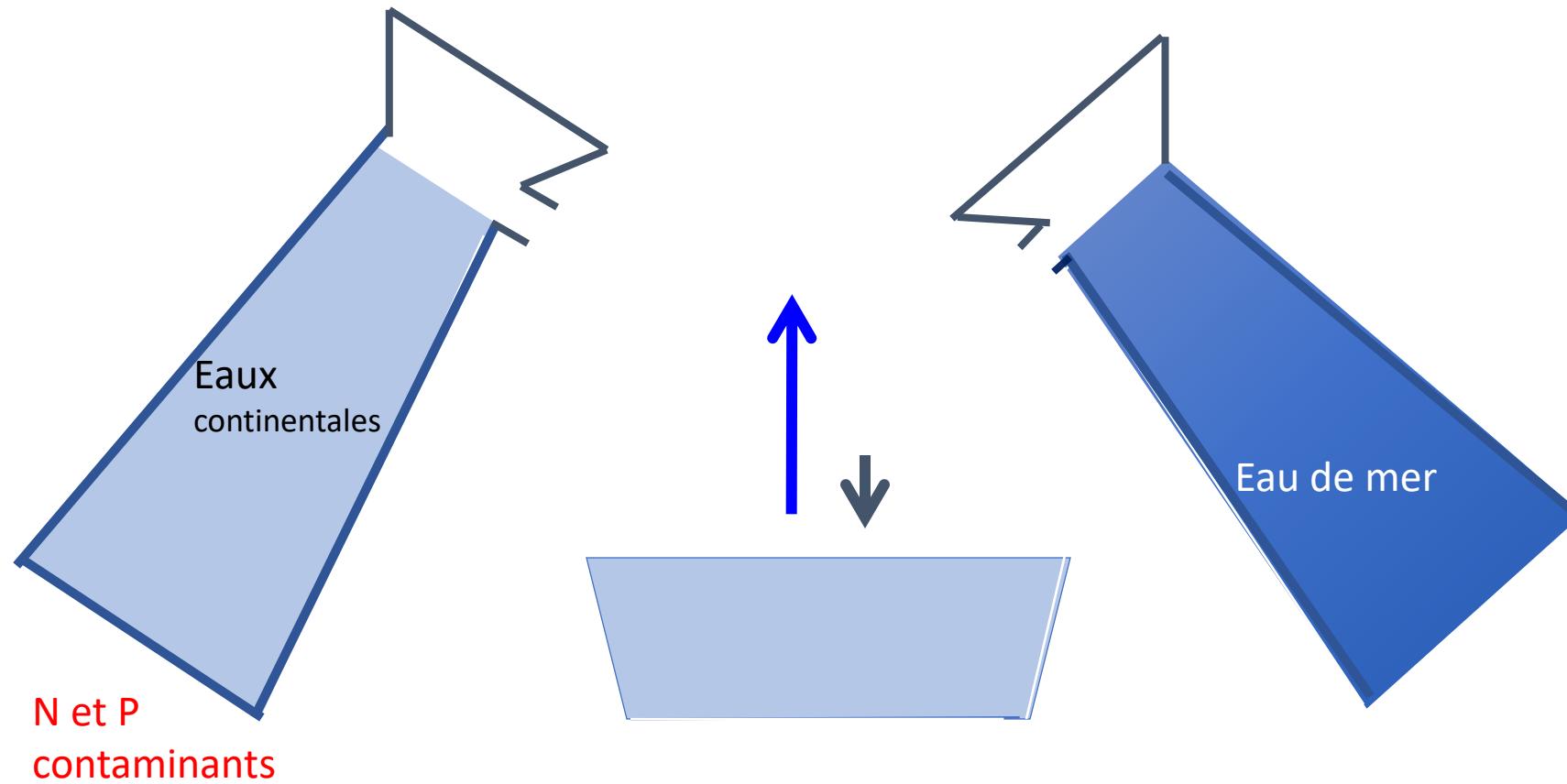
(salinités optimales des juvéniles : loup = 30, sars = 15-20, anchois =

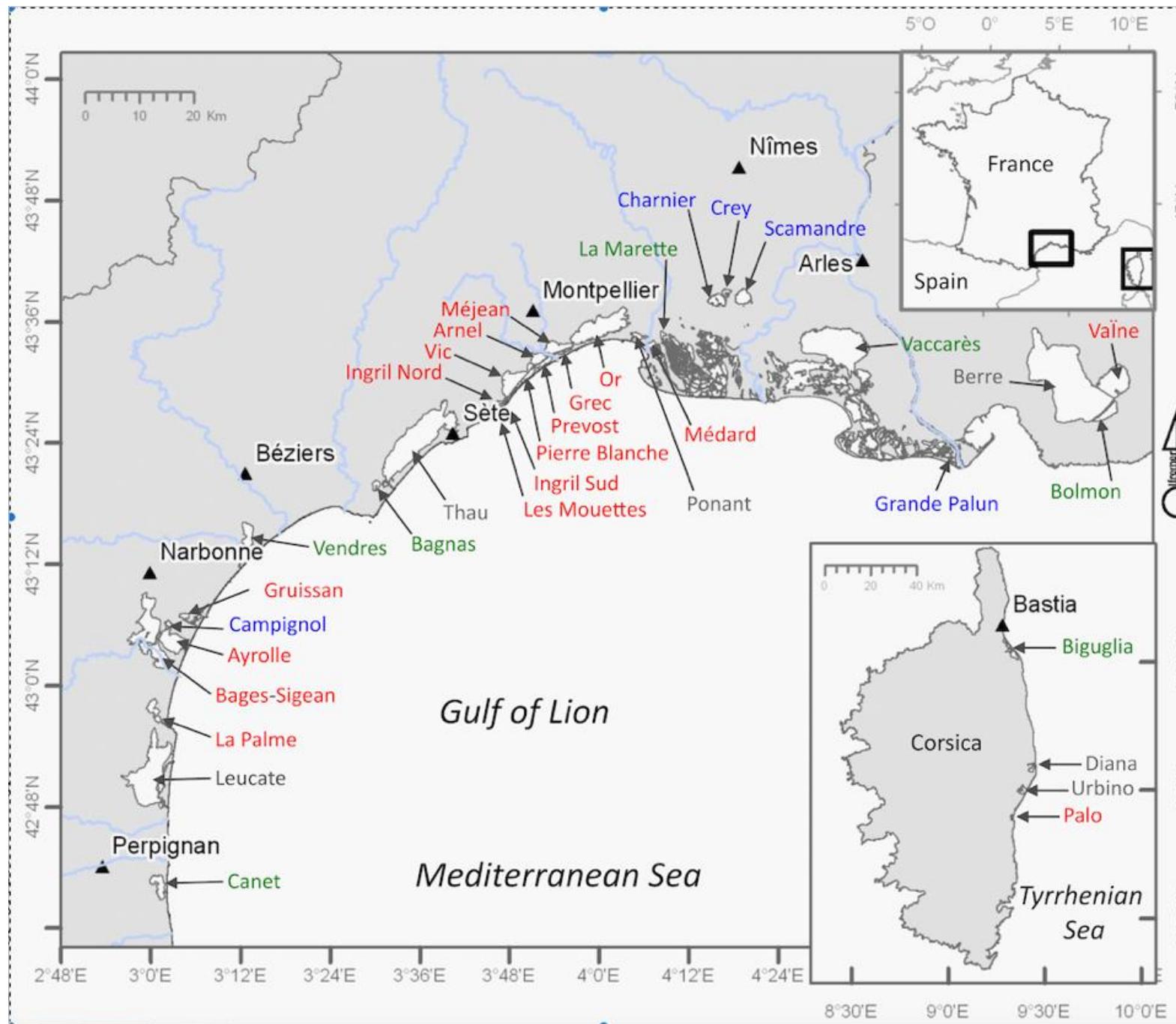


Variations de la salinité dans les lagunes méditerranéennes françaises
 (thèse doctorat Béatrice Bec, Université Montpellier 2, 2005)

La salinité d'une lagune côtière dépend de :

- 1- la salinité de la mer adjacente,
- 2- les proportions d'eaux marines et continentales dans le mélange
- 3- bilan précipitation – évaporation sur le plan d'eau





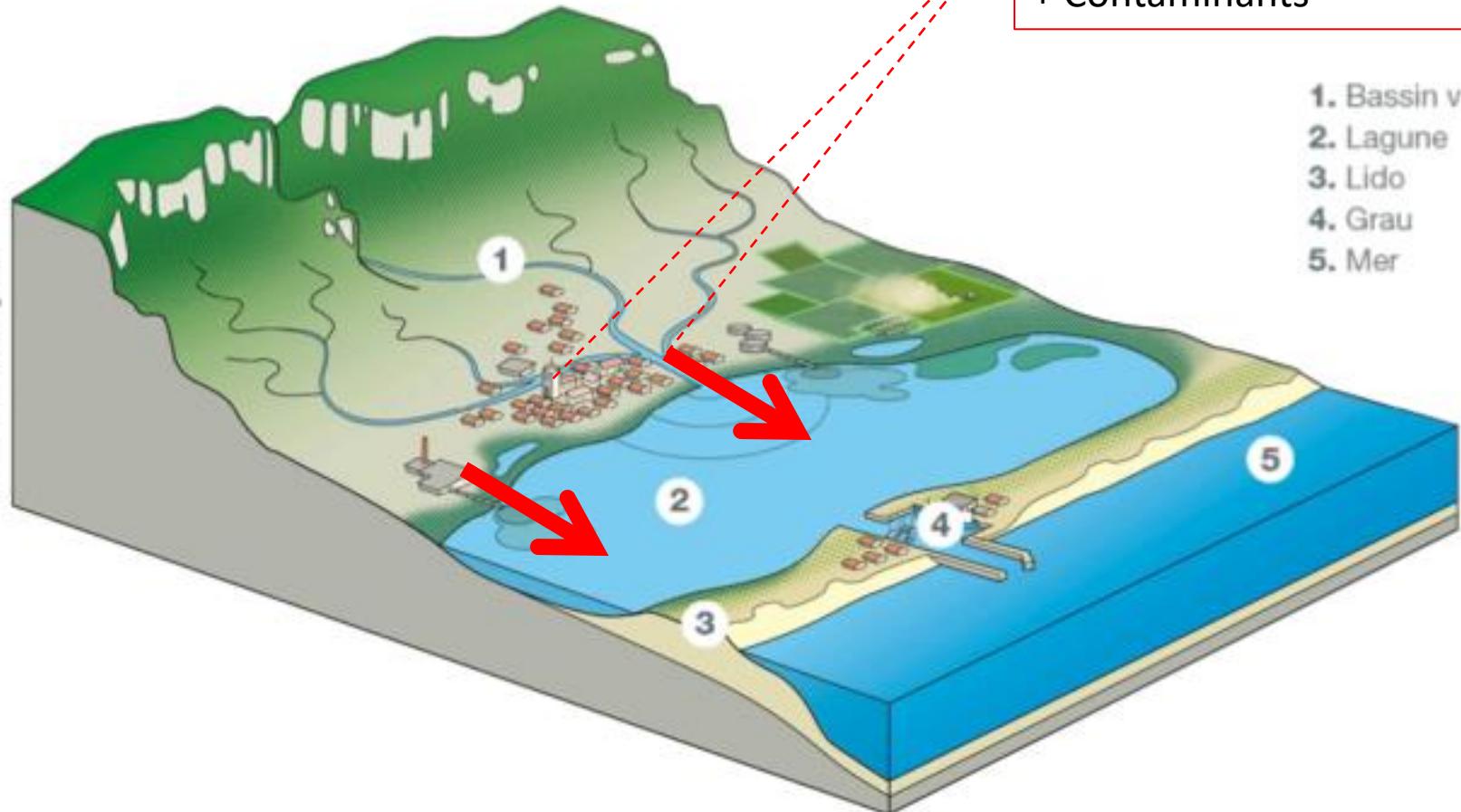
Lagunes côtières peu profondes (< 2 m profondeur d'eau)

Classification de Venice (1958):

rouge = poly-euhaline (salinité > 18)

vert = mesohaline (5 < salinité < 18)

bleu = oligohaline (salinité < 5)



Azote et Phosphore
(nutriments pour les végétaux)
+ Contaminants

1. Bassin versant
2. Lagune
3. Lido
4. Grau
5. Mer



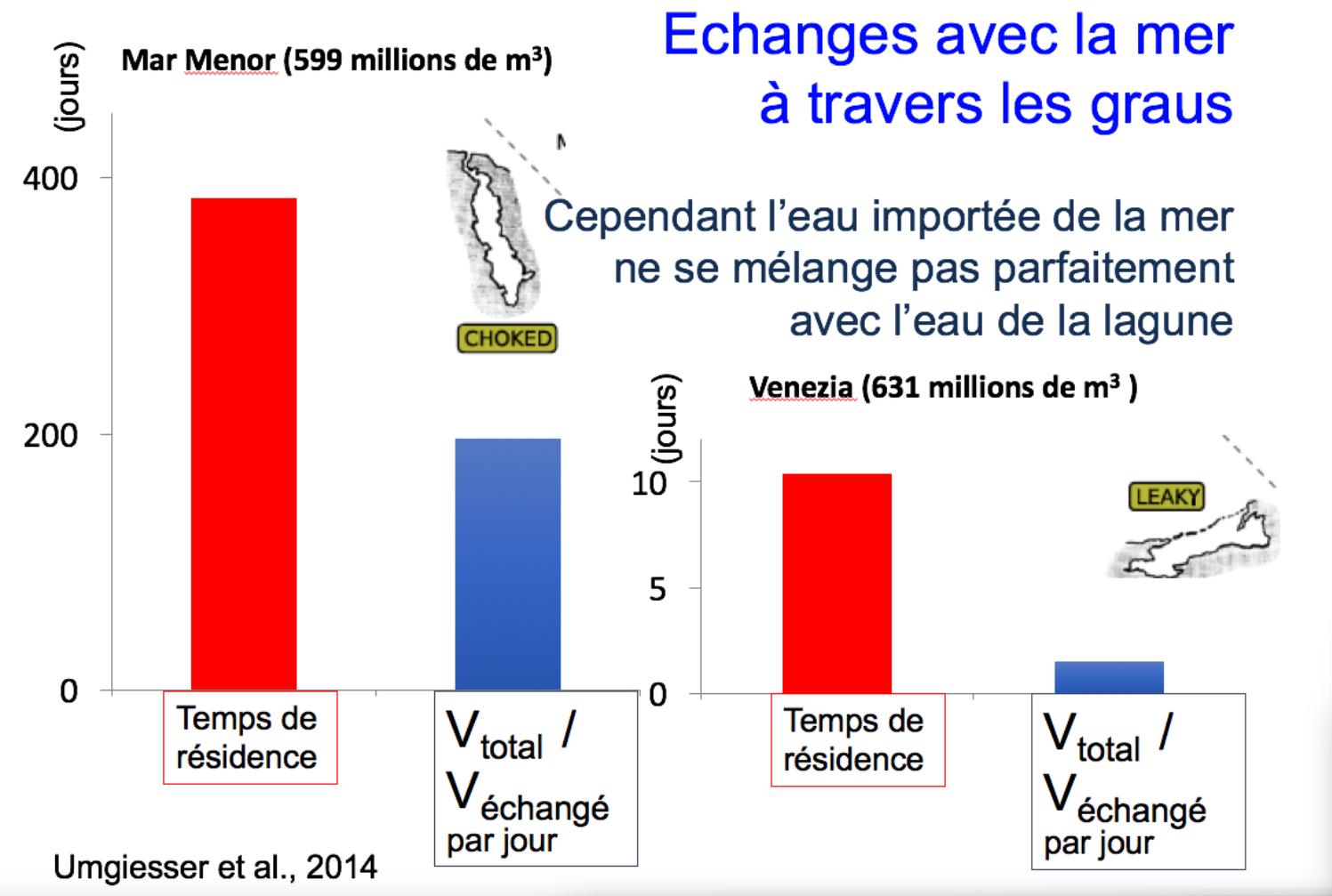
Echanges avec la Mer :

Mar Menor :

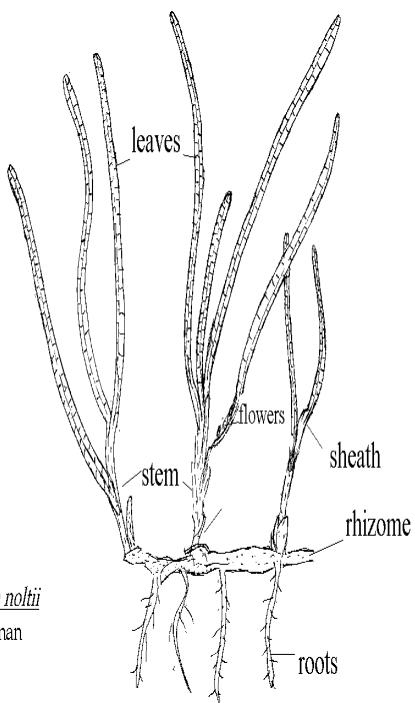
3 millions m³ par jour

Lagune de Venise :

environ 600 millions m² par jour



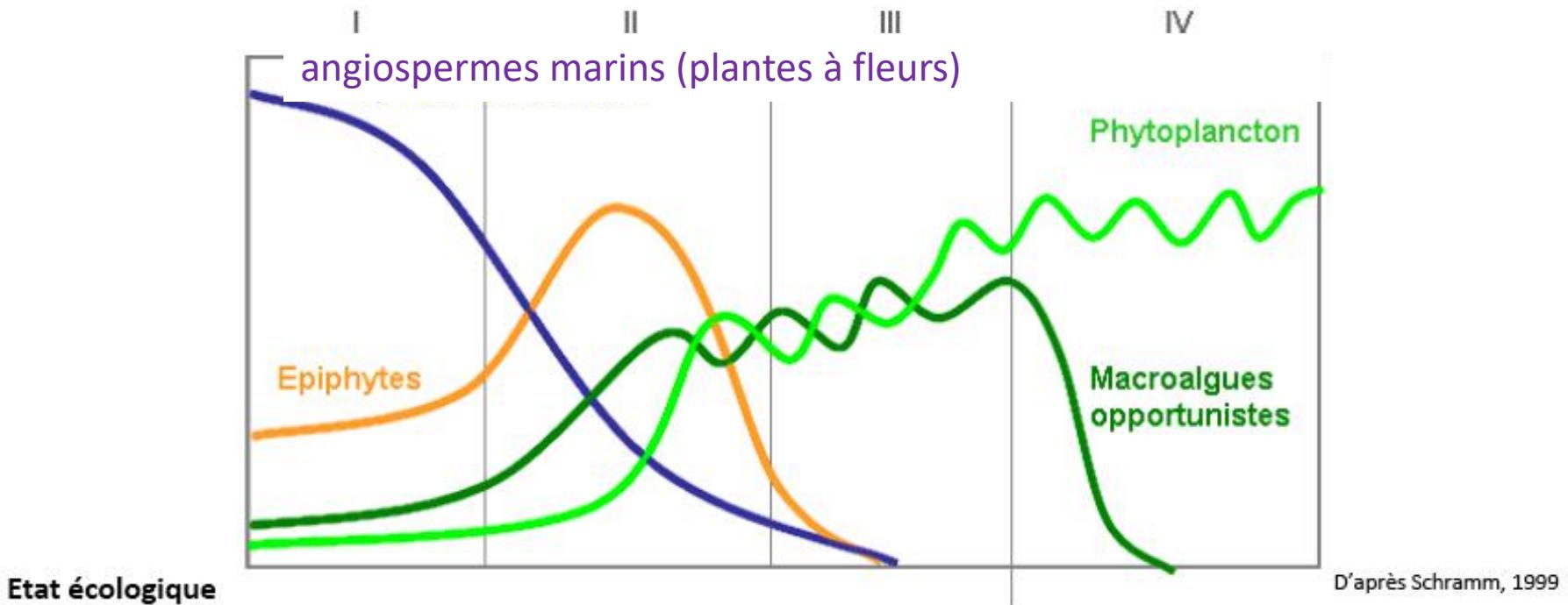
Le temps de résidence calculé avec un modèle hydrodynamique (bar rouge) est supérieure à la valeur théorique basée sur un parfait mélange (bar bleu) : le rapport (bar bleu)/(bar rouge) permet de calculer l'efficacité de mélange ($E_M = EM$ dans l'article de UmgESSER)



