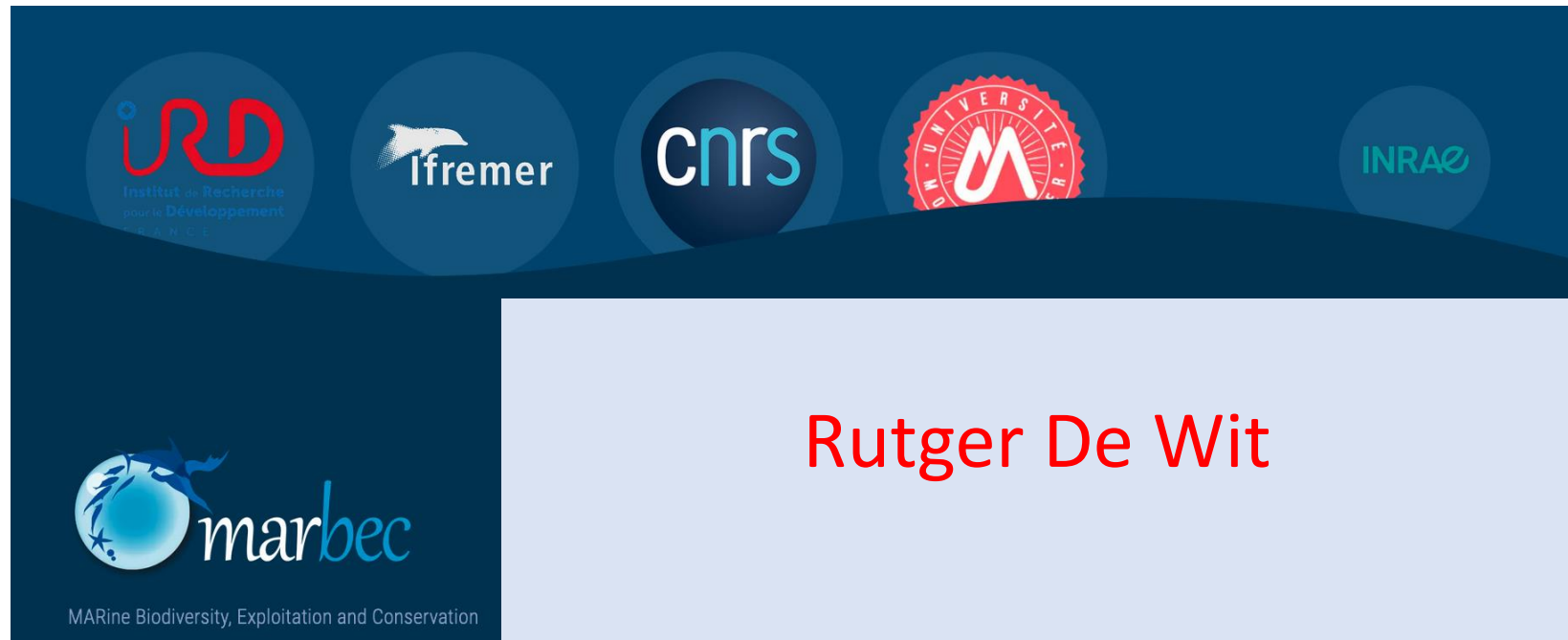


# Quelle nature demain sur nos littoraux occitans ?



**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](mailto: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 PRESENTATION

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



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

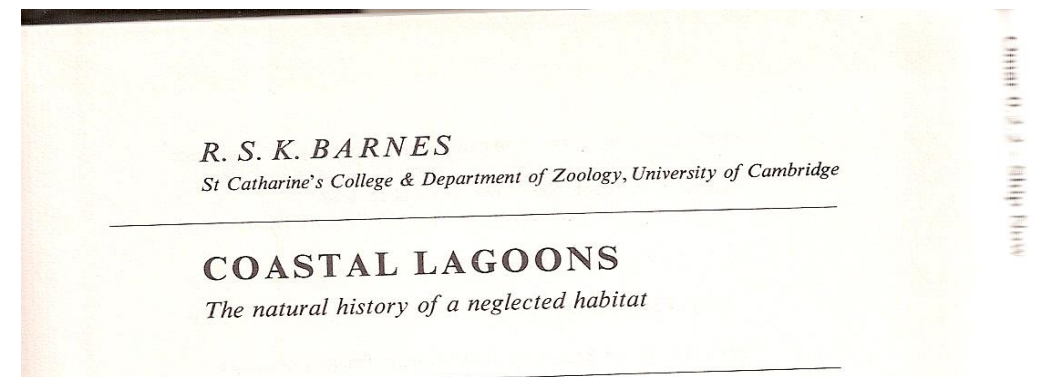
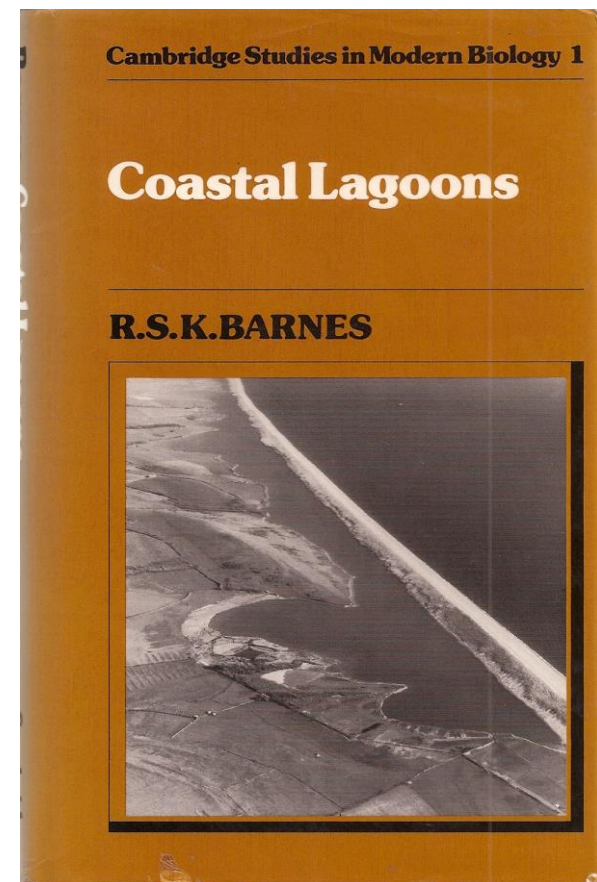
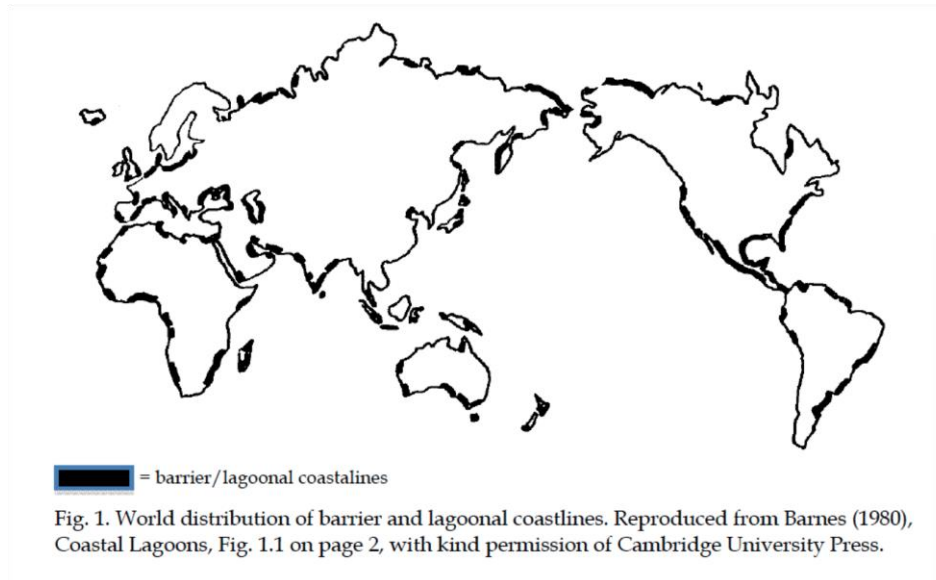
Mon laboratoire : MARBEC <http://https://umr-marbec.fr/>