Zostera noltii
Horneman

Dégradation de la végétation aquatique en zone côtière (modèle de Schramm)

• Successions végétales et eutrophisation



Successions végétales le long du gradient d'eutrophisation



Photos J Opeix

□ Différentes espèces de plantes à fleurs – angiospermes marins - (espèces de référence indicatrices d'une bonne qualité de l'eau) le long le gradient de salinité



Eau douce ou
légèrement saumâtre



Potamot à feuilles
pectinés

Domaine saumâtre ou
de grandes variations de
la salinité



Ruppia



Domaine Marin

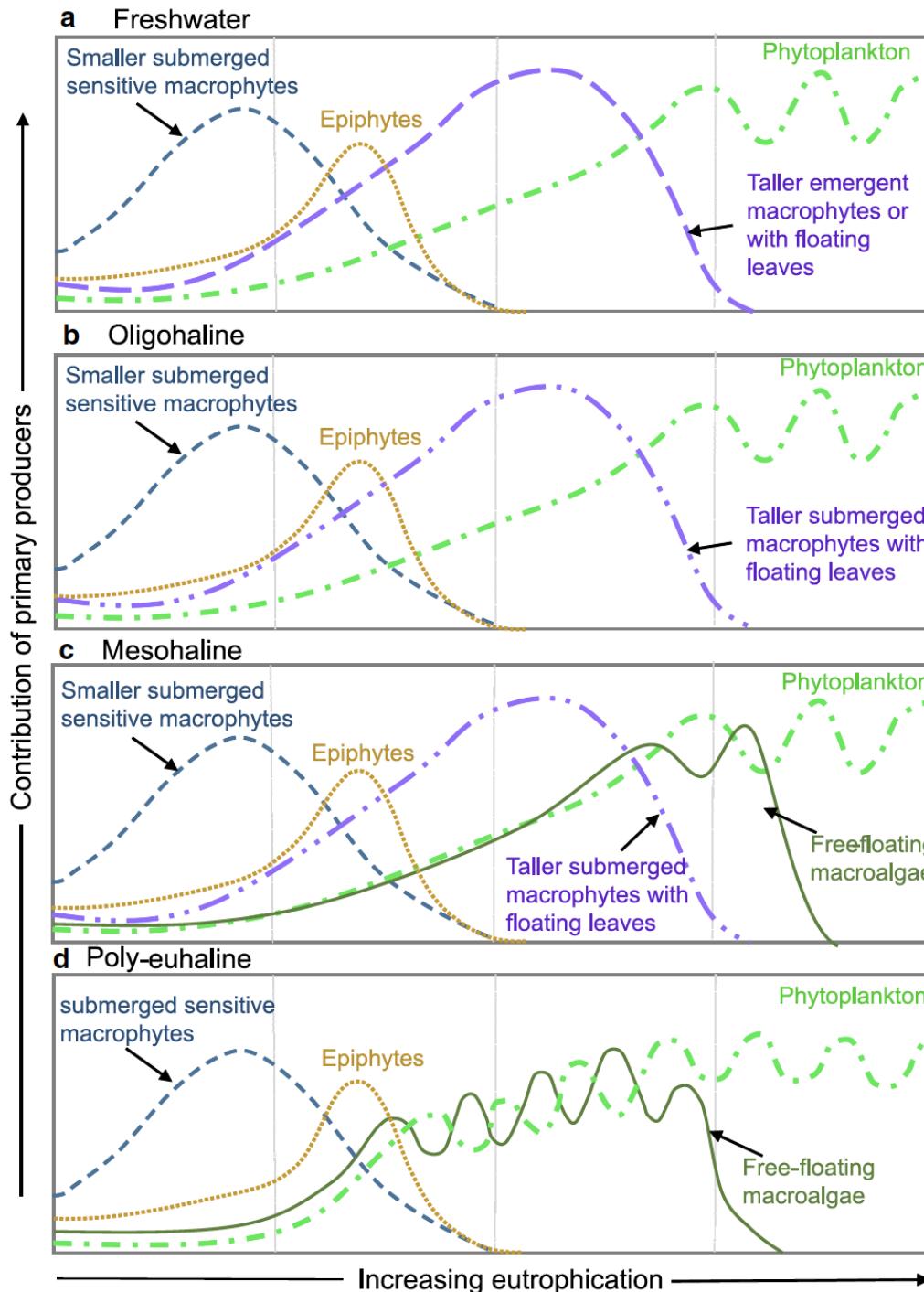


Zostère naine
Zostera noltei



Grande Zostère
Zostera marina

BioObs © Benjamin Guichard



Potamot à
feuilles pectinés



Ruppia



Zostère naine

Le Fur et al., 2018

Inès Le Fur, thèse doctorale 2019

Directive Habitats, Faune, Flore (DHFF),
Directive Oiseaux (DO)

en anglais : Habitats Directive, Birds Directive

Directive cadre eau (DCE)

en anglais : Water Framework Directive (WFD)

Racines dans des approches scientifiques différentes

DHFF - DO

Biologie de la conservation

Focus sur les espèces et unités phytosociologies (DHFF)

cible : **bon état de conservation** des habitats et des espèces

moyens : Réseau Natura 2000



DCE

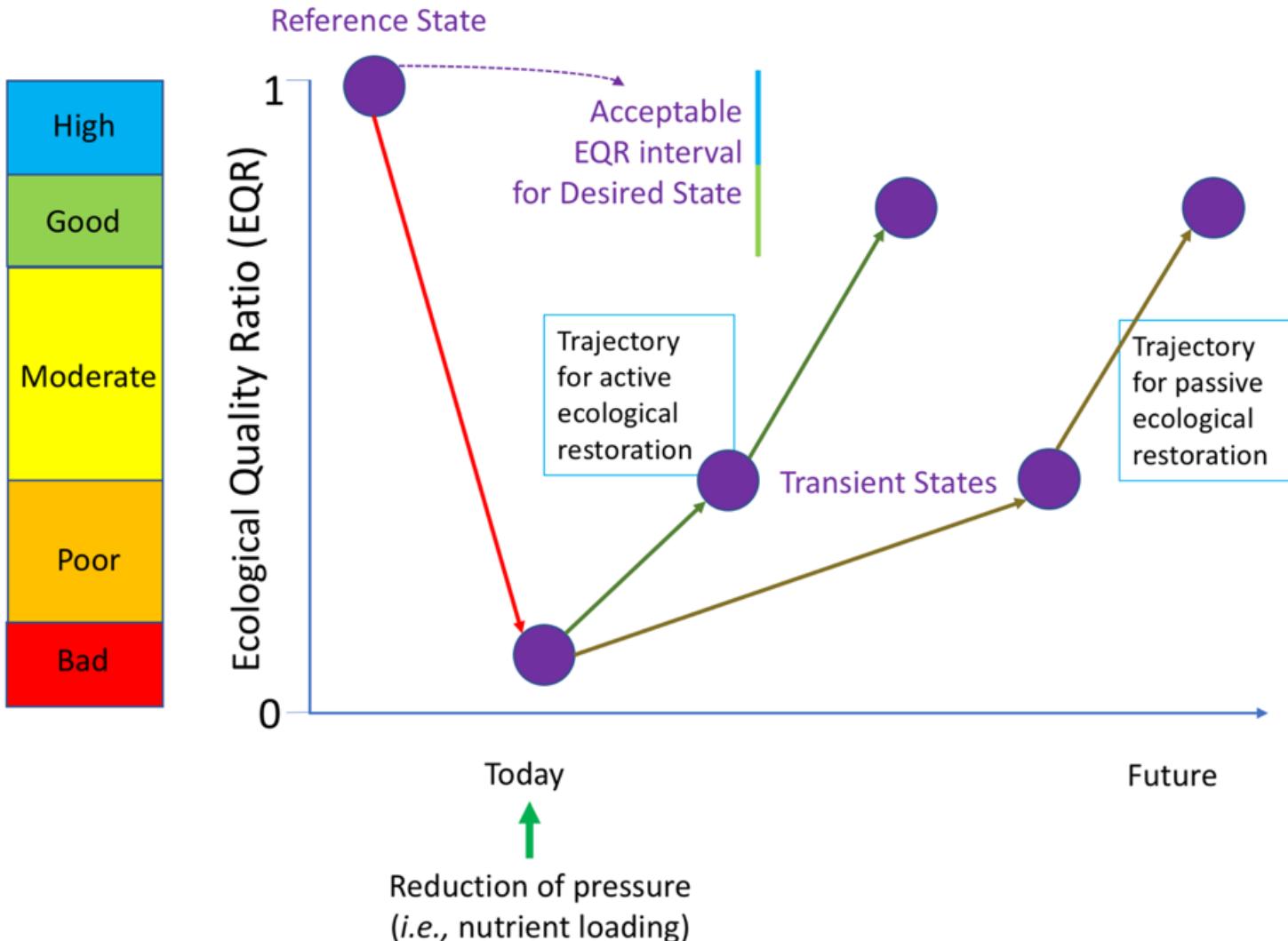
Ecohydrologie,
Ecologie de la restauration

Focus sur les masses d'eau et leurs qualités écologiques et chimiques
(notion forte de continuum aquatique)

cibles : **bon état écologique** et chimique

moyens : Politiques de l'eau (SDAGE, SAGE)
reconquête = restauration écologique

outils de conservation : restauration écologique ?

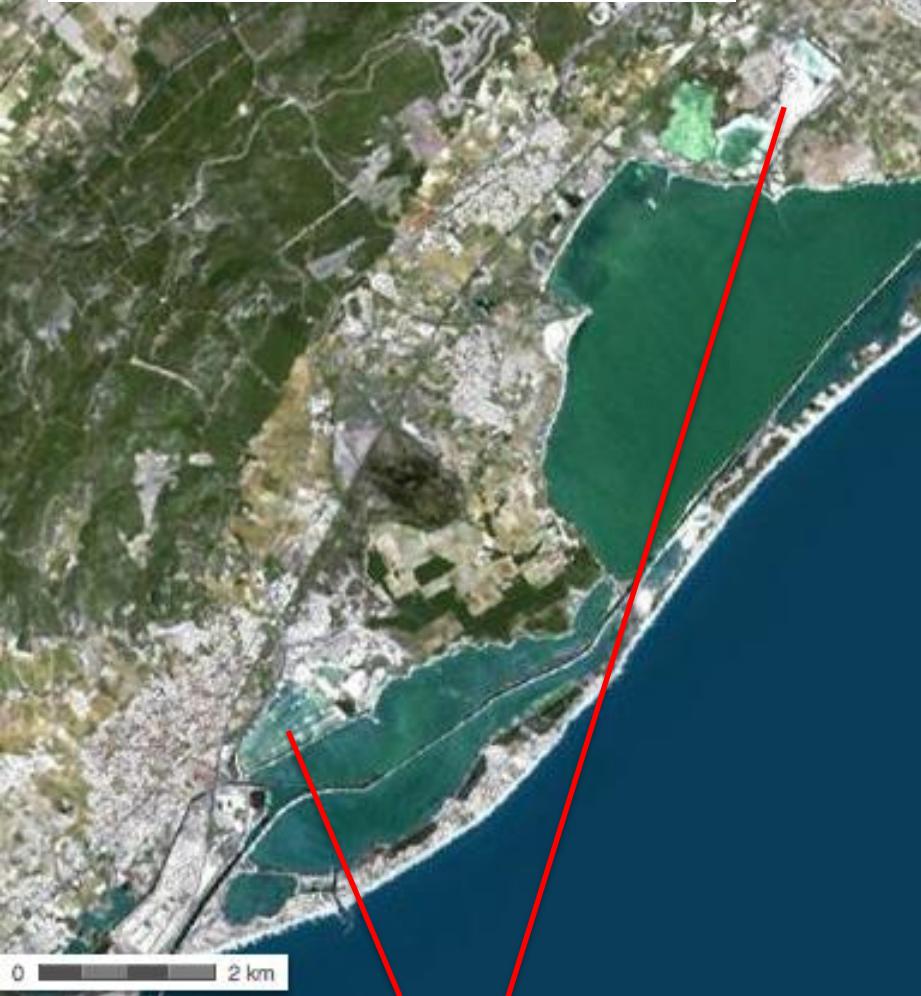


Feuille de route pour la restauration écologique des lagunes placée dans le contexte de la Directive Cadre Eau (reconquête du bon état écologique)

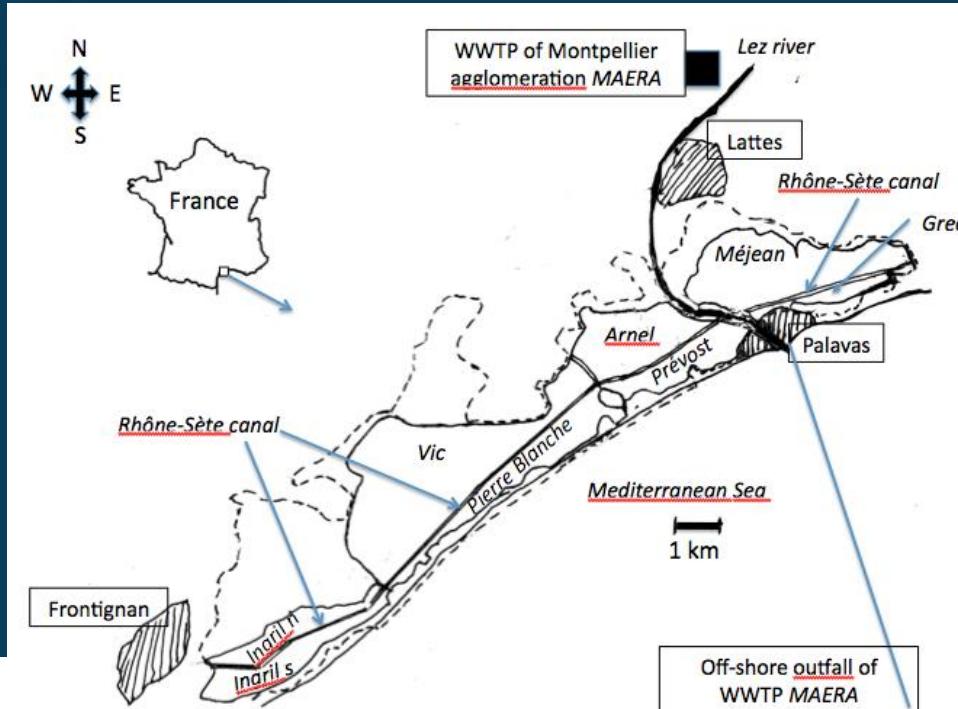
De Wit et al., 2020

Lagunes côtières proche de Montpellier

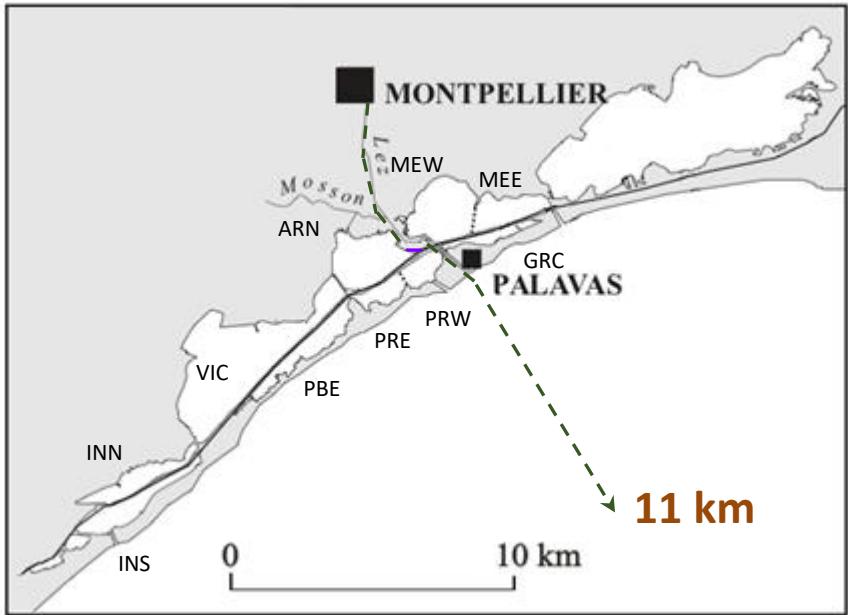
Natura 2000 and Ramsar site



Salins (Anglais : Salinas) abandonnés



Coûts d'un projet de restauration écologique (ensemble des lagunes palavasiennes)

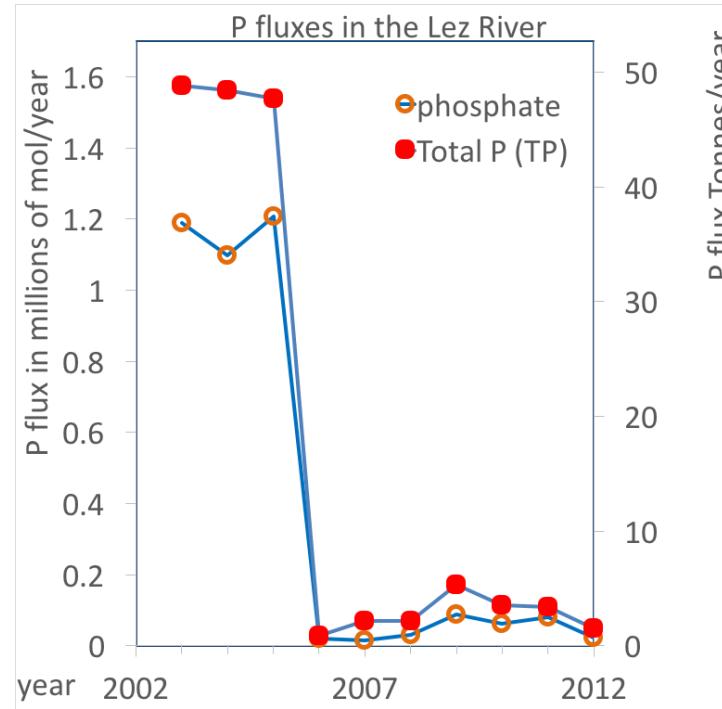
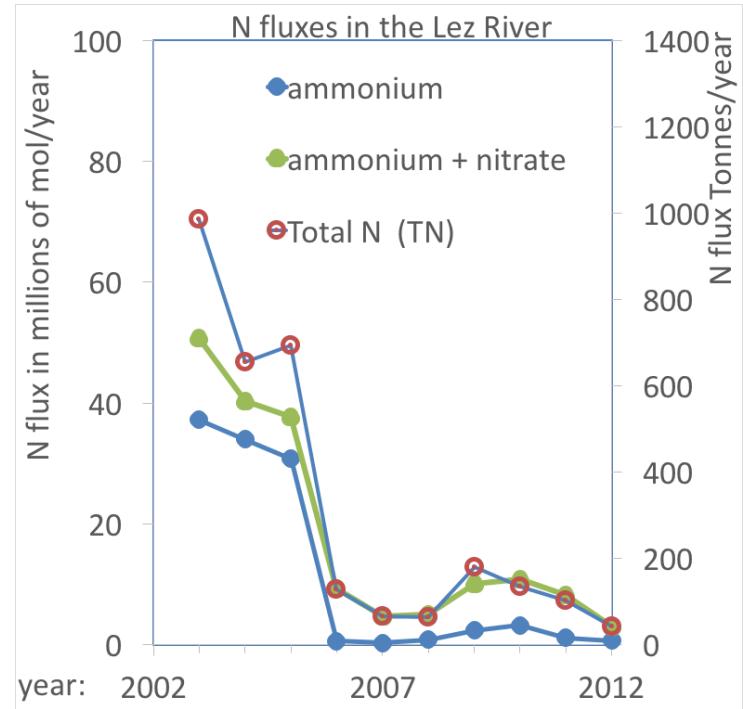


Coûts 150 M€, Après 2006 réduction des entrants -

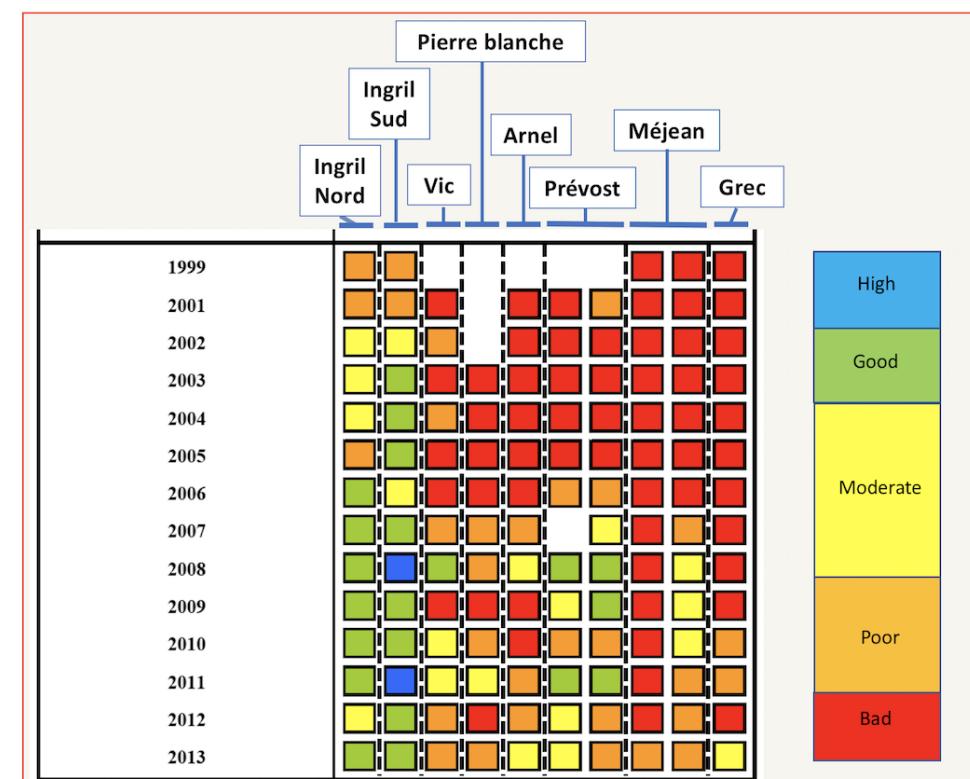
N: 68 % P: 59 %

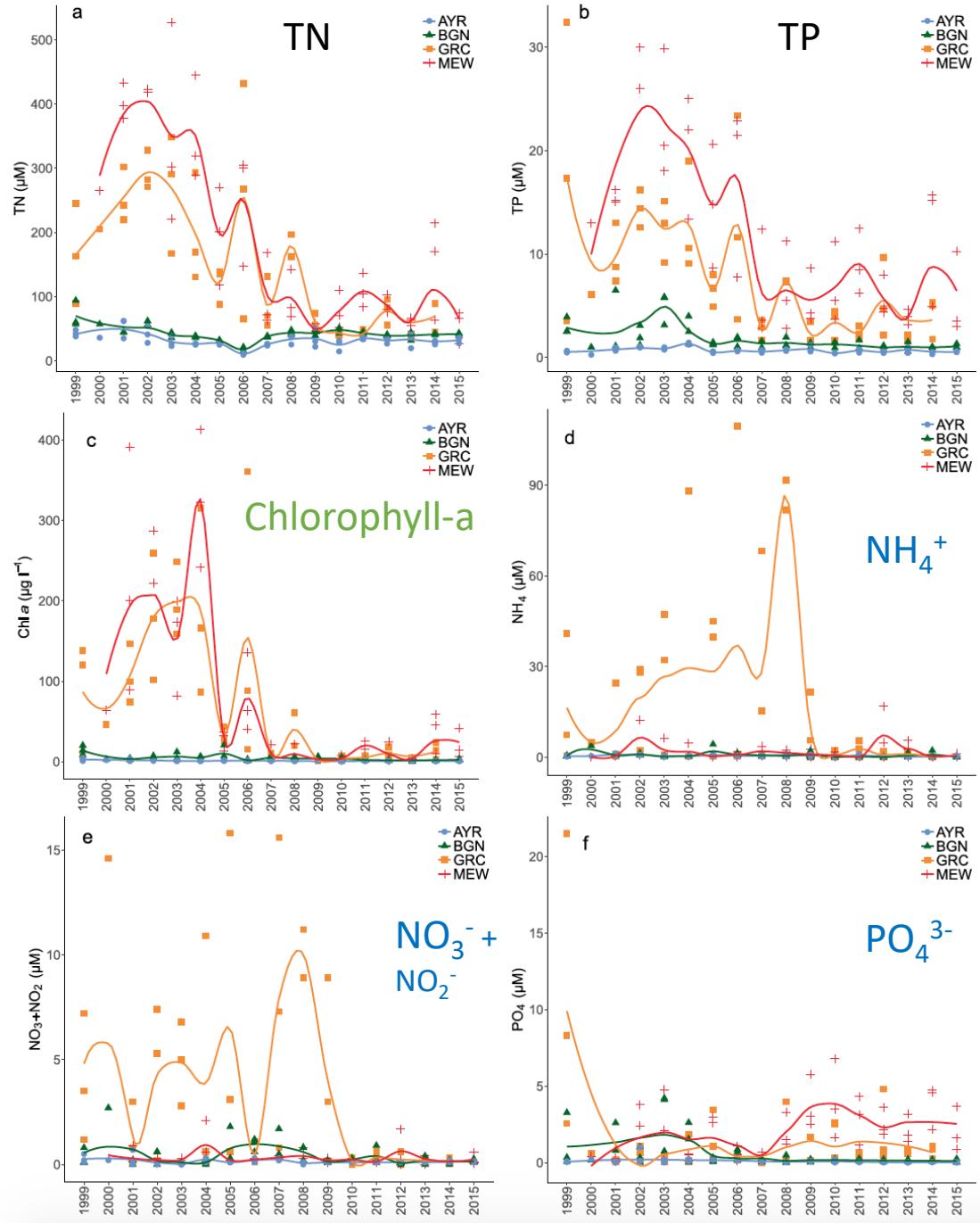
Source : Meinesz et al., 2014

N et P charrié par le Lez :



Indicateurs eutrophisation dans les lagunes du complexe Palavasien :



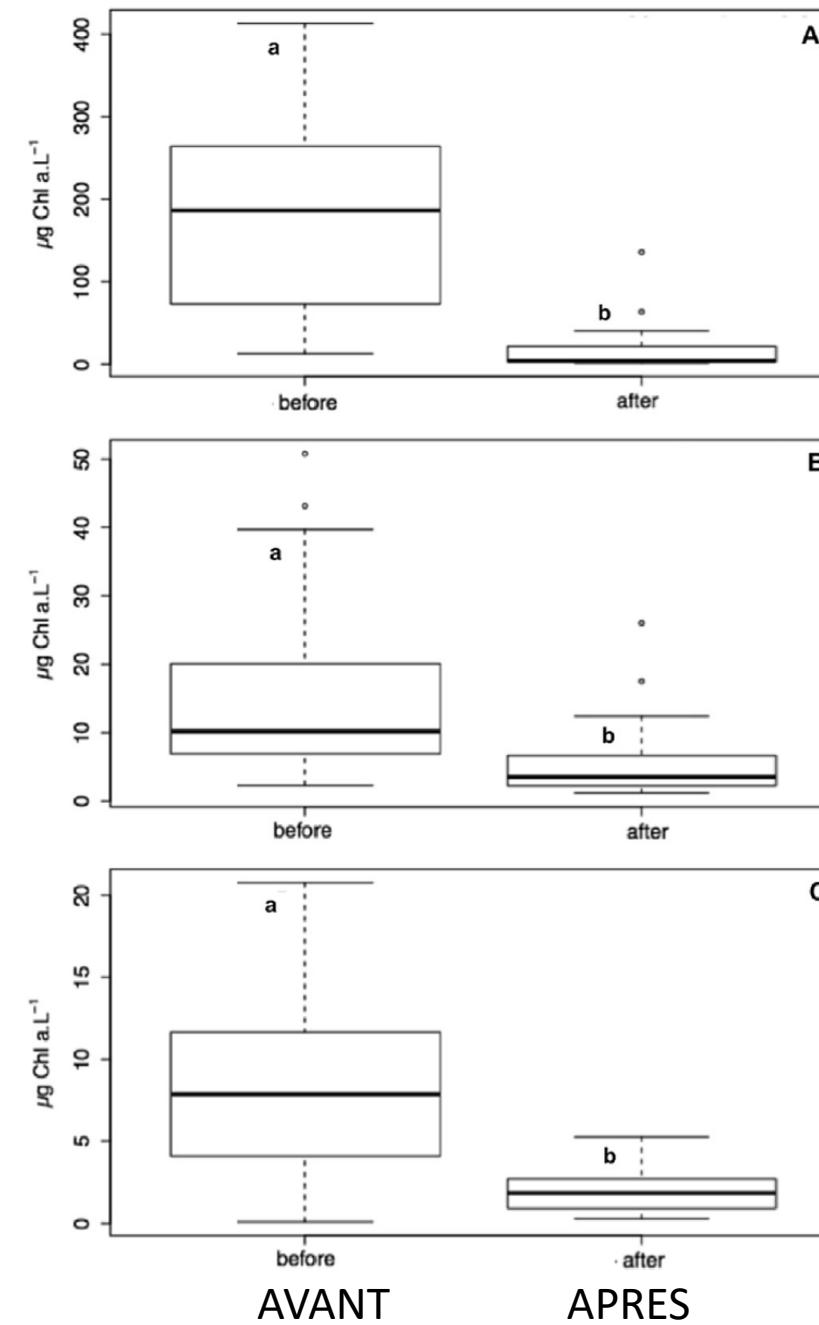


De l'**EUTROPHISATION** vers l'**OLIGOTROPHISATION**

- Et. Ayrolle
- Et. Bages-Sigean (station N)
- Et. le Grec
- Et. Méjean (station W)

Le Fur et al., 2019

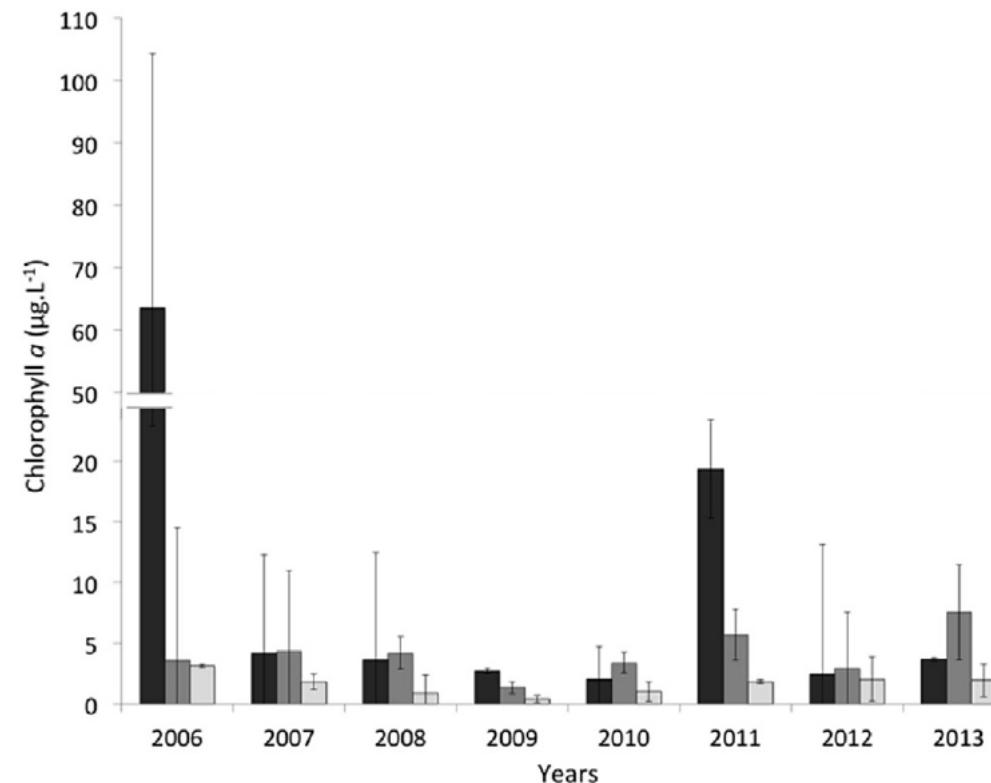
Concentrations de la Chlorophylle *a* (moyenne des valeurs d'été juin, juillet, août)