# 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**

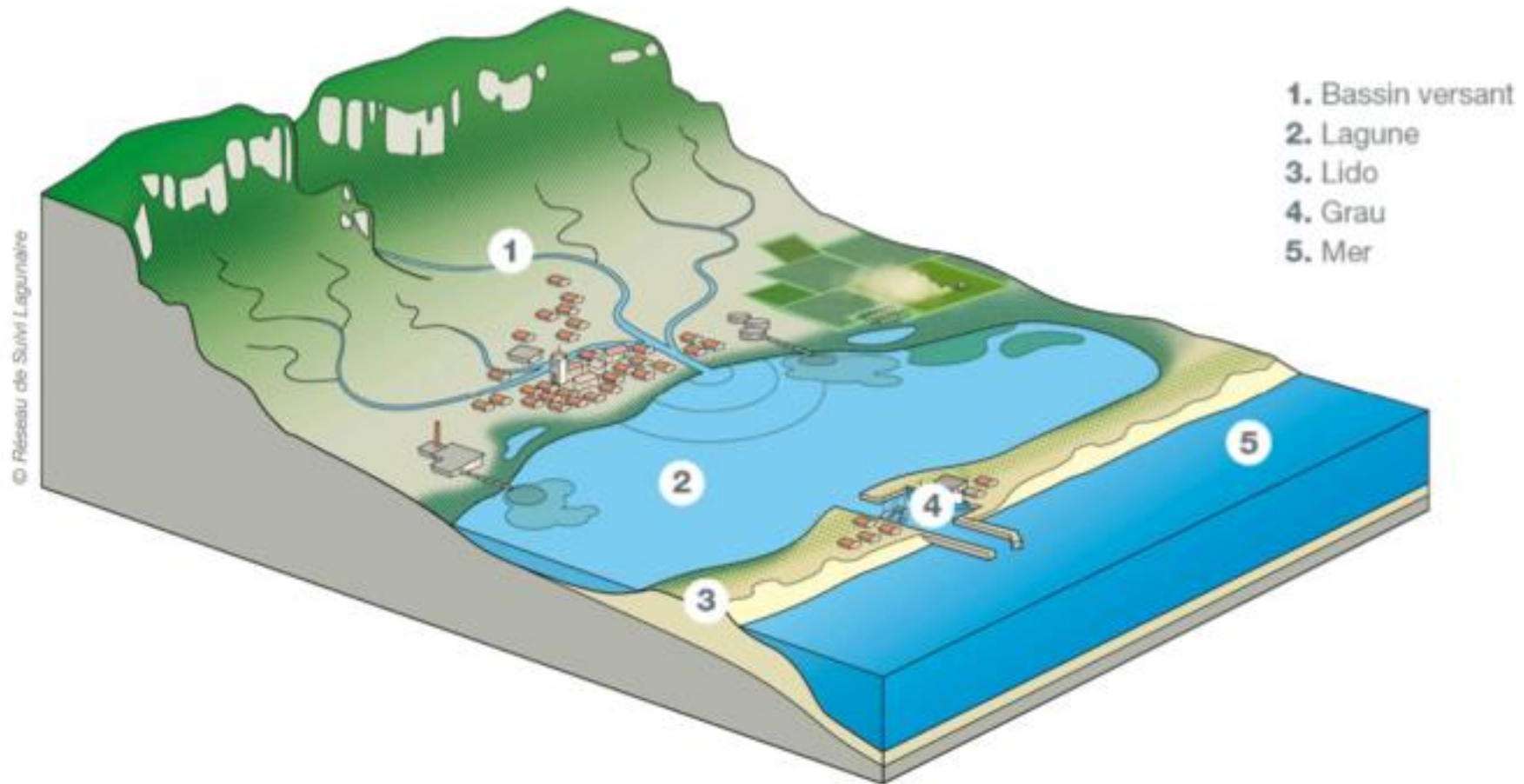
1980 – Barnes Les lagunes côtières : histoire naturelle d'un habitat négligé

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





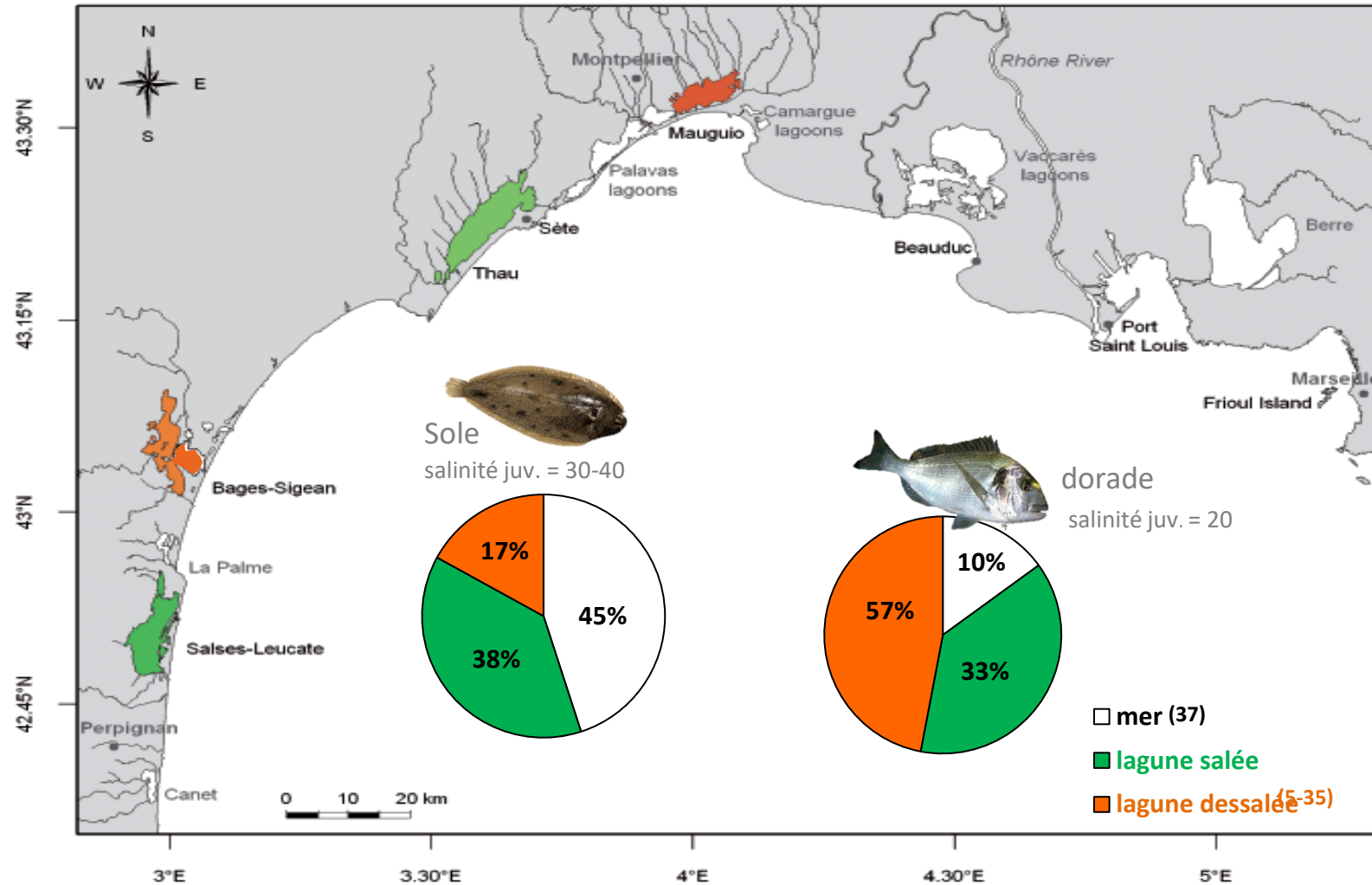
## Les lagunes côtières (Etangs littoraux), généralités :