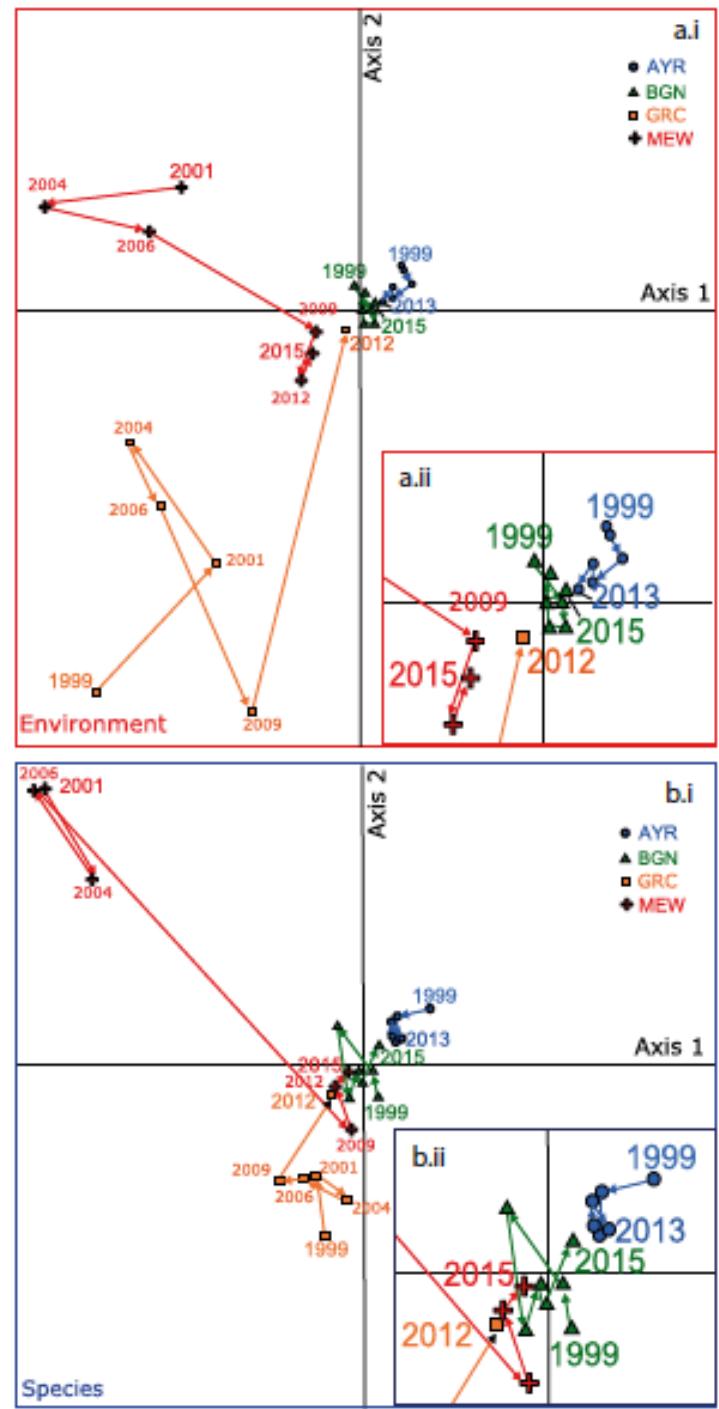
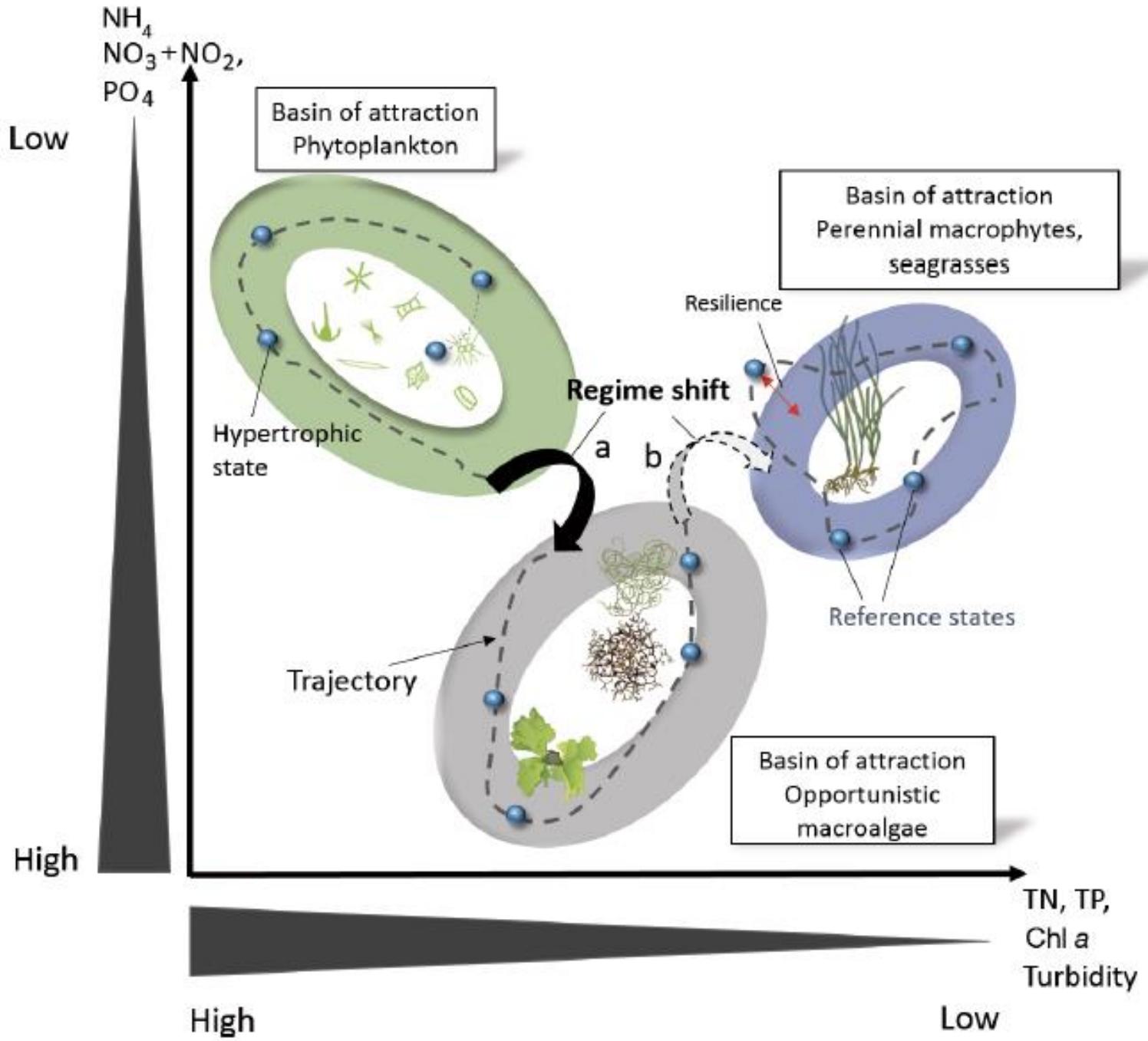


A= Et. Méjean (hypertrophe)

B= Et. de Vic (eutrophe)

C= Et. d'Ingril (mesotrophe)





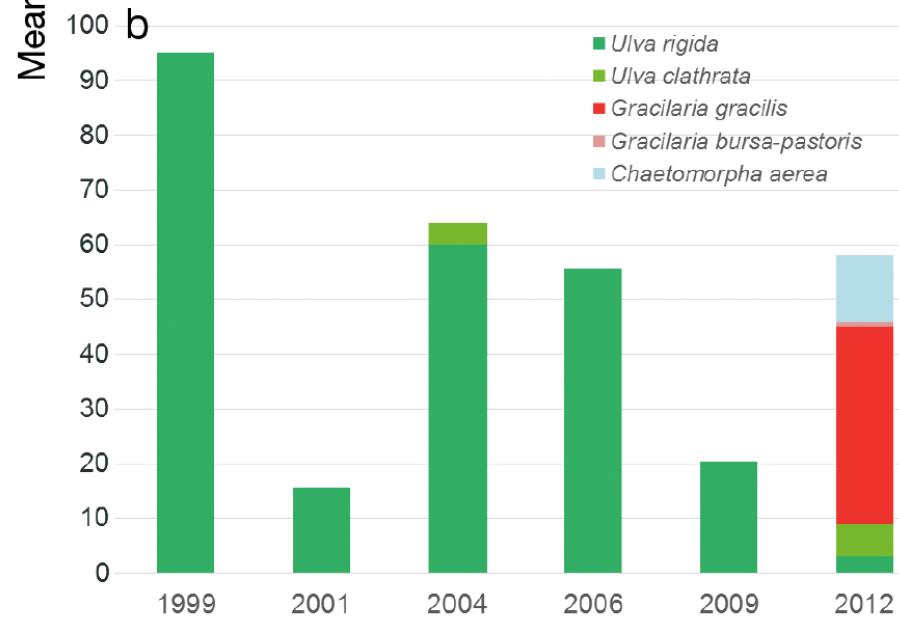
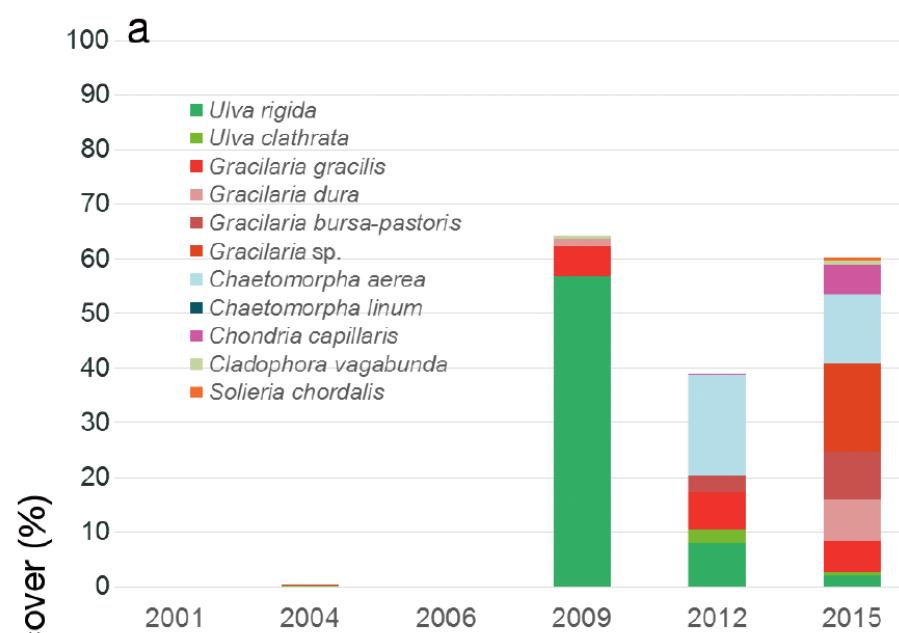


Fig. 7. Change in the mean cover (%) of macrophyte species over time in (a) Méjean West (MEW) and (b) Grec (GRC)

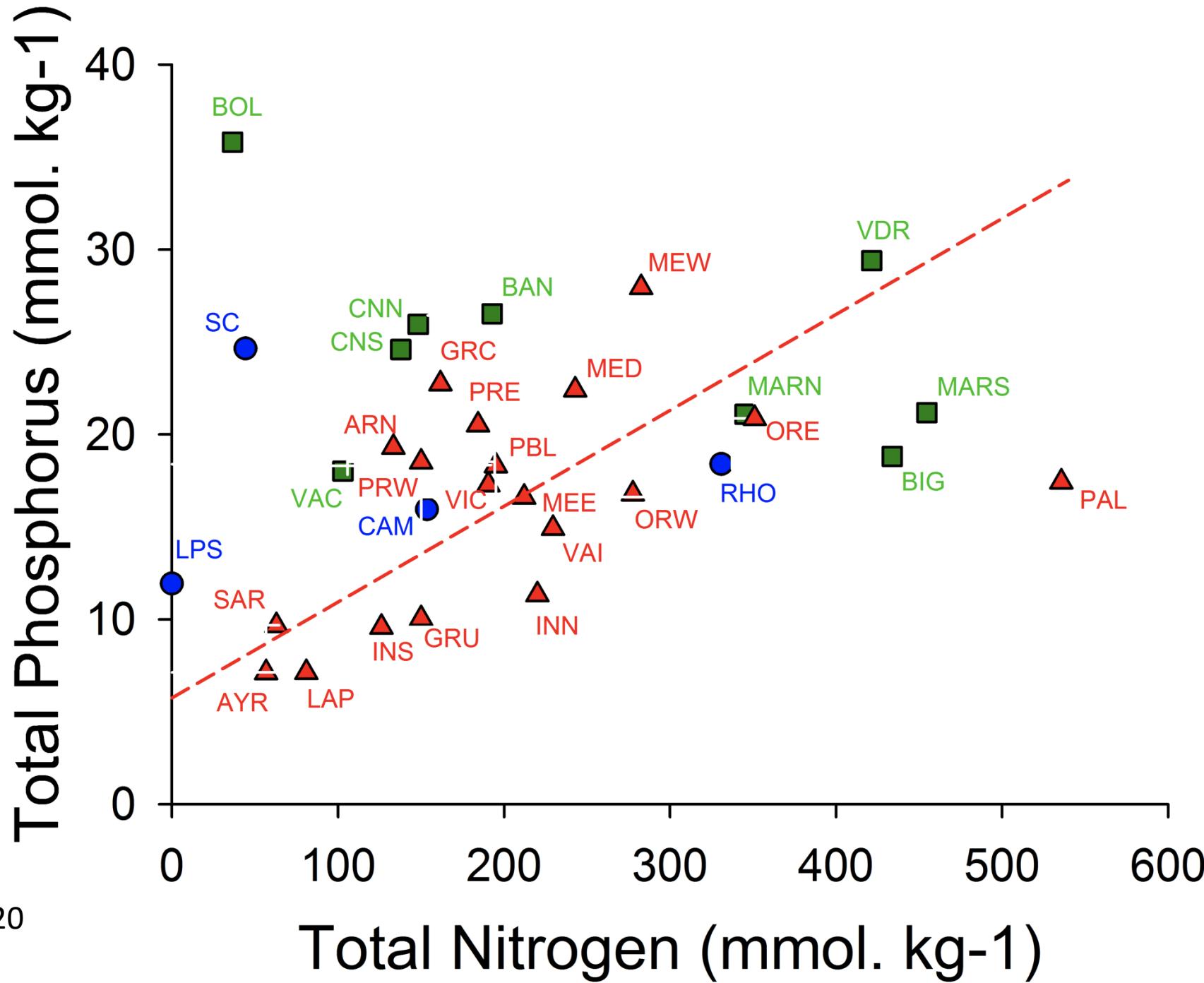
Dominance de macroalgues pendant la phase de transition

Plus particulièrement les espèces qui couvrent les fonds

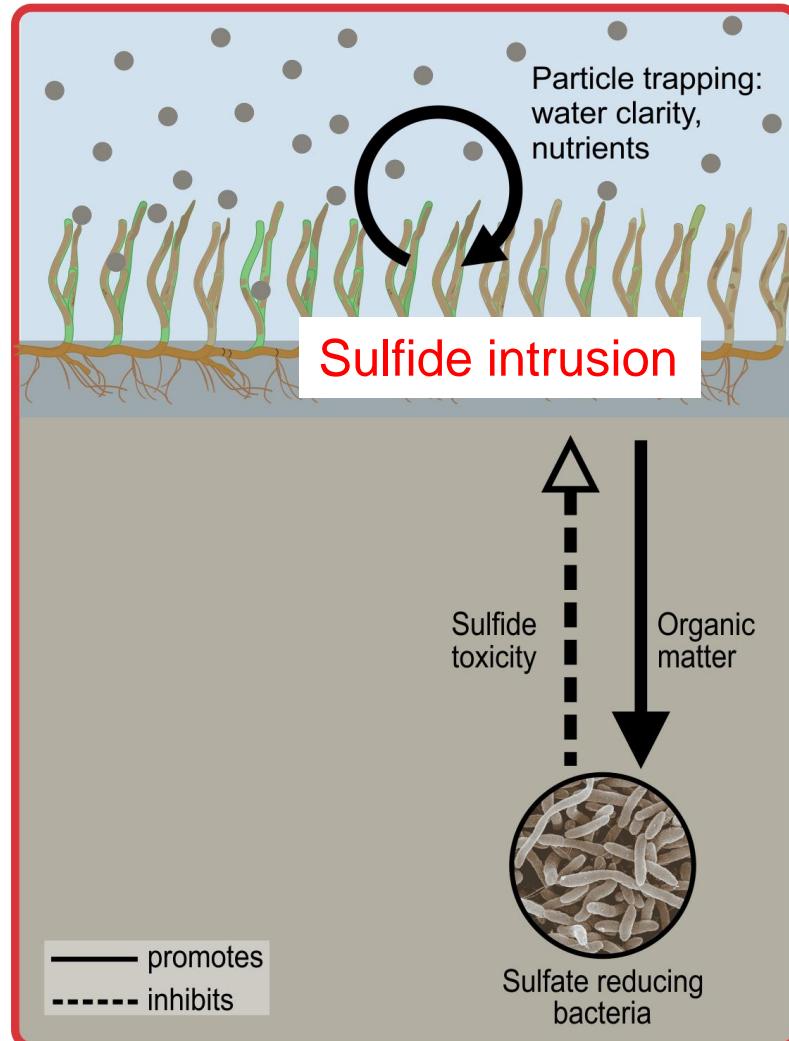
Gracilaria sp.

Chaetomorpha sp.

Le Fur et al., 2019



La communauté des angiosperms marins



L'intrusion du sulfure d'hydrogène dans les angiospermes marins inhibe la photosynthèse, impacte ainsi la croissance dans les méristèmes de façon très négative et induit *in fine* une mortalité pour les angiospermes marins

Goodman et al., 1995; Calleja et al., 2007;
Koch et al., 2007; Garcias-Bonet et al., 2008

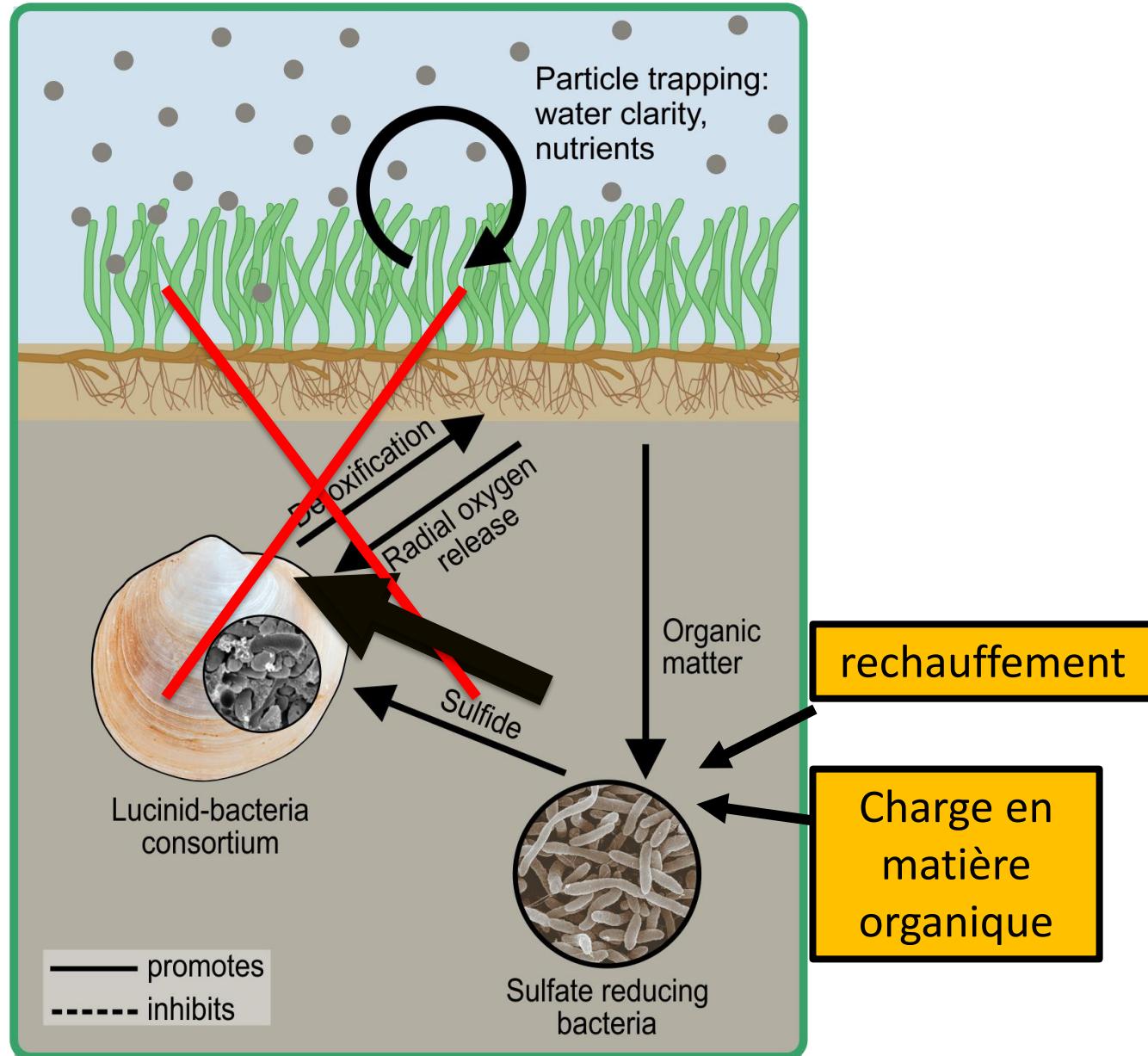
Rétroactions positives et négatives!

Van der Heide *et al.*
2012 (Science)

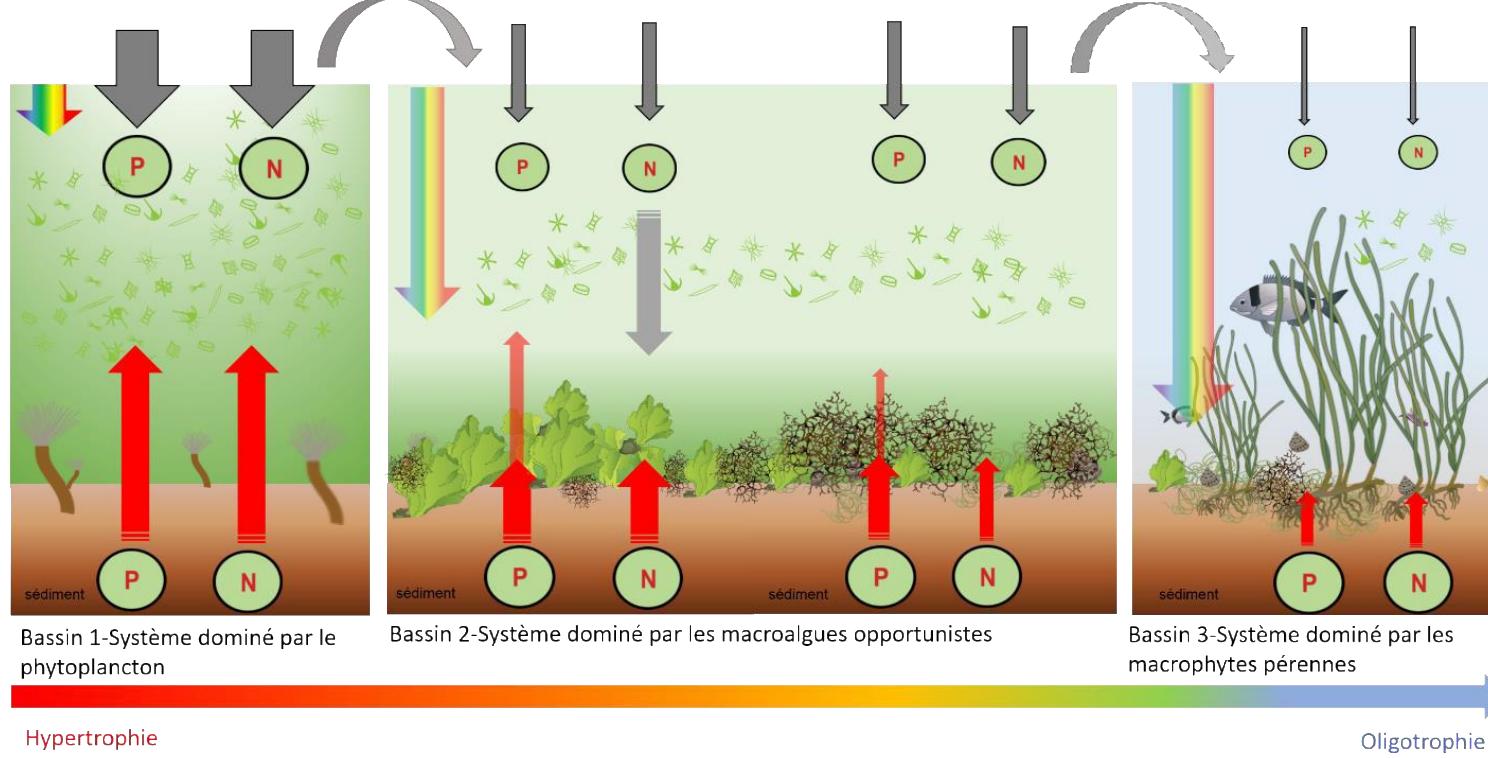
De Fouw *et al.*
2016 (Current Biology)

Van der Geest *et al.*
(Frontiers in marine science)

Test de la pertinence
écologique du
mutualisme *in situ*
(Etang de Thau)



Rétroaction négative atténué par la détoxicification dans le réseau mutualiste



Bassin 1-Système dominé par le phytoplancton

Bassin 2-Système dominé par les macroalgues opportunistes

Bassin 3-Système dominé par les macrophytes pérennes

Hypertrophie

Oligotrophie

Lumière

Apports externes en nutriments

Apports internes en nutriments provenant du sédiment

Source thèse Ines Le Fur, 2019

Restauration écologique des lagunes côtières par voie d'oligotrophisation

Conclusions majeures :

Pour les lagunes les plus impactées :

1. Réponse rapide pour la colonne d'eau
Chlorophyll a and increased water clarity
2. Réponse lente : le retour des herbiers
(Zostera spp., Ruppia spp.) par inertie

Pour les lagunes les moins impactées :

Le retour des herbiers est rapide



Lagune de THAU

CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Algues vertes
Algues rouges
Algues brunes

BIOLOGICAL INVASIONS: THE THAU LAGOON, A JAPANESE BIOLOGICAL ISLAND IN THE MEDITERRANEAN SEA

Charles F. Boudouresque¹, Judith Klein¹, Sandrine Ruitton^{1,2} and Marc Verlaque¹

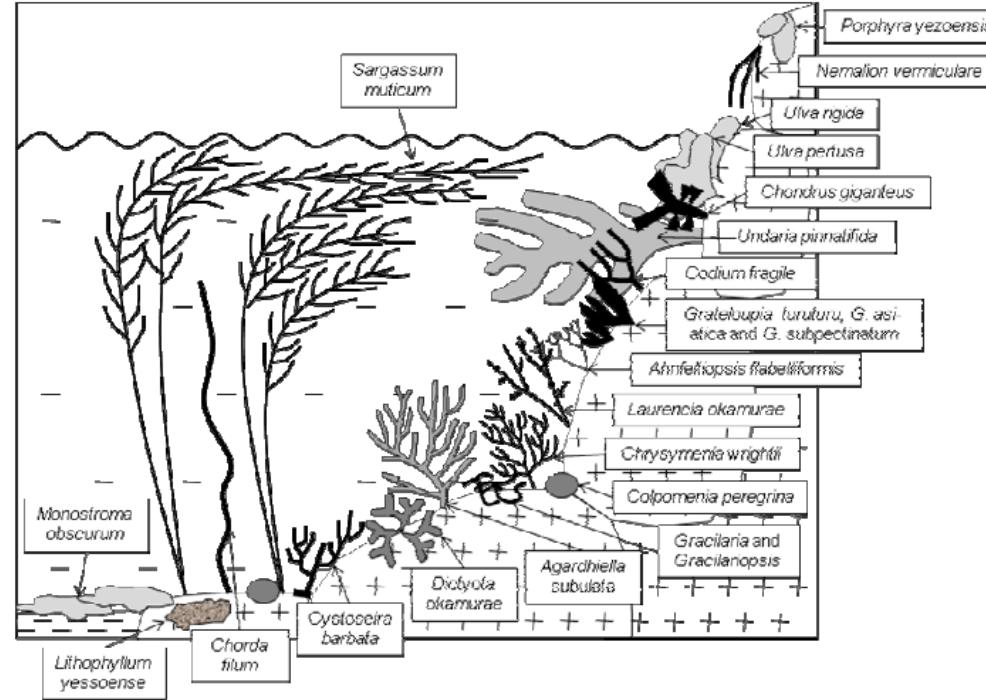


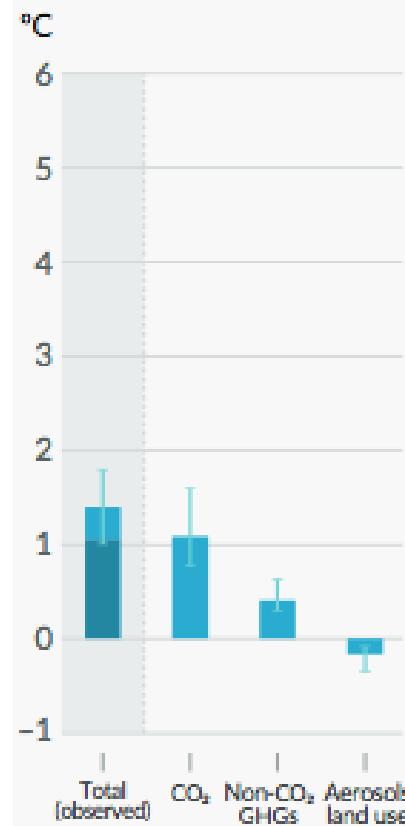
Figure 3. A sketch of the dominant macrophytes on shallow (down to 1 m depth) rocky substrates of the Thau Lagoon, in spring. Only one species, *Cystoseira barbata*, is certainly native.

121 espèces natives, 58 espèces introduites

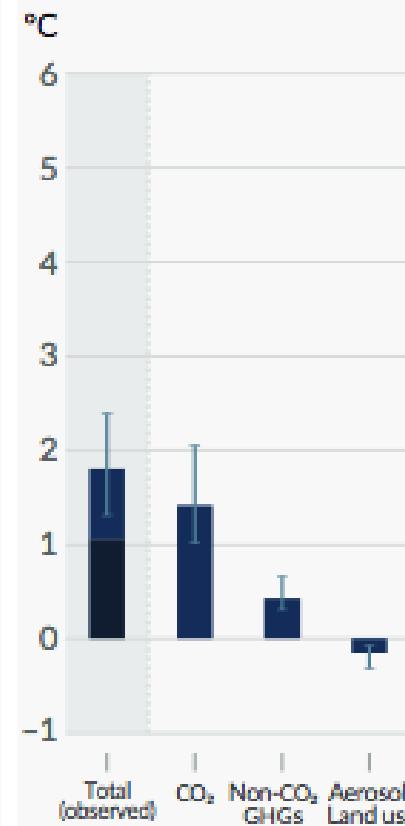
(b) Contribution to global surface temperature increase from different emissions, with a dominant role of CO₂ emissions

Change in global surface temperature in 2081–2100 relative to 1850–1900 (°C)

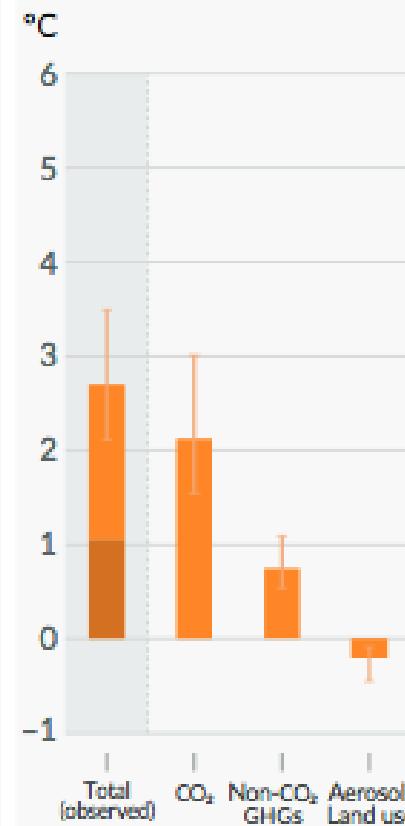
SSP1-1.9



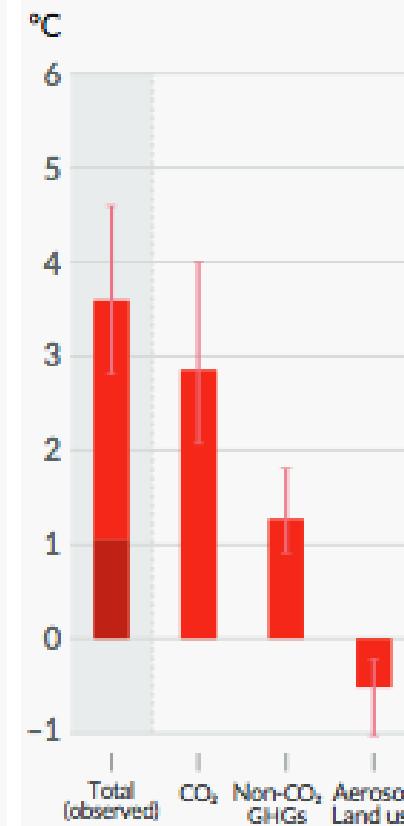
SSP1-2.6



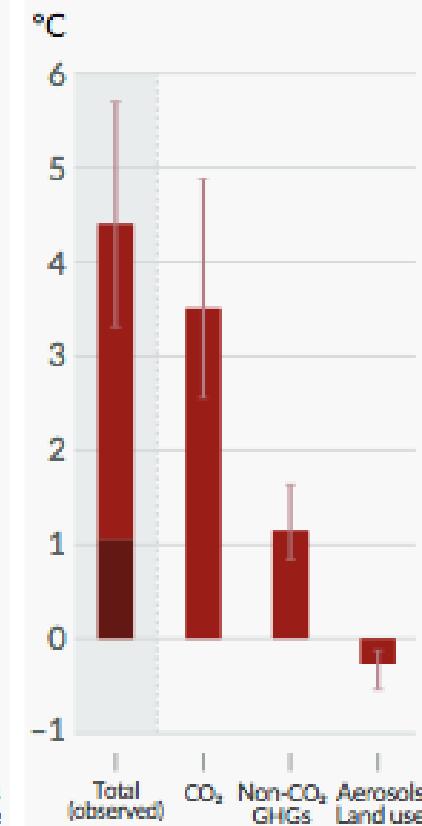
SSP2-4.5



SSP3-7.0



SSP5-8.5



Total warming (observed warming to date in darker shade), warming from CO₂, warming from non-CO₂ GHGs and cooling from changes in aerosols and land use

Figure SPM.4 | Future anthropogenic emissions of key drivers of climate change and warming contributions by groups of drivers for the five illustrative scenarios used in this report

□ Différentes espèces de plantes à fleurs – angiospermes marins - (espèces de référence indicatrices d'une bonne qualité de l'eau) le long le gradient de salinité



Eau douce ou
légèrement saumâtre



Potamot à feuilles
pectinés

Domaine saumâtre ou
de grandes variations de
la salinité



Ruppia



Domaine Marin

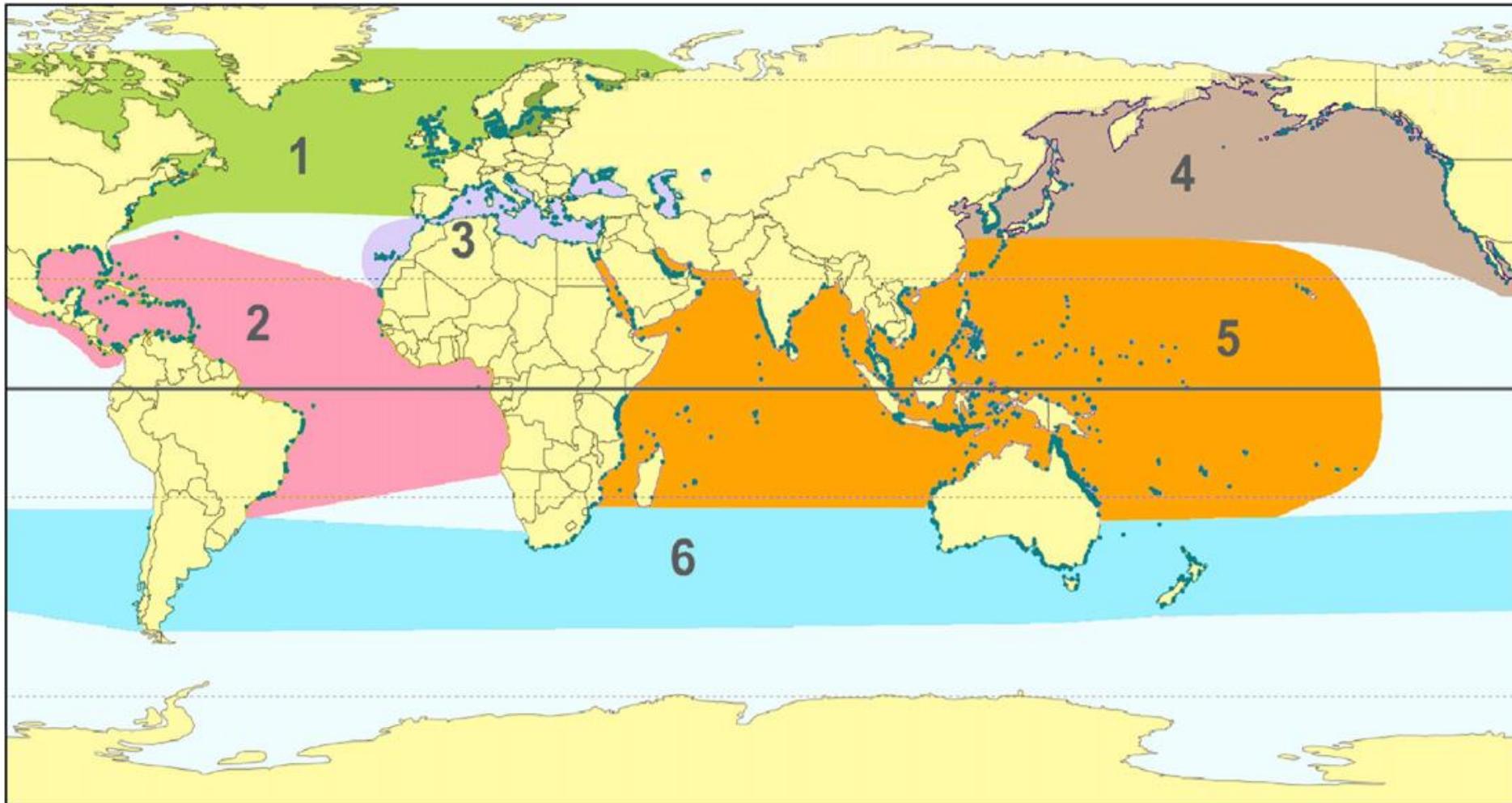


Zostère naine
Zostera noltei



Grande Zostère
Zostera marina

BioObs © Benjamin Guichard



Temperate North
Atlantic :

Zostera marina

Zostera noltei

Mediterranean :

Zostera noltei

Cymodocea nodosa

Partout :

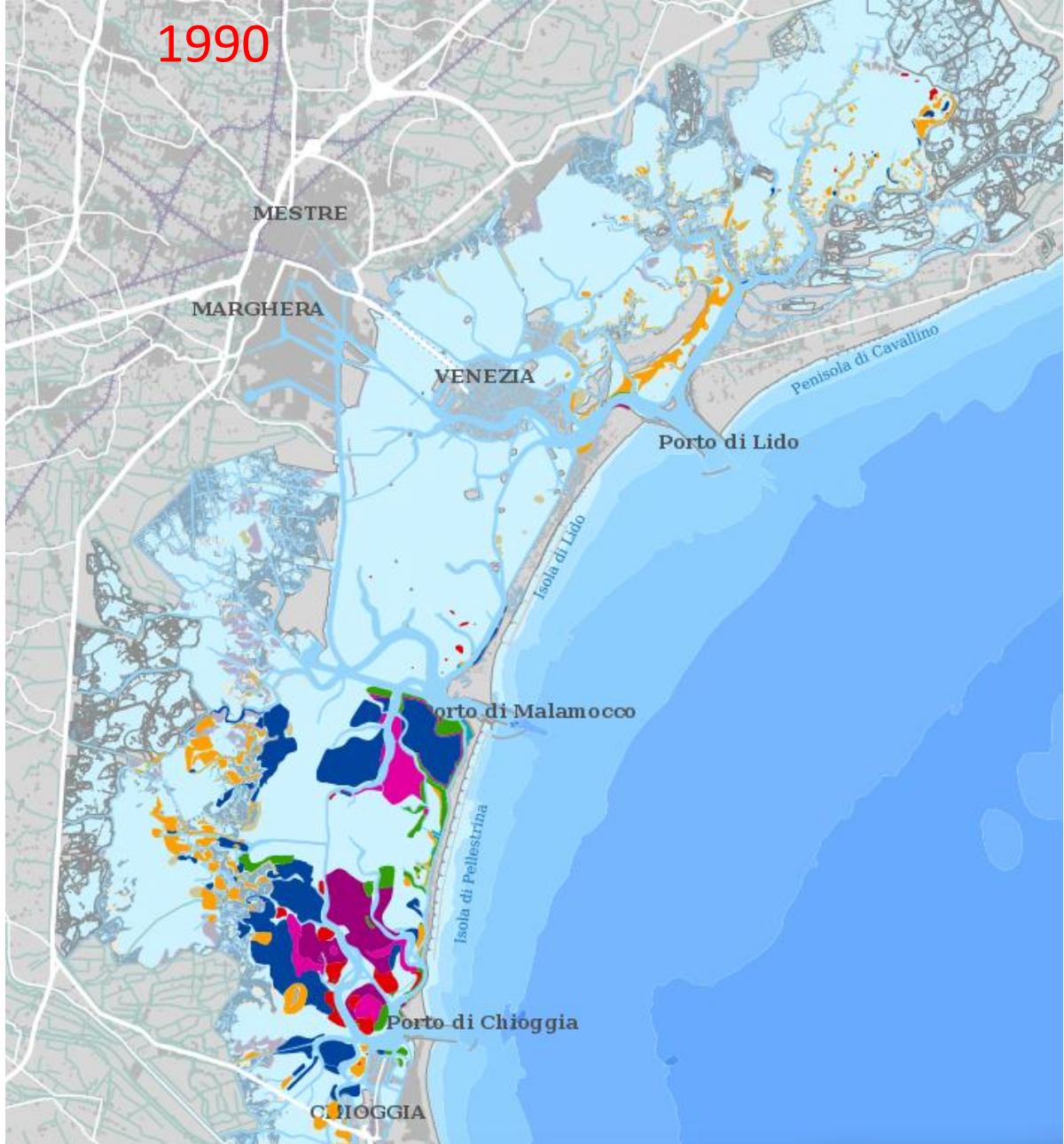
Ruppia sp.