Remerciements : Inès Le Fur

# Importance des lagunes pour les juvéniles de poissons marins

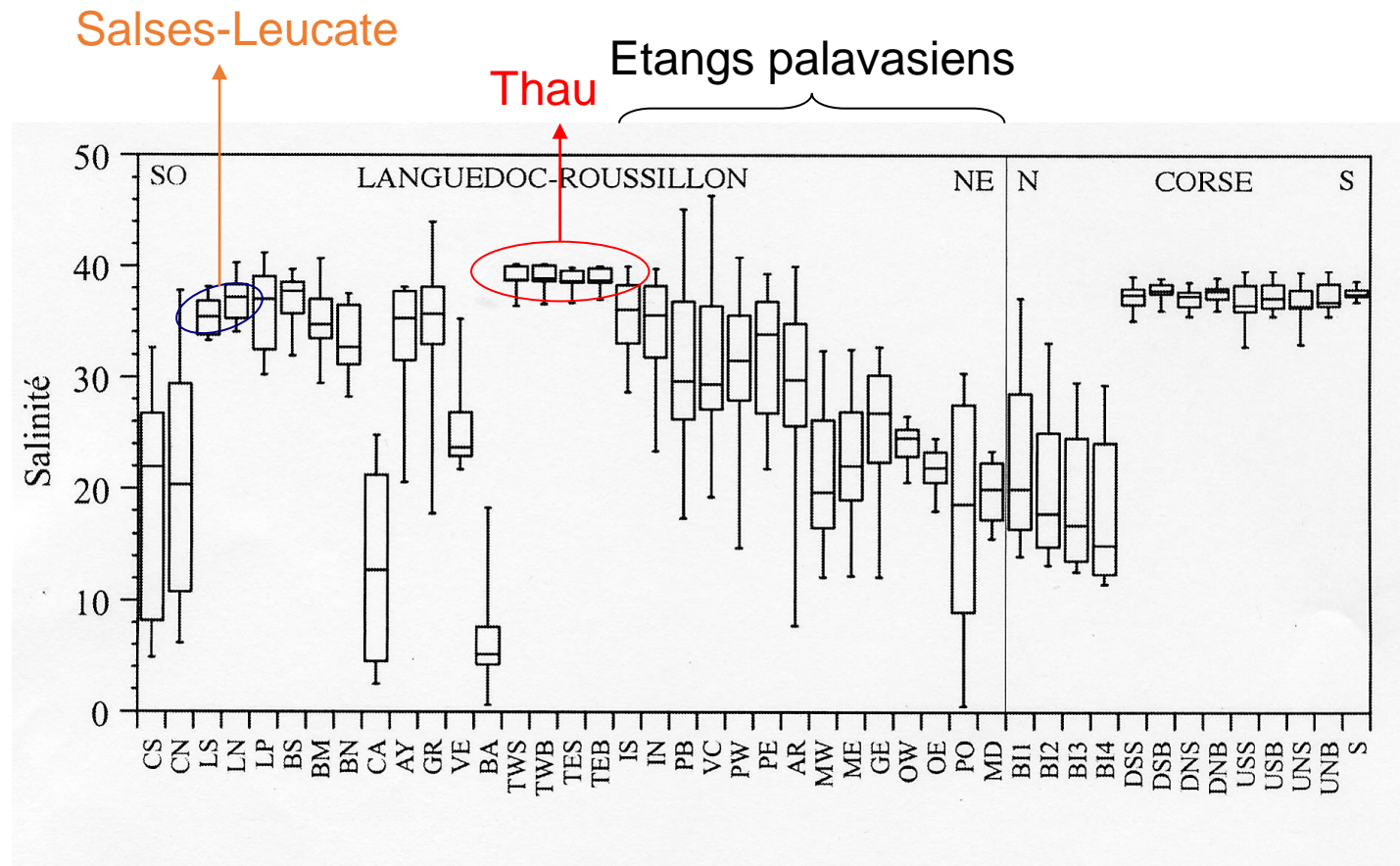
## Origine des adultes pêchés dans le Golfe du Lion (N ≥ 100 pour chaque espèce)



remerciement Audrey Darnaude

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

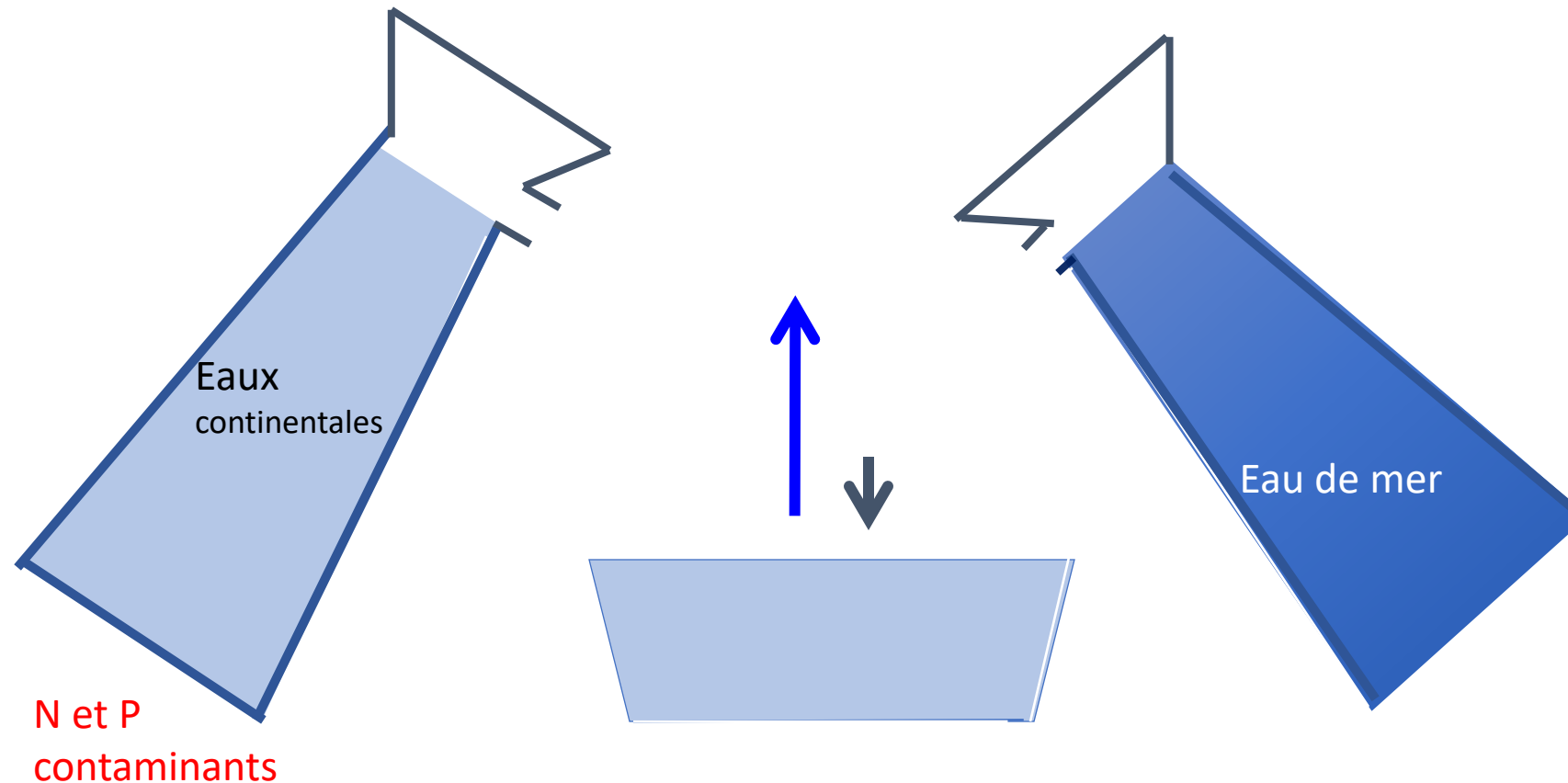




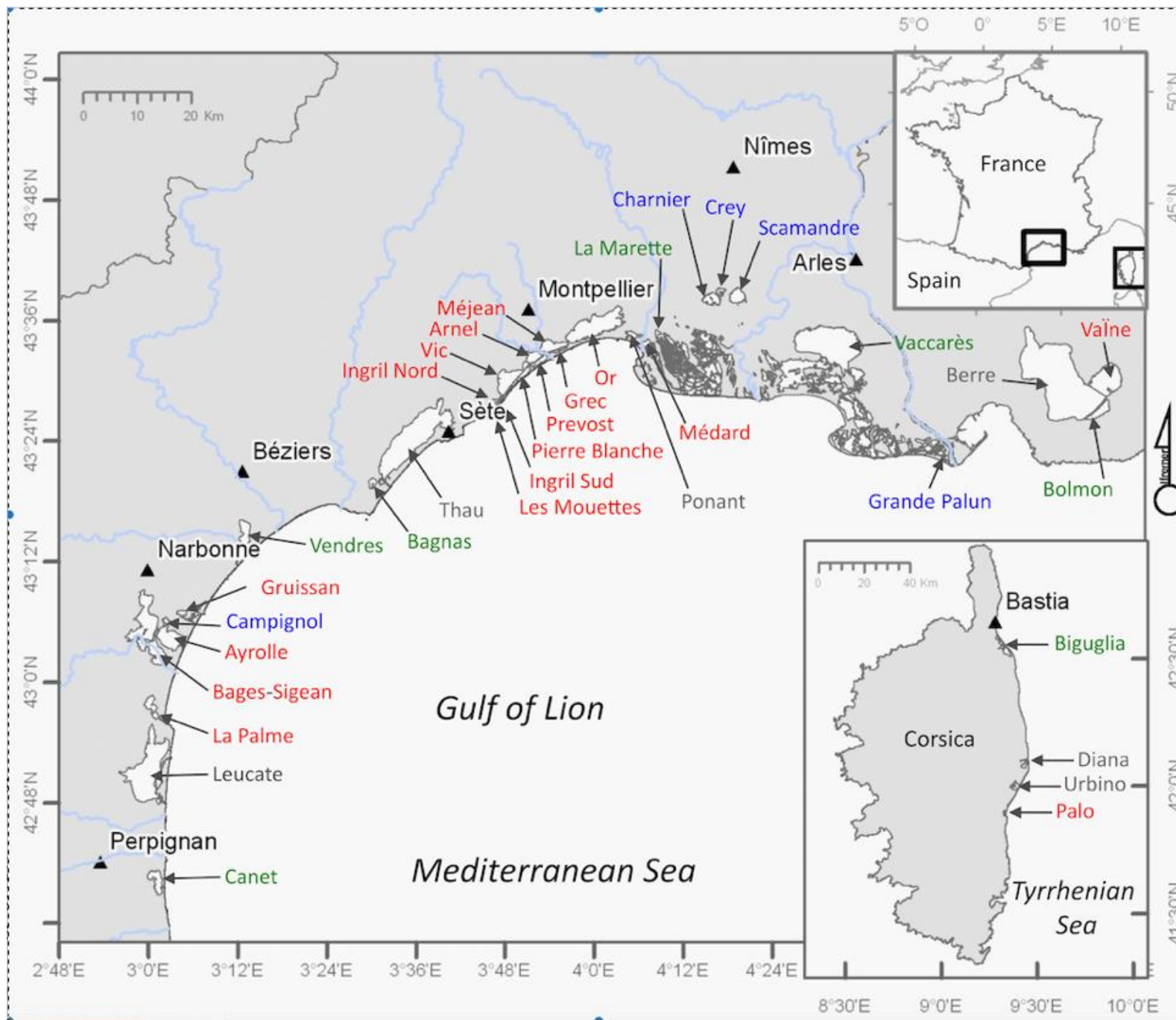
Variations de la salinité dans les lagunes méditerranéennes françaises  
(thèse doctorat Béatrice Bec, Université Montpellier 2, 2005)

# 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







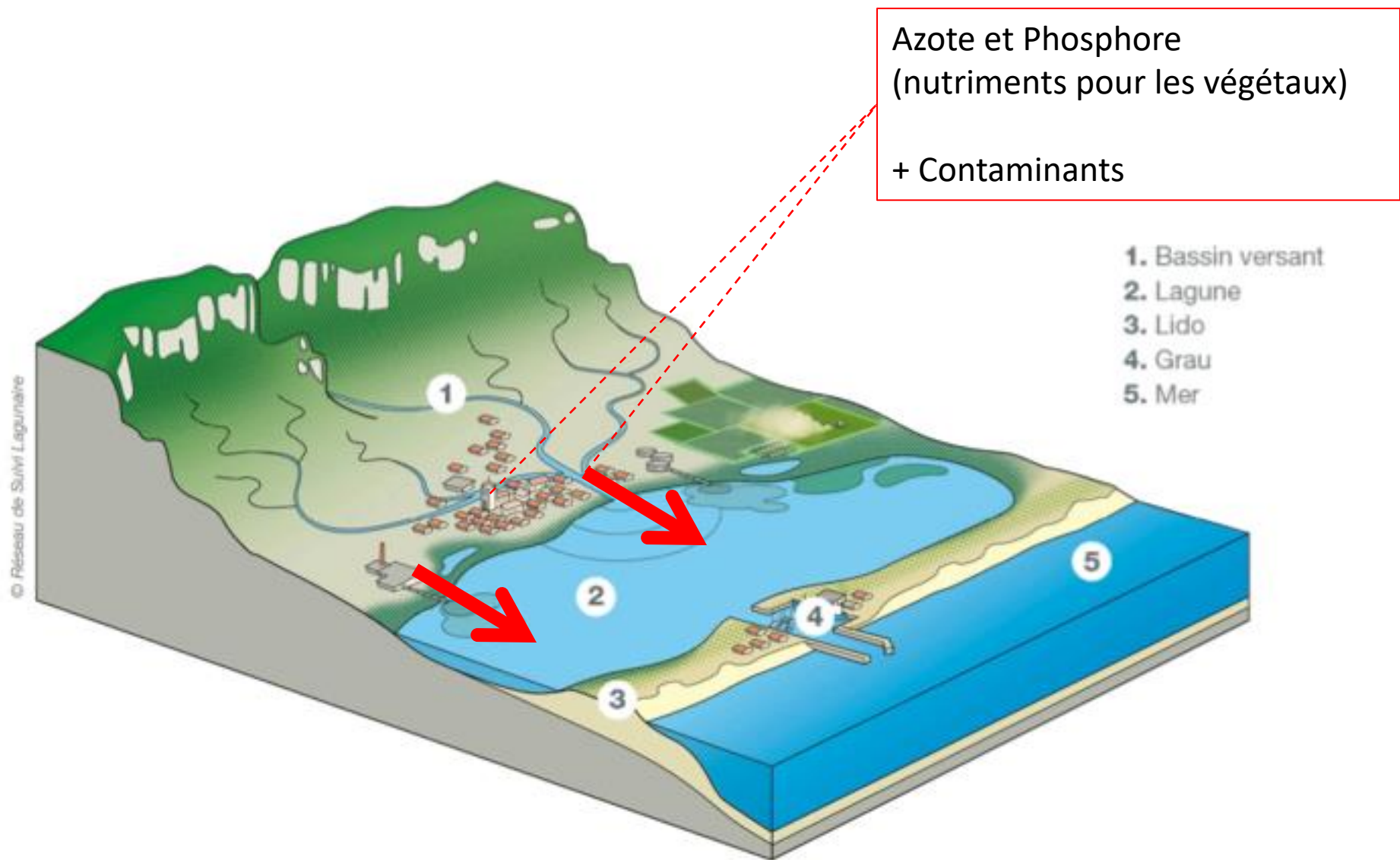
Lagunes côtières peu profondes  
(< 2 m profondeur d'eau)

Classification de Venice (1958):

rouge = poly- euhaline  
(salinité > 18)