Short et al., 2007 : Biogéographie des angiospermes marins (seagrasses) : 1. Temperate North Atlantic,
2. Tropical Atlantic, 3. Mediterranean, 4. Temperate North Pacific, 5. Tropical Indo-Pacific,
6. Temperate Southern Oceans.

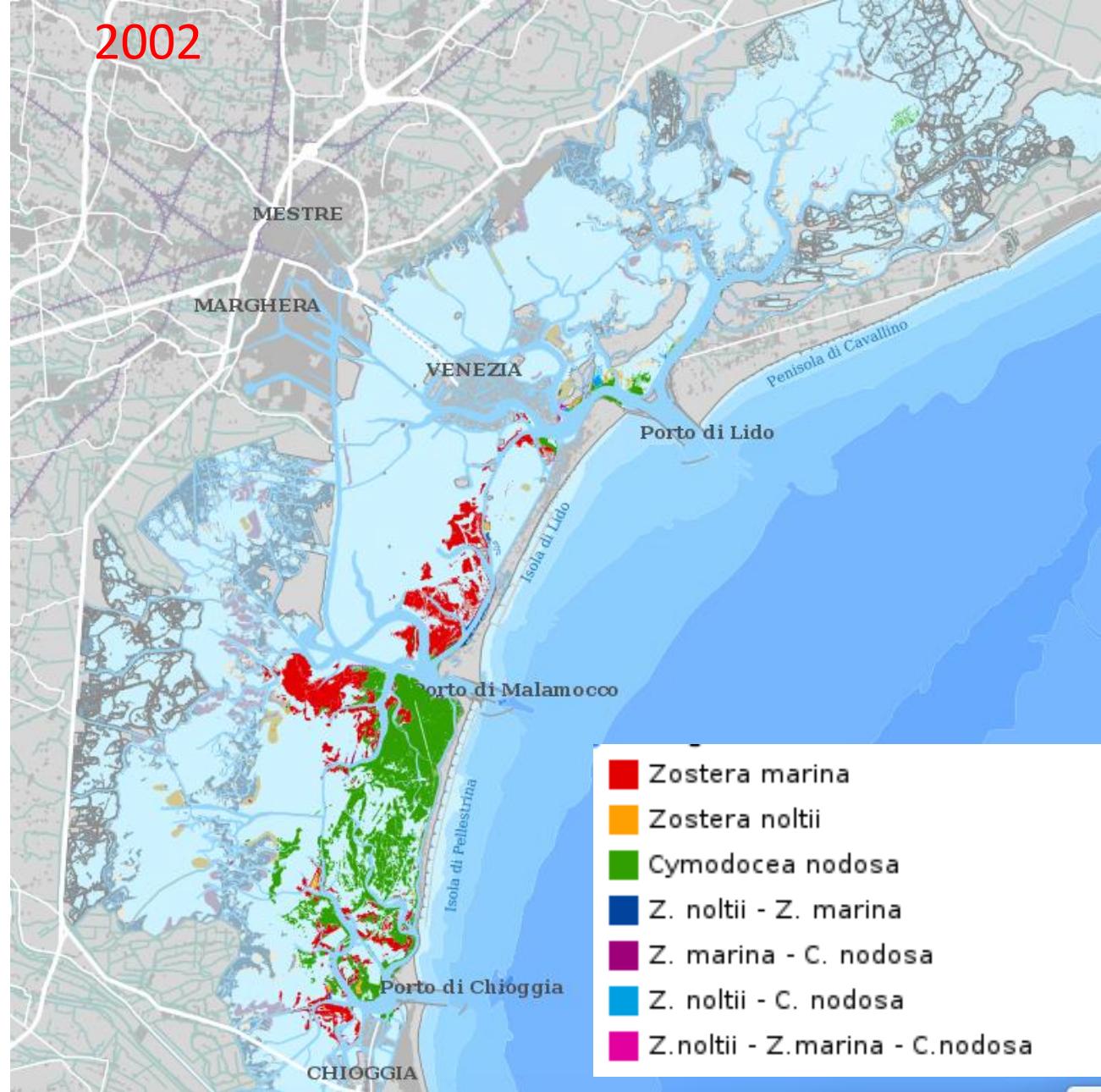
Cymodocea nodosa – Etang de Diane (Corse)



1990



2002

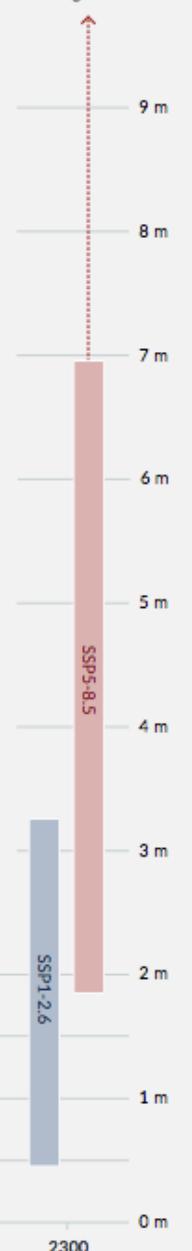


- Zostera marina
- Zostera noltii
- Cymodocea nodosa
- Z. noltii - Z. marina
- Z. marina - C. nodosa
- Z. noltii - C. nodosa
- Z. noltii - Z. marina - C. nodosa

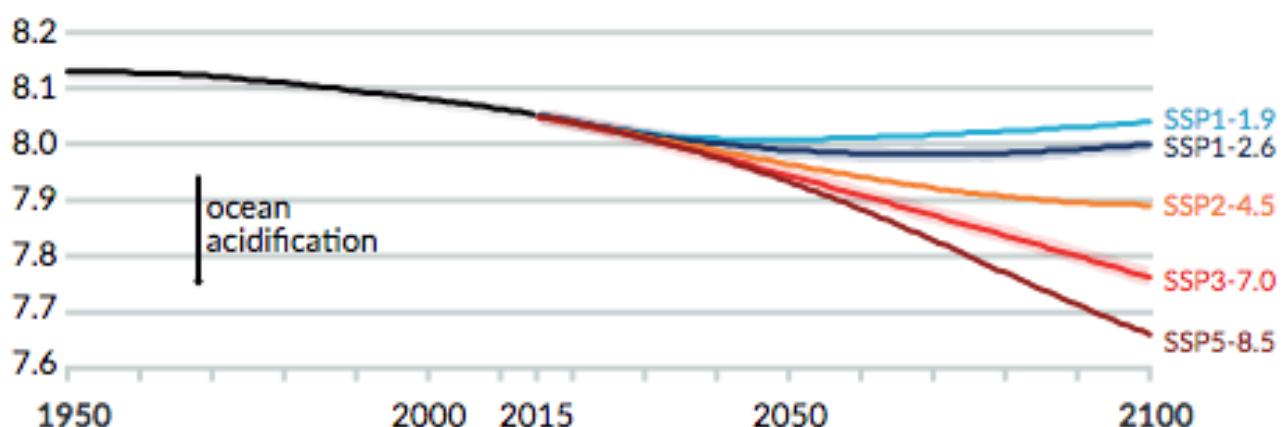
angiospermes marins (plantes à fleurs) – Lagune de Venise

(e) Global mean sea level change in 2300 relative to 1900

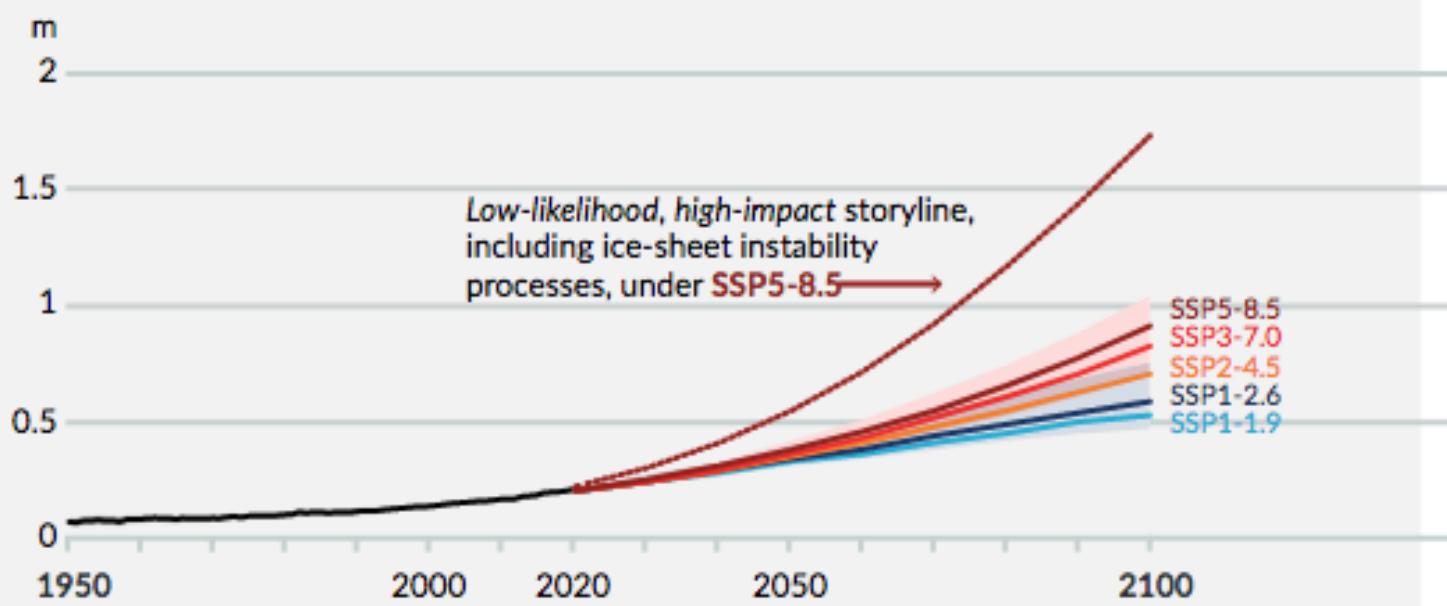
Sea level rise greater than 15 m cannot be ruled out with high emissions



(c) Global ocean surface pH (a measure of acidity)



(d) Global mean sea level change relative to 1900

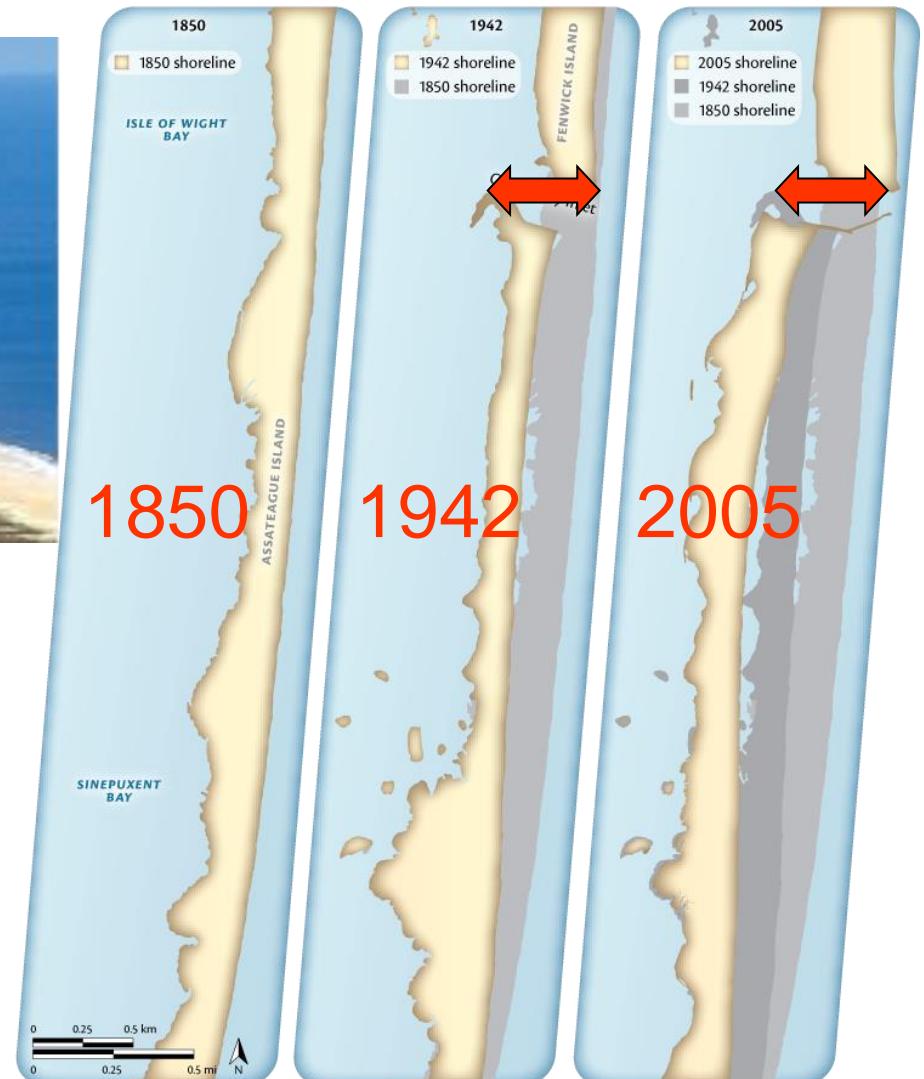


Un lido naturel “s’adapte” à la montée du niveau de la mer (migration inshore), un lido urbanisé est figé et vulnérable (exemples Assateague Island et Ocean City, Maryland, USA).



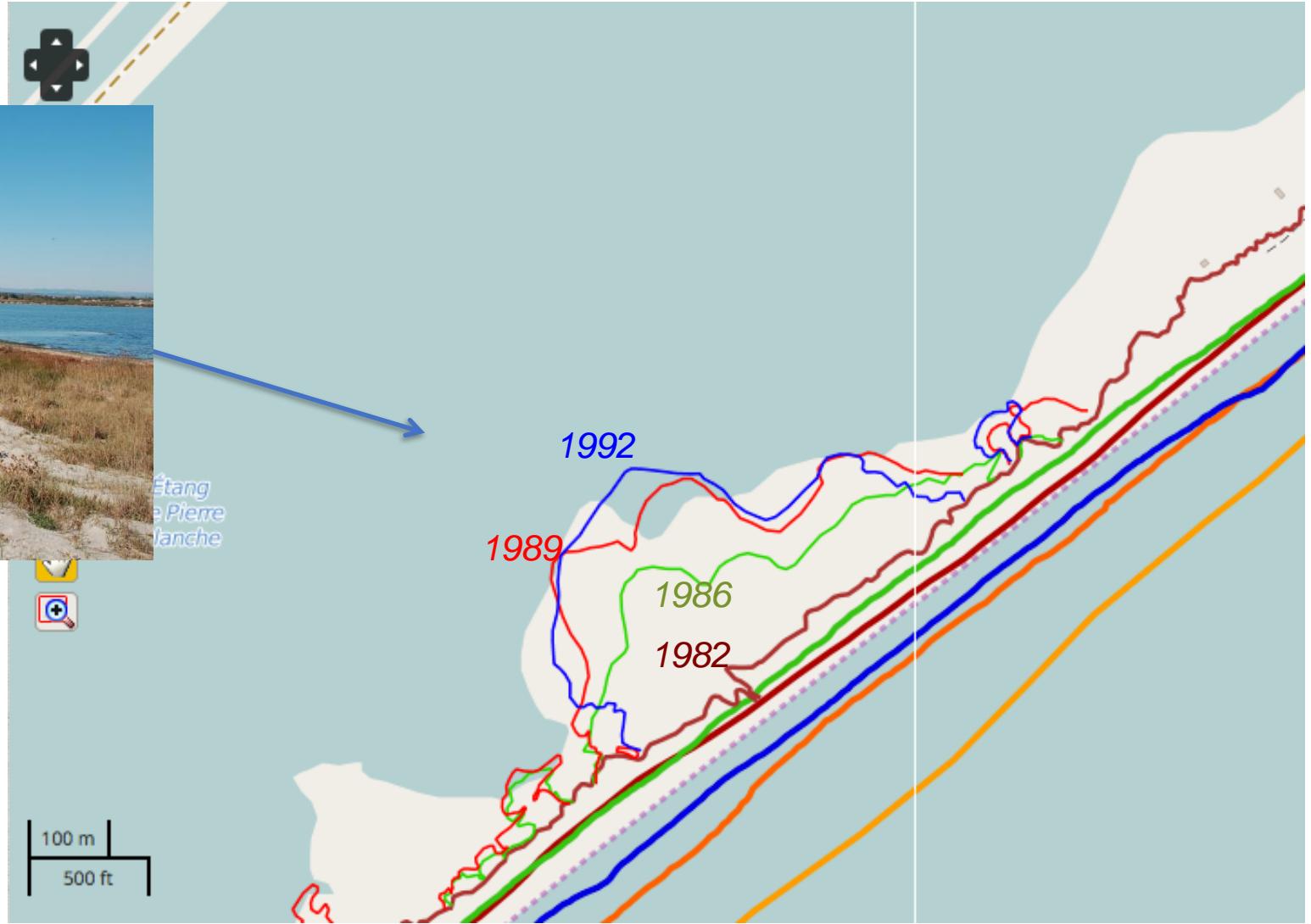
Courtesy D.W. Dennison

The evolution of Fenwick & Assateague Islands, 1850–2005





Cône de sédimentation sur le lido de
l'Etang Pierre Blanche © Rutger De Wit



2000
2009

1977 1935 1895

Source données OSU-OREME :
www.soltc.org
image créé par © Rutger De Wit

Solutions fondées sur la Nature



<https://uicn.fr/solutions-fondees-sur-la-nature/>



QU'EST-CE QU'UNE SOLUTION FONDÉE SUR LA NATURE ?