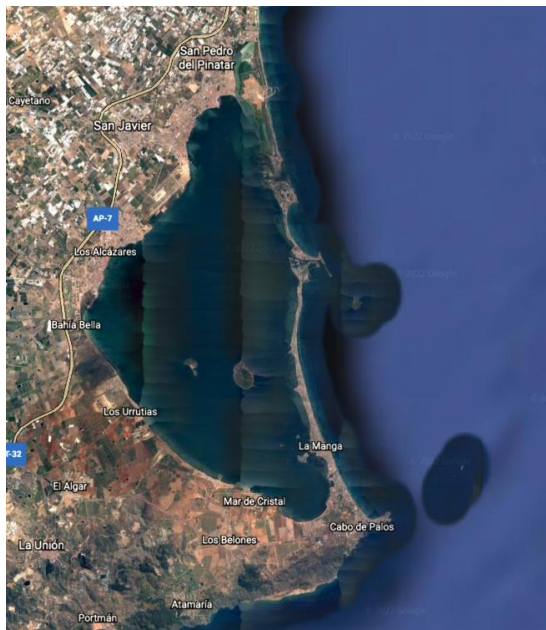
vert = mesohaline  
(5 < salinité < 18)

bleu = oligohaline  
salinité < 5



Remerciements : Inès Le Fur

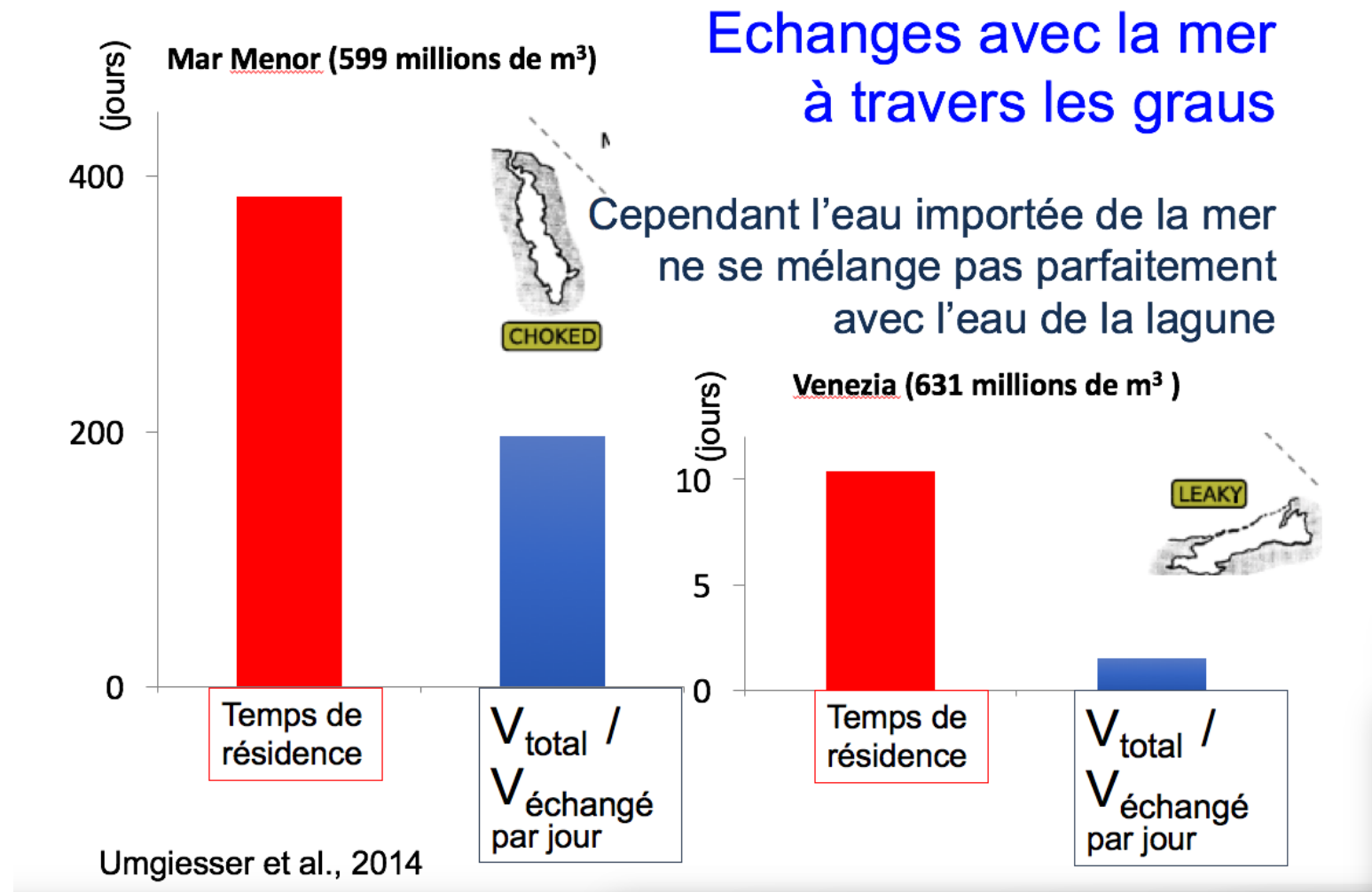




Echanges avec la Mer :

Mar Menor :  
3 millions m<sup>3</sup> par jour

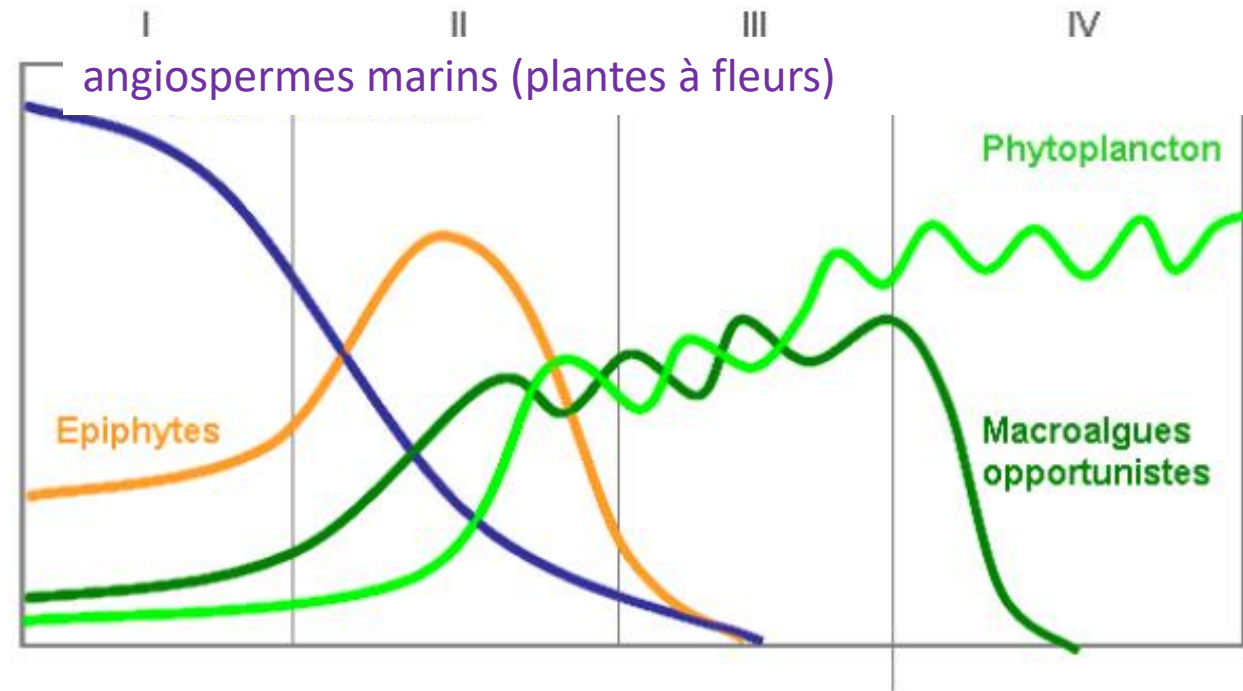
Lagune de Venise :  
environ 600 millions m<sup>2</sup> par jour



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 Umgiesser)

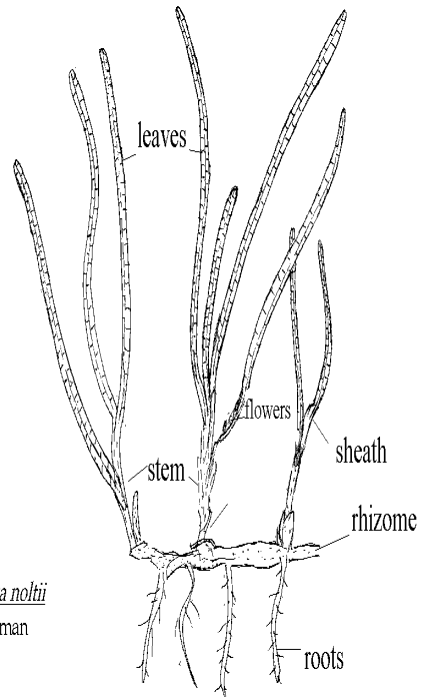
# Dégradation de la végétation aquatique en zone côtière (modèle de Schramm)

## • Successions végétales et eutrophisation



Etat écologique

Successions végétales le long du gradient d'eutrophisation



Photos I Oheix



❑ 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

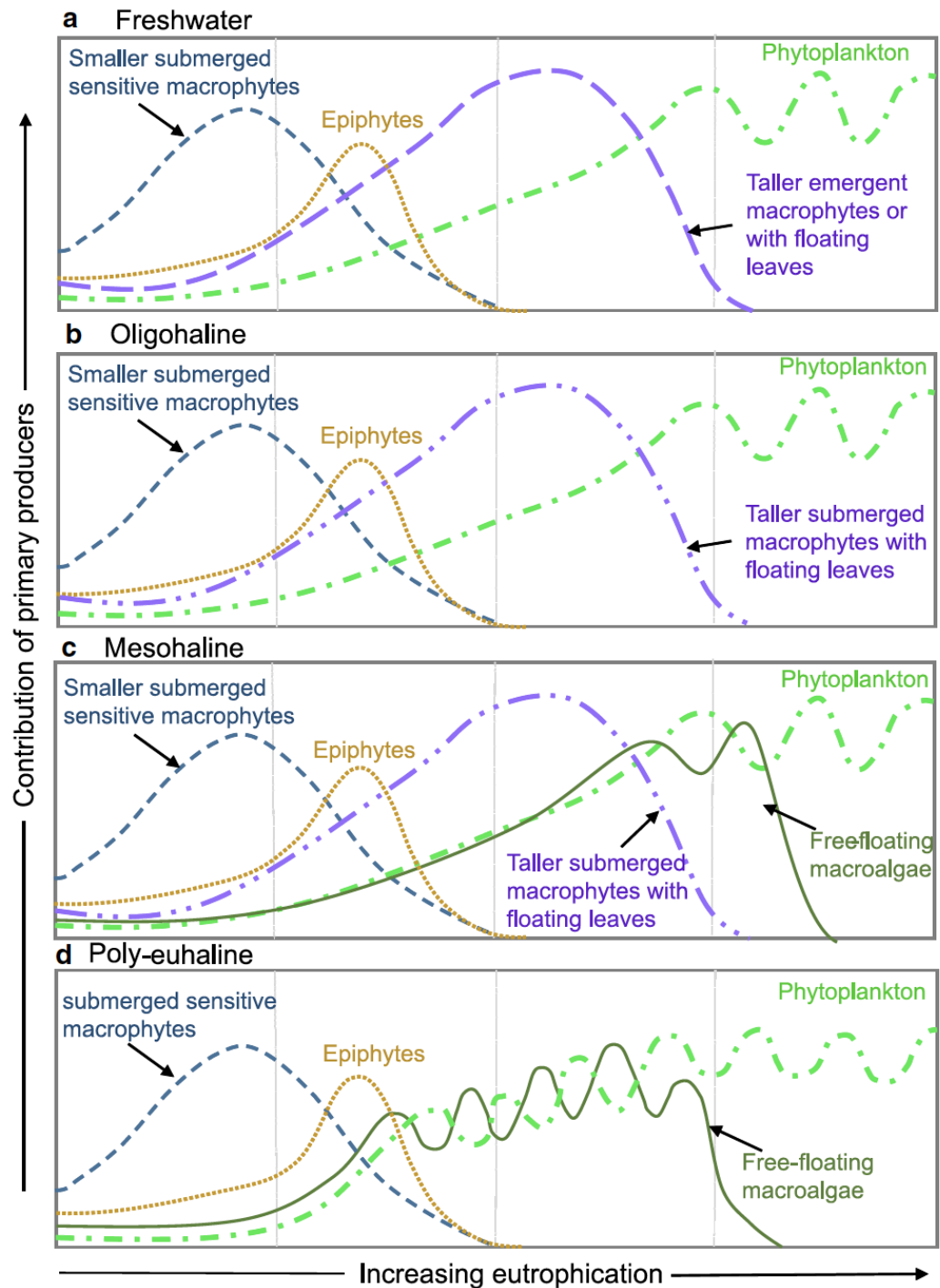
Domaine Marin



Zostère naine  
*Zostera noltii*



Grande Zostère  
*Zostera marina*



Potamo-  
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

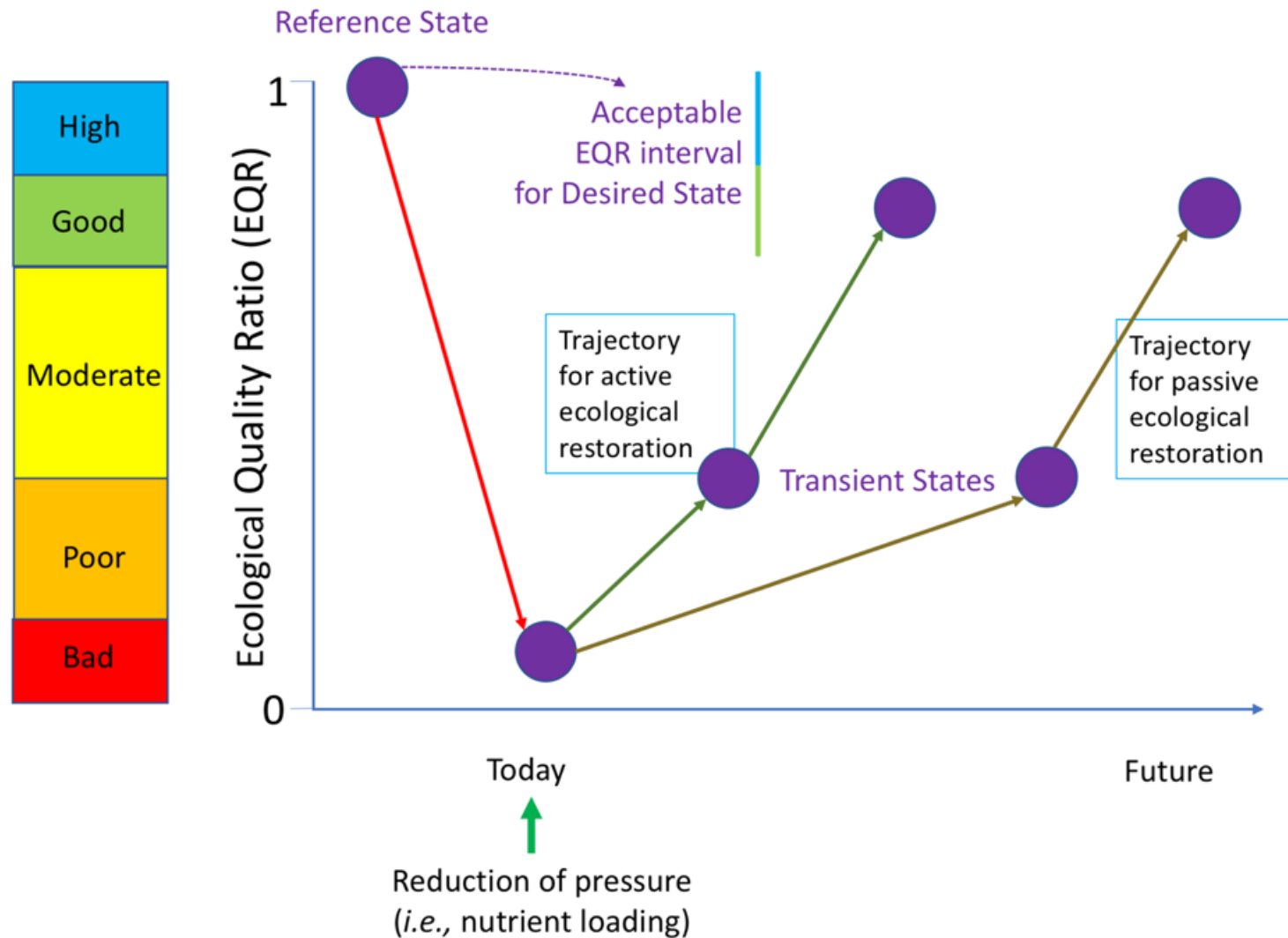
Ecohydrologie,  
Ecologie de la restauration

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 ?