Les Solutions fondées sur la Nature sont définies par l'UICN comme :

« les actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement les défis de société de manière efficace et adaptive, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité ».

Les Solutions fondées sur la Nature se déclinent en trois types d'actions, qui peuvent être combinées dans les territoires et avec des solutions d'ingénierie civile :

- La préservation d'écosystèmes fonctionnels et en bon état écologique ;
- L'amélioration de la gestion d'écosystèmes pour une utilisation durable par les activités humaines ;
- La restauration d'écosystèmes dégradés ou la création d'écosystèmes.

Maguelone

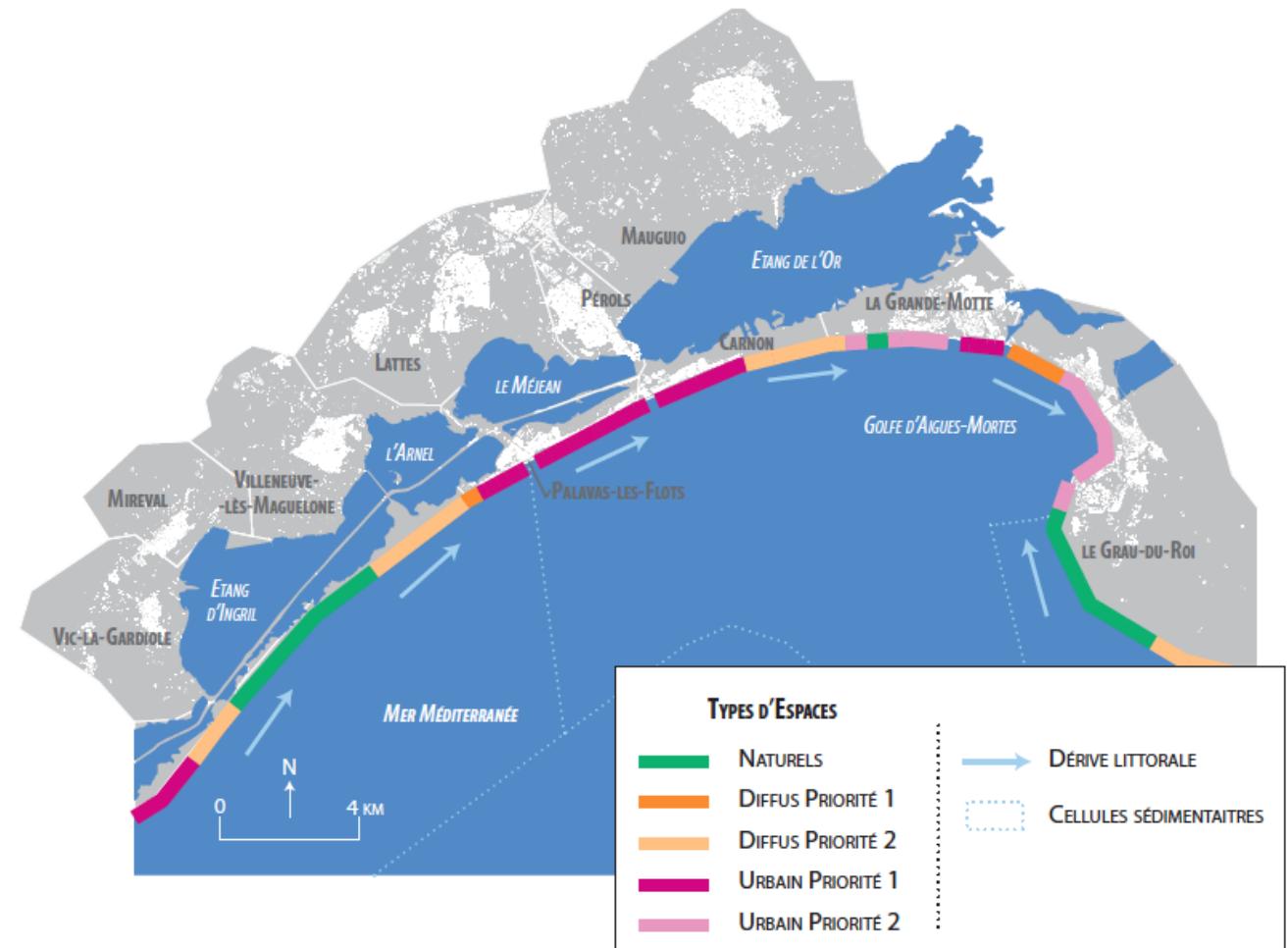


© EID - CDL

Sylvain Barone & Laura Michel, 2022

CARTE 5

SPATIALISATION DES MODES DE GESTION JUSQU'EN 2050
PRÉCONISÉS PAR LA STRATÉGIE RÉGIONALE DE GESTION INTÉGRÉE DU TRAIT DE CÔTE



Cartographie Stéphane Coursière

Avant



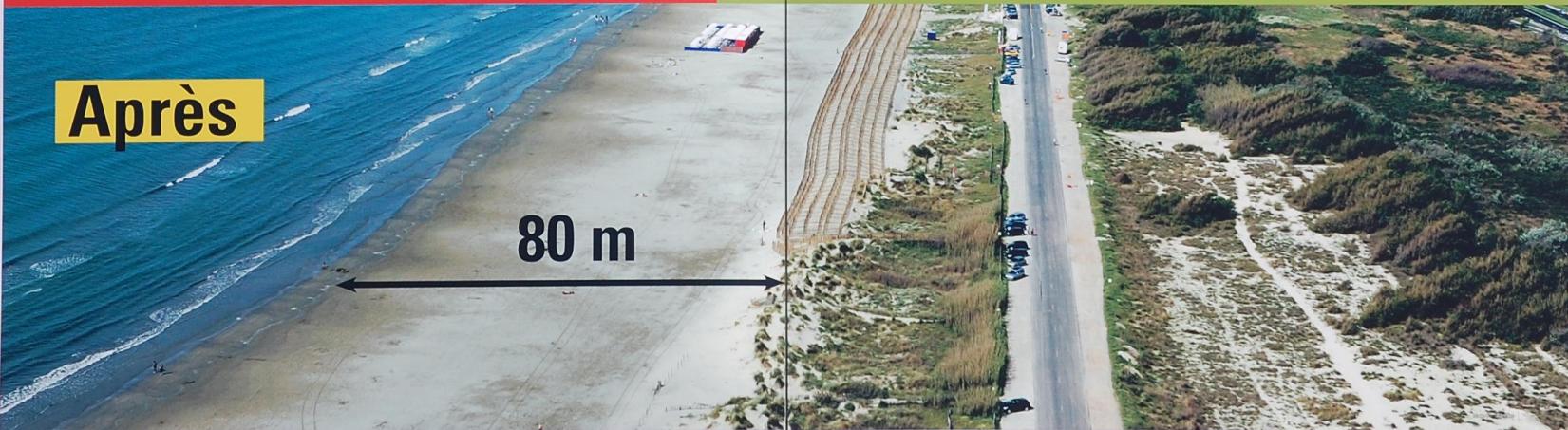
- Élargissement de la plage d'environ 50 mètres
- Renforcement de la dune par la pose de ganivelles
- Montant total de l'opération sur l'ensemble de la baie d'Aigues-Mortes : 10 M€

Maîtrise d'Ouvrage : SIVOM de la Baie d'Aigues-Mortes

Financement :



Après



Le réensablement de la plage du Petit et du Grand Travers

Le cas de Venise : MOSE opérationnel depuis le 3 octobre 2020

de l'automne 2020 - printemps 2021 : 20 fermetures
depuis l'automne 2021 – aujourd’hui : 10 fermetures

Plan de sauvegarde de Venise et sa lagune en quatre volets :

- ° protéger contre les **acqua alta** (**MOSE**)
- ° rehausser les chaussées en ville (notamment Place San Marco, actuellement à 55 cm au-dessus du niveau moyen de la mer, mais la plupart sont à 80 cm)
- ° restauration et protection du patrimoine bâti endommagé (protection en verre pour Basilico San Marco)
- ° restauration écologique de la lagune (qualité de l'eau, *barenes* et marais maritimes, végétation aquatique)



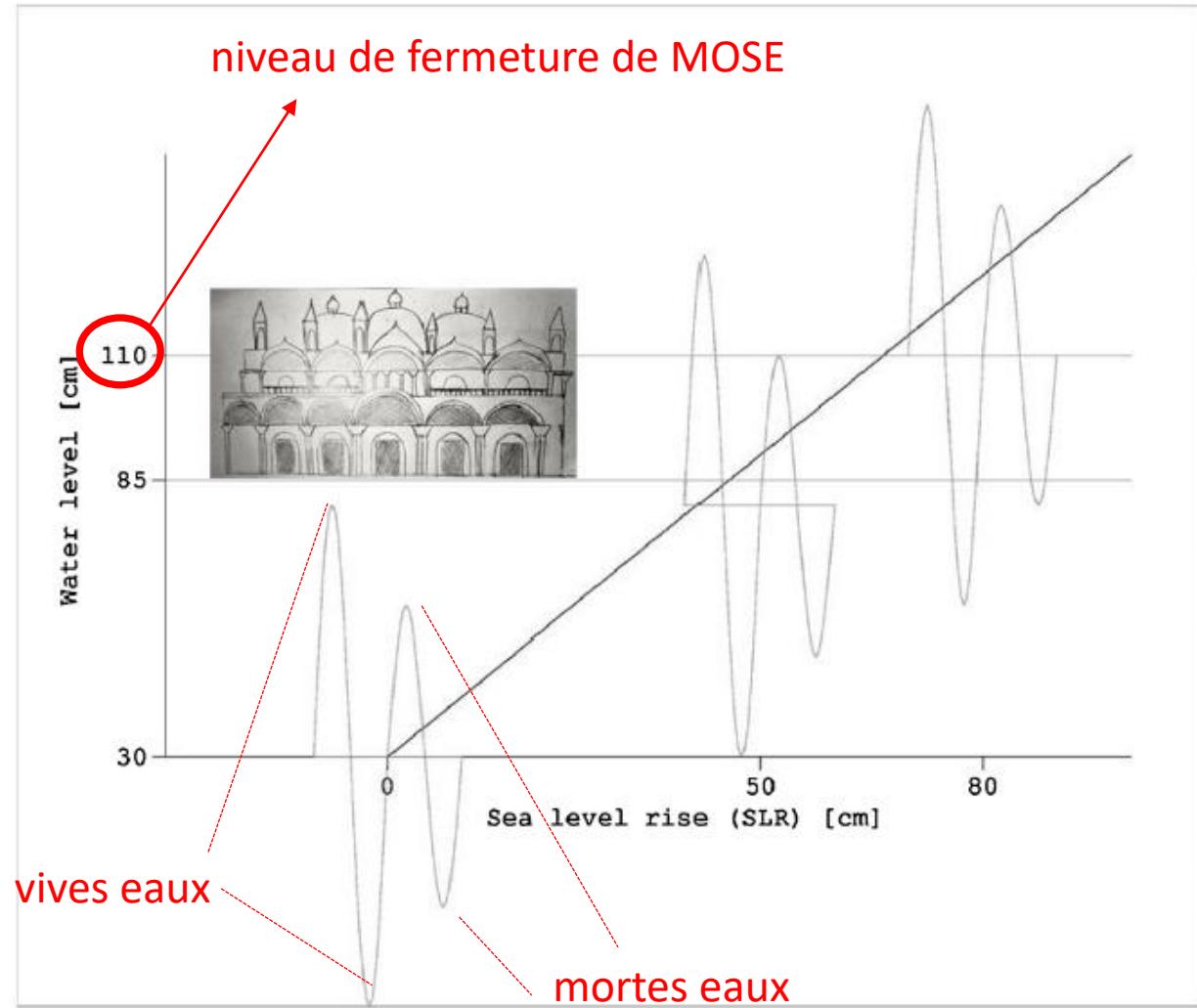
Depuis le 3 octobre 2020 le système MOSE (MOÏSE) permet de fermer la lagune de Venise de la mer Adriatique pour protéger Venise contre les marées exceptionnellement hautes (Acqua alta)



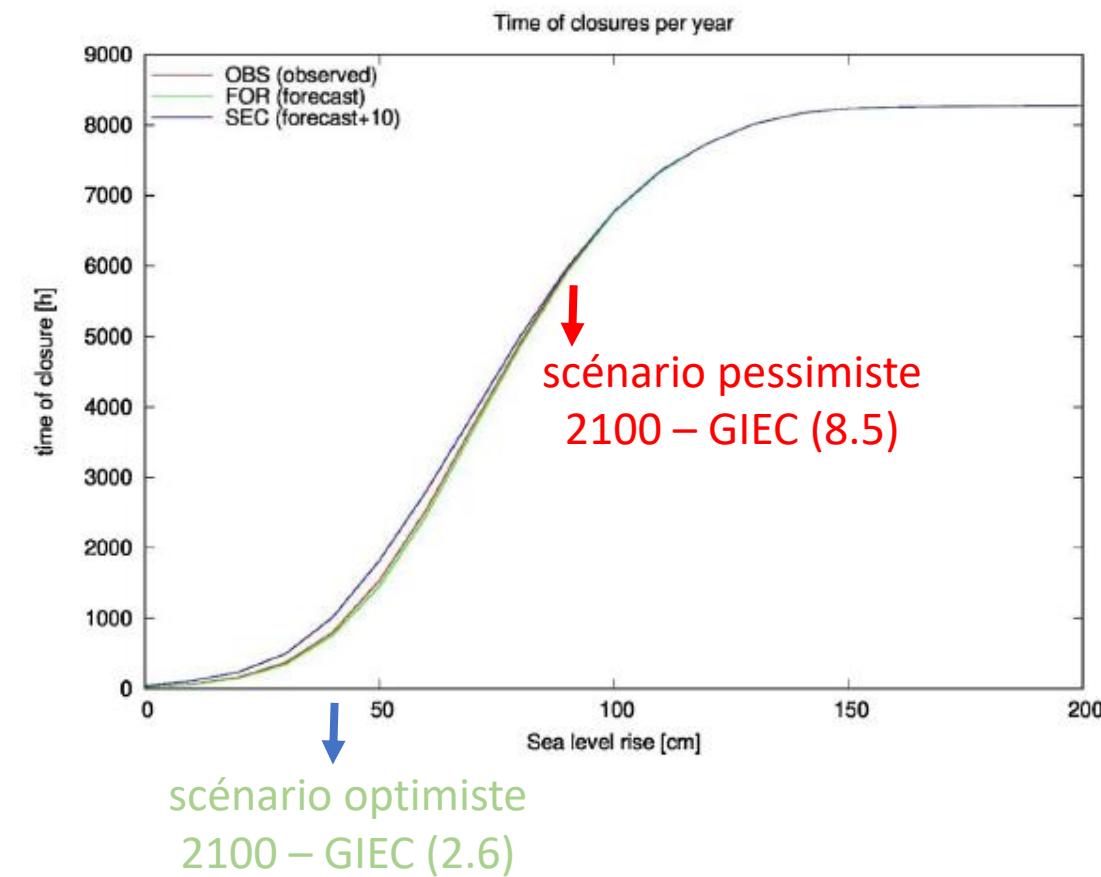
Bocca di Chioggia



Bateau Pick-up (MOSE)



Source : G. Umgiesser (2020).
Journal of Nature Conservation



Définition 0 cm décidé en 1872 – le niveau moyen de la mer actuel est à + 30 cm (Punta della salute)

une année = $365 \times 24 = 8760$ heures

Autres Etudes (en cours)

- Collaboration avec Sciences humaines et sociales
- Etude de dénitrification (moyen d'abattre les teneurs en nitrate par un processus microbien naturel)
- Rôle des cours d'eau intermittents (Défi Clé Région Occitanie – Biodiv'Oc)
- Lagunes temporaires (notamment dans les anciens Salins)

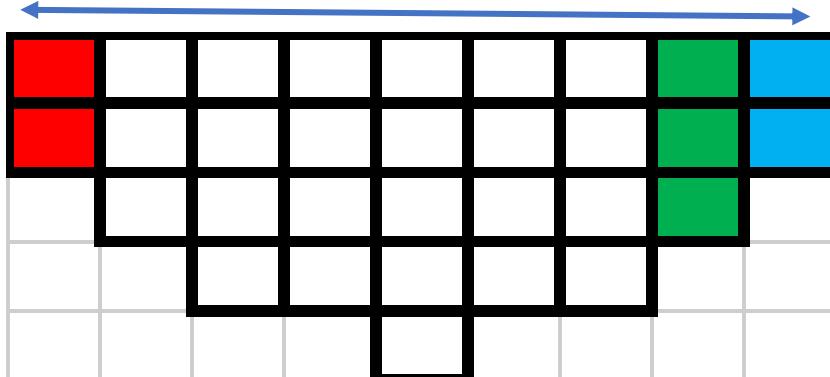
Contributions de l'économie de l'environnement

(Hélène Rey-Valette, Charles Figuières, Robert Lifran)