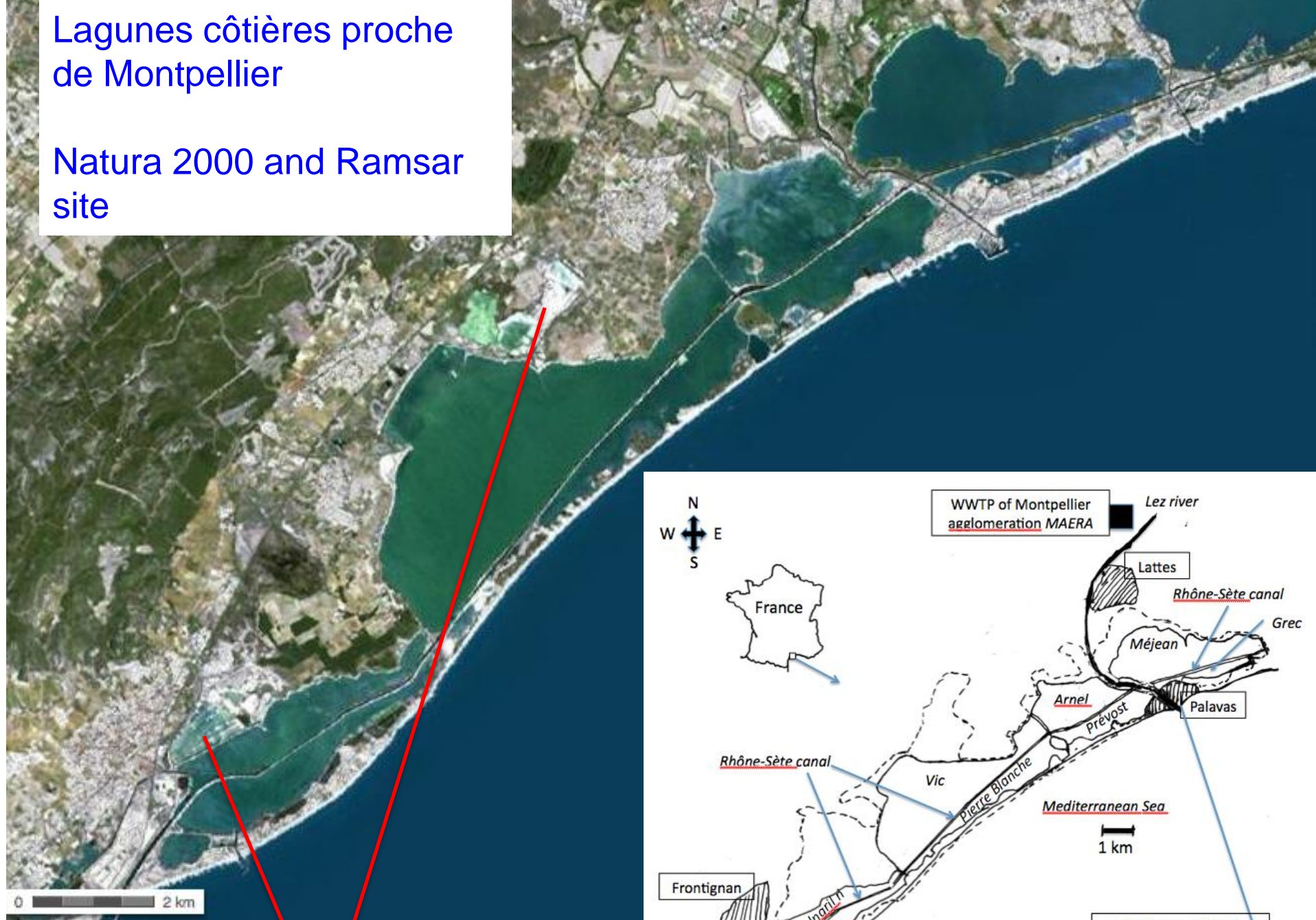


Feuille de route pour la restauration écologique des lagunes placée dans le contexte de la Directive Cadre Eau (reconquête du bon état écologique)