Ressources piscicoles	Gibiers d'eau et oiseaux	Biomasse	Coquillages
Pêche professionnelle 23	Chasse 18	Pâturage 19	Pêche professionnelle 15
Support pour les cultures	Conchyliculture	Pisciculture	Régulation du débit d'eau
Exploitation agricole 21	Huitres, palourdes, mollusques 22	Elevage professionnel 31	Canaux et stations de pompage 29
Autres matières à usage ou transformation directe	Autoépuration et filtration de l'eau	Nurserie et habitat	Fixation des berges contre l'érosion
Anguilles, saumons, bois flotté 30	Améliore la qualité objective du milieu 14	3	...contre l'érosion 13
Régulation du micro-climat	Fixation et décomposition des débris organiques	Régulation des inondations et protection des terres	Identité locale
Régulateur de température et d'humidité 25	20	...contre les tempêtes, l'urbanisation, la salinité 5	Histoire de l'étang et du bassin versant 7
Site historique et culturel	Valeur paysagère	Valeur esthétique d'espèces rares et remarquables	Pêche amateur et collecte de coquillage
Fortin, port antique, chapelle San Damiano 11	2	Hibiscus à 5 fruits 9	28
Observation des oiseaux	Balade équestre	Support pour le camping	Balade à vélo
12	17	26	16
Promenade, randonnée et course à pied	Balade et excursion en bateau	Source d'inspiration artistique	Education à l'environnement
27	4	1	10
Opportunités pour la recherche scientifique	Sentiment de bien-être et de tranquillité	Sport nautique non motorisé	
6	24	8	

Pas/peu
Important

Très
Important



- 1- Jeux sérieux Q-method :
(services régulation considérés les plus)
- 2- Atelier citoyen : les impacts de l'information et de la délibération ont été quantifiés



Rutger de Wit, Emilie Le Floc'h (MARBE) & Jan Graffelman (Univ Polytechnique Barcelona)

Dénitrification $2 \text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2$

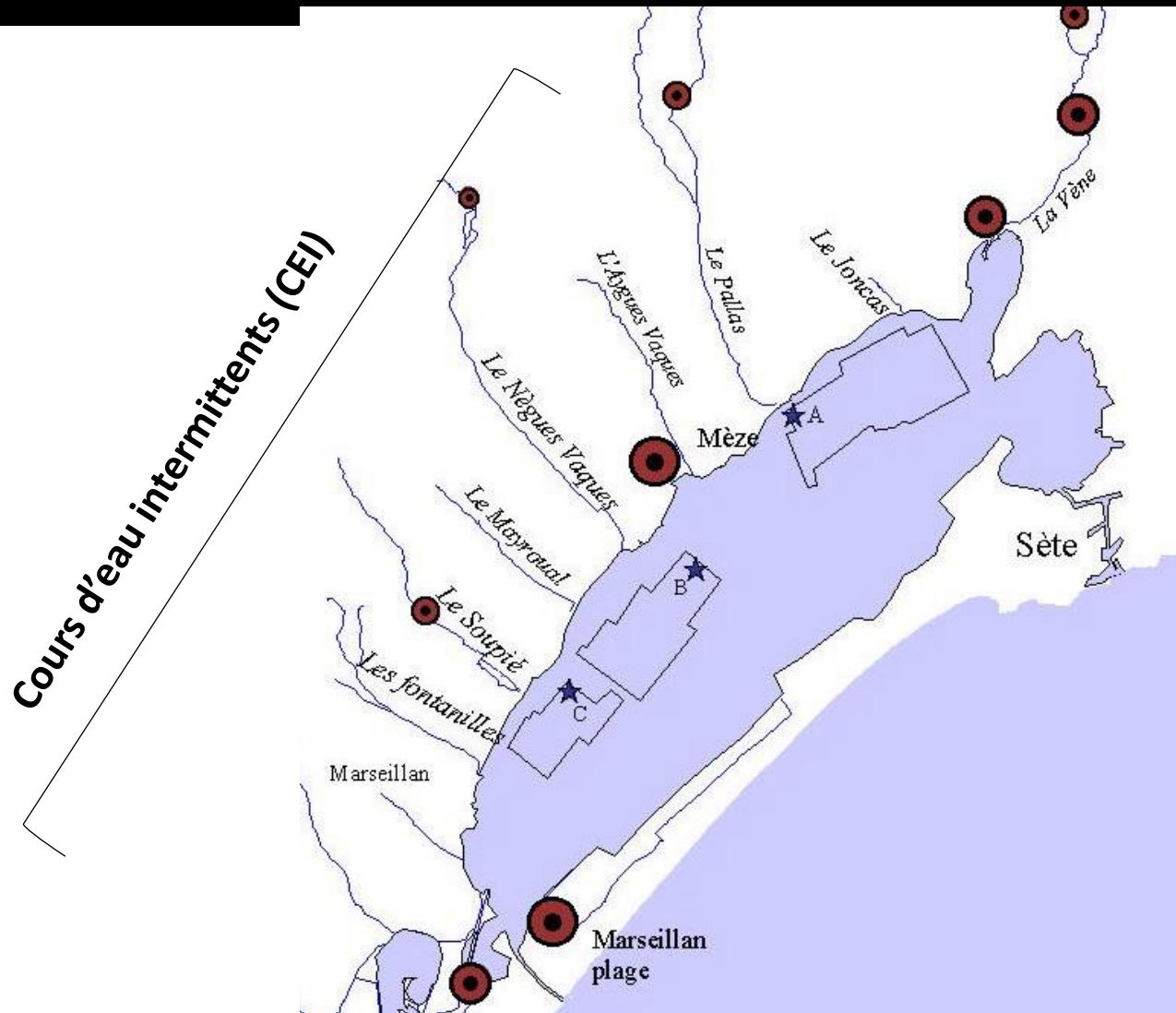
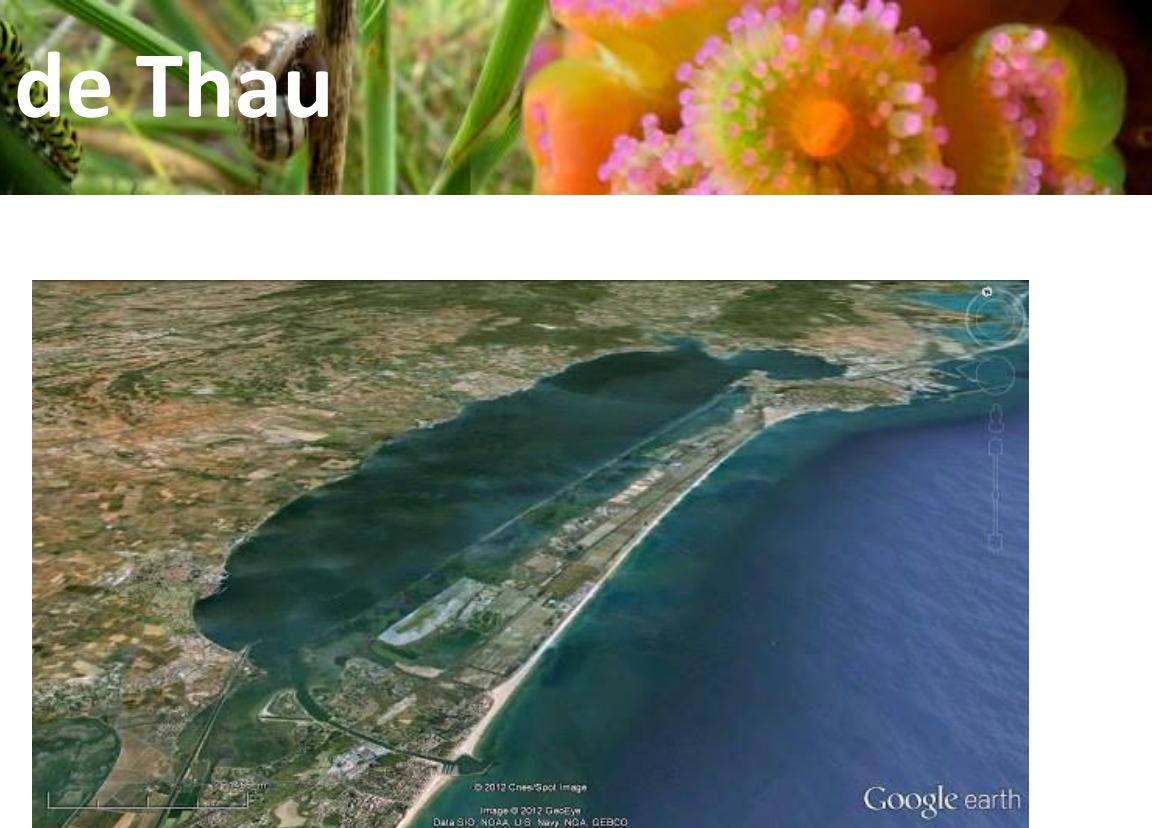
Mesure des concentrations de N_2 dissout (selon isotopes ^{14}N et ^{15}N : $^{28}\text{N}_2$, $^{29}\text{N}_2$, $^{30}\text{N}_2$) et Ar au MIMS

QUESTION

ANSWER

<p

Site atelier : Bassin de la lagune de Thau



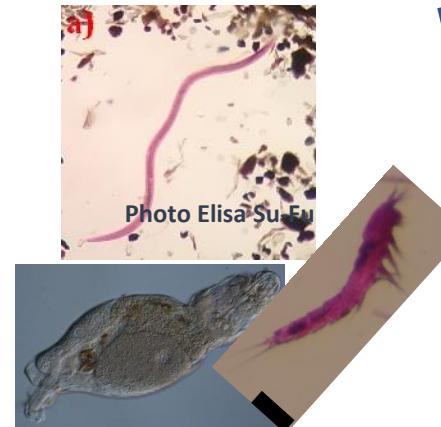
= lagune côtière méditerranéenne
(étangs littoraux)

• Contexte

- Lit des cours d'eau = habitat pour le biofilm
- Interactions entre invertébrés micro-organismes favorisent la consommation des nitrates par les biofilms



méiofaune



macrofaune



Degrade de la matière organique

Nutriments minéraux

micro-organismes

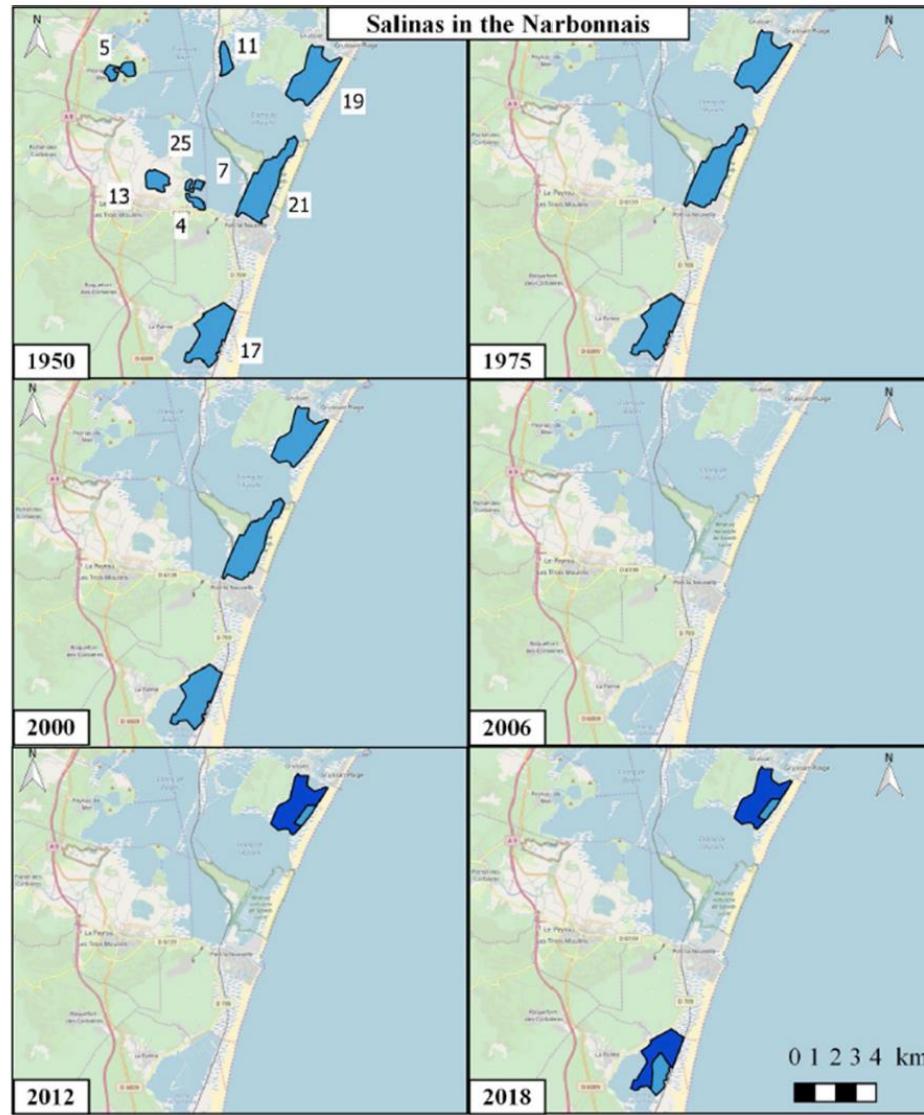


Les communautés du biofilm

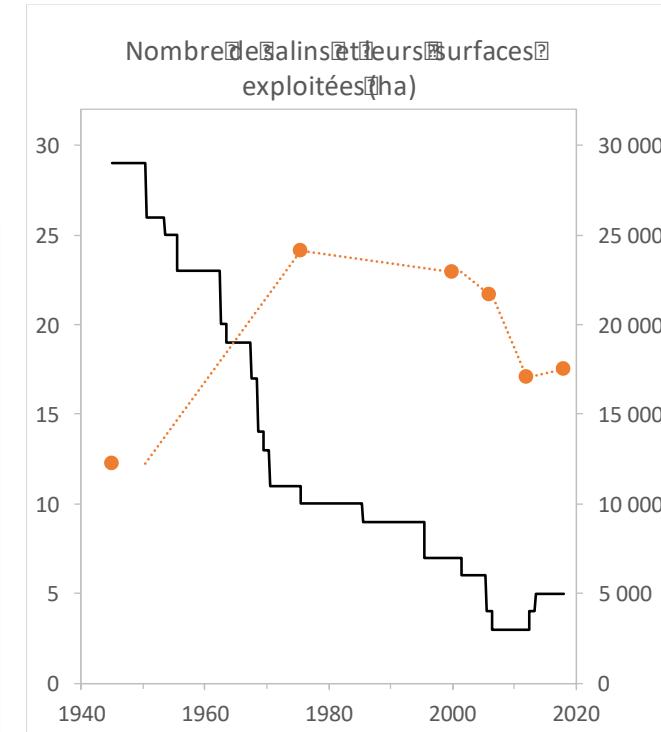
Projets Pilotes BiodivOc -



BiodivOc
Biodiversité Occitanie



Abandon de la saliculture

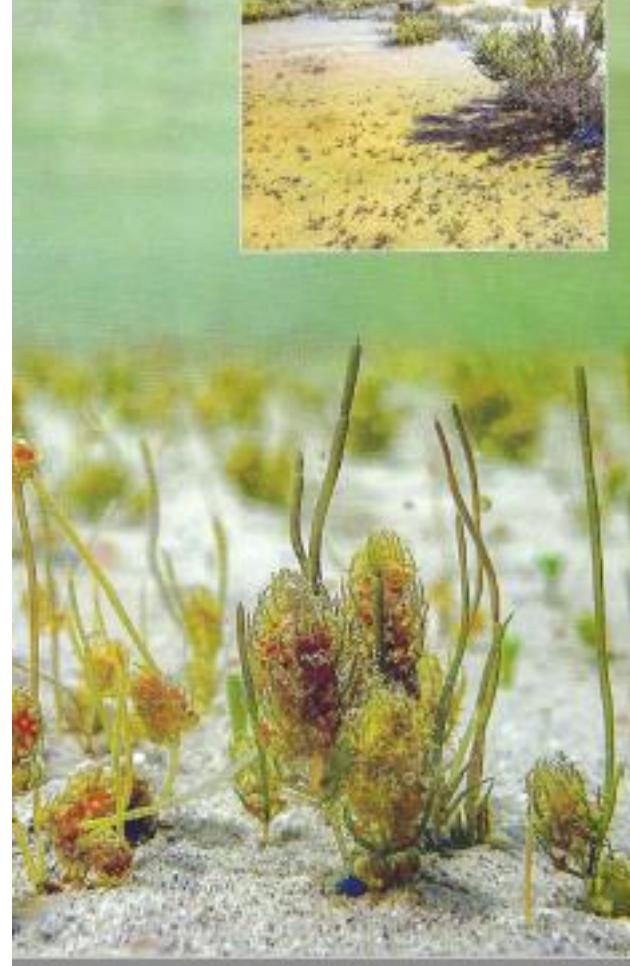


Plan Régional d'Actions (PRA)
en faveur des lagunes
temporaires



Fig. 2. Chronological maps depicting the Salinas (blue) in the Narbonnais region (Mediterranean coastline close to Narbonne, southern France, cf. Fig. 1). Refer to the 1950 map for the names of the Salinas. The dark blue corresponds to the surfaces identified by the Corine Land Cover 2012, layer 4.2.2 which underestimates the surface due to neglecting many of the pre-concentrating ponds (see Methods). Name of Salinas (1950 map): 4, Salin de Tallavignes; 5, Salin de Peyrac; 7, Salin de Grimaud; 11, Salin de Campignol; 13, Grand Salin de Sigean; 17, Salin de la Palme; 19, Salin d'Ile Saint Martin; 21, Salin de Saint-Lucie.

Mouromval et al. (2015) Guide des Characées de France méditerranéenne



Végétation de Characeae dans
les mares temporaires salés des
Salins abandonnés :
Lamprothamnium papulosum et
Tolypella salina.

The background image shows an aerial perspective of a coastal landscape. A prominent feature is a long, narrow inlet or lagoon that curves inland from the right side of the frame towards the center. The water is a vibrant turquoise color. The surrounding land is a mix of agricultural fields in various shades of green and brown, and some developed areas with roads and buildings. The overall scene is a mix of natural beauty and human-made infrastructure.

Remerciements :

Béatrice Bec, Amandine Leruste, Sandrine Le Noc, Annie Fiandrino,
Vincent Ouisse, Nathalie Malet, Inès Le Fur, Juliette Balavoine,
Mindaugas Zilius, Hélène Rey-Valette, Robert Lifran, Mariam Maki Sy, Inès Le Fur, Yolande Boyer,
Matthijs van der Geest, Olivier Pringault, Nathalie Boutin, Evelyne Buffan, Emilie Lefloc'h, Jan
Graffelman, Constance Bourdier

Gestionnaires : Juliette Picot, Julien Caugat, Katallin Fortune, Fanchon Richart, Laurent Benau, ...

Merci,



*Merci pour
votre
attention*