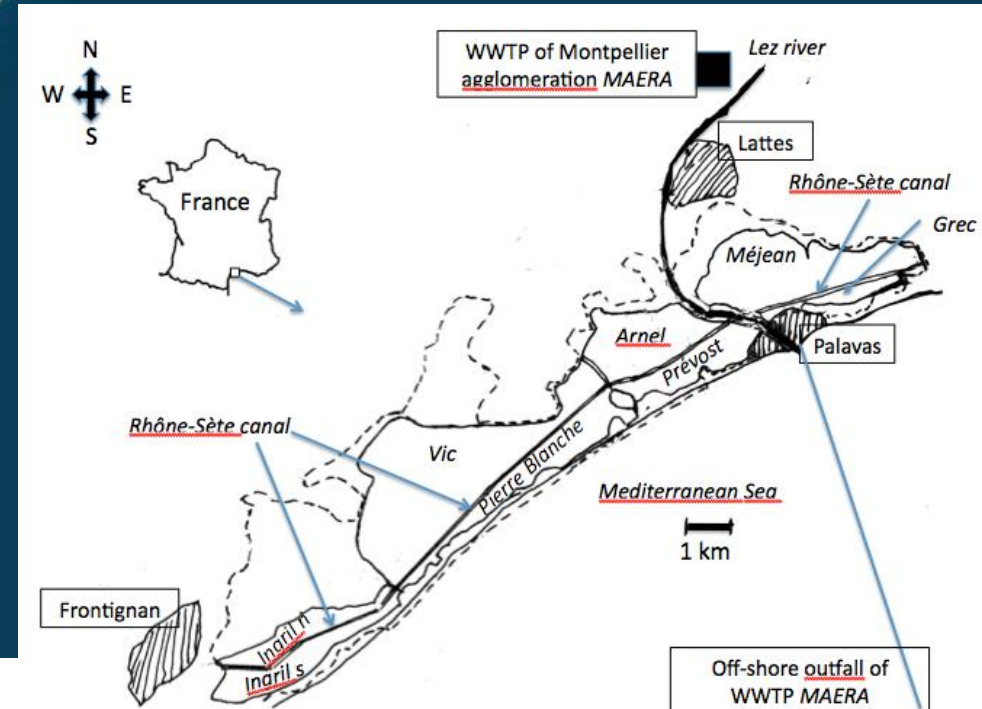
De Wit et al., 2020

Lagunes côtières proche  
de Montpellier

Natura 2000 and Ramsar  
site

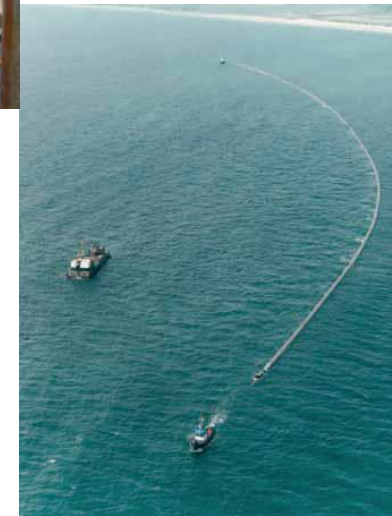
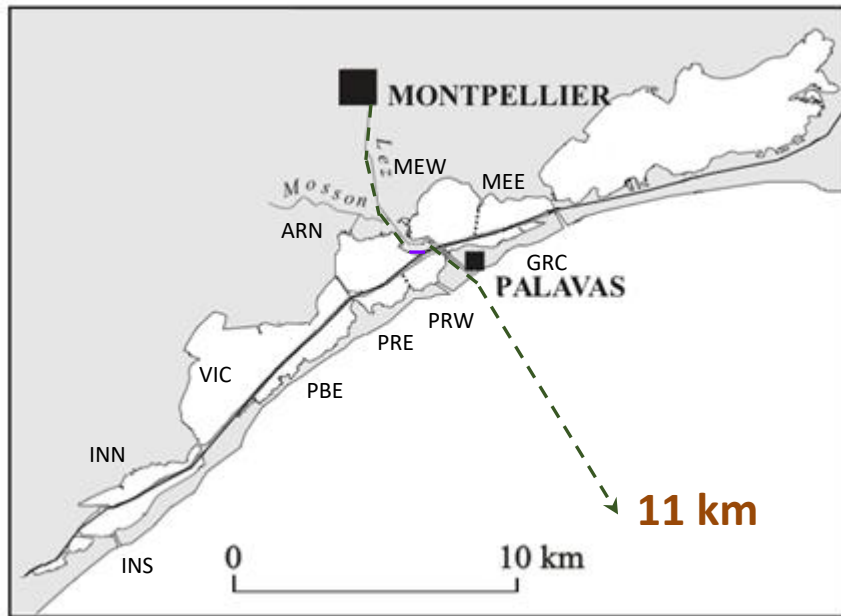


Salins (Anglais : Salinas) abandonnés





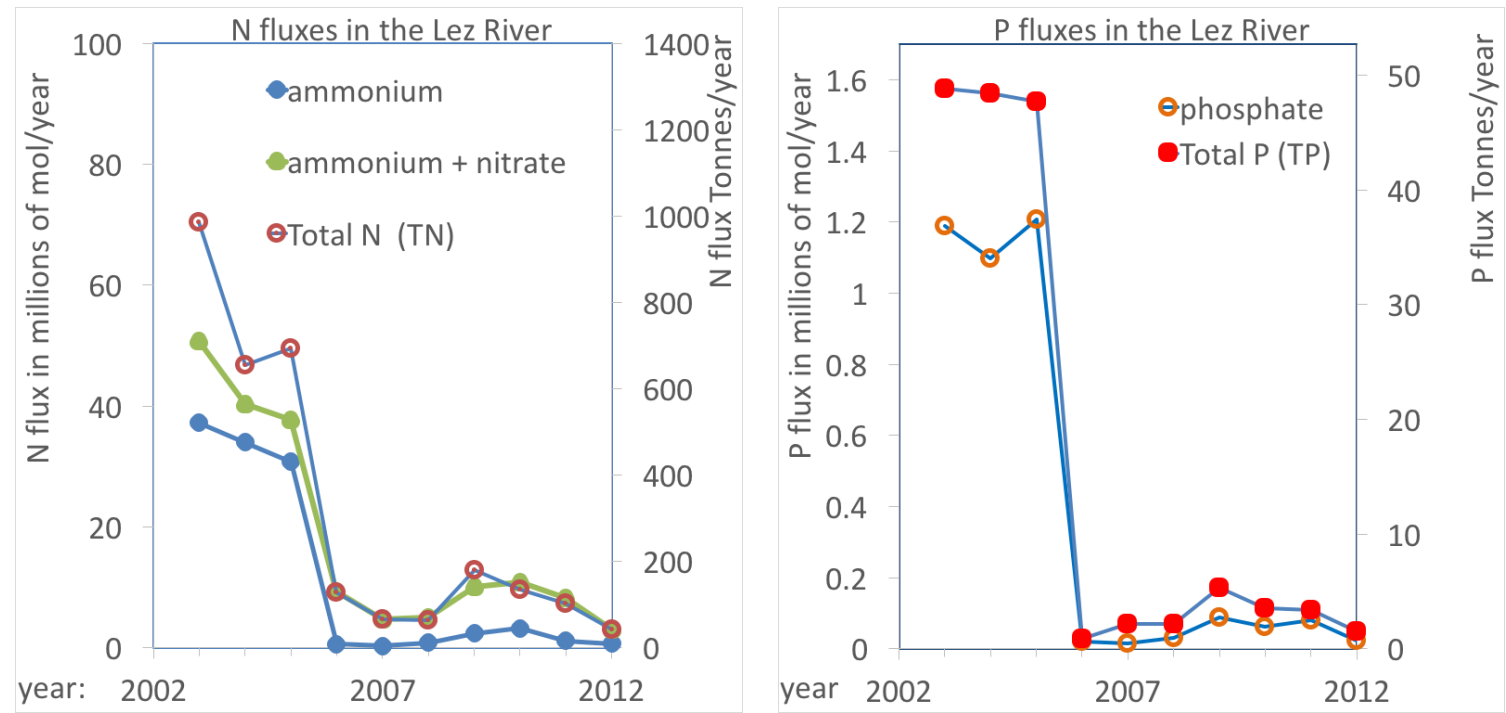
# Coûts d'un projet de restauration écologique (ensemble des lagunes palavasiennes)



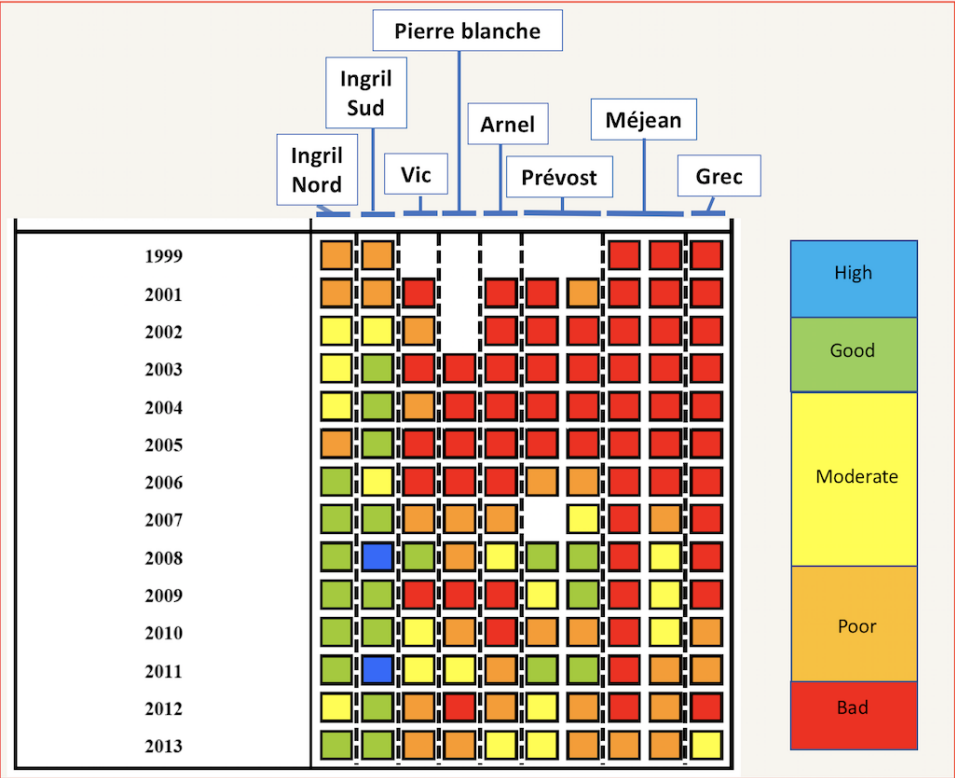
**Coûts 150 M€, Après 2006 réduction des entrants -** N: 68 % P: 59 %

Source : Meinesz et al., 2014

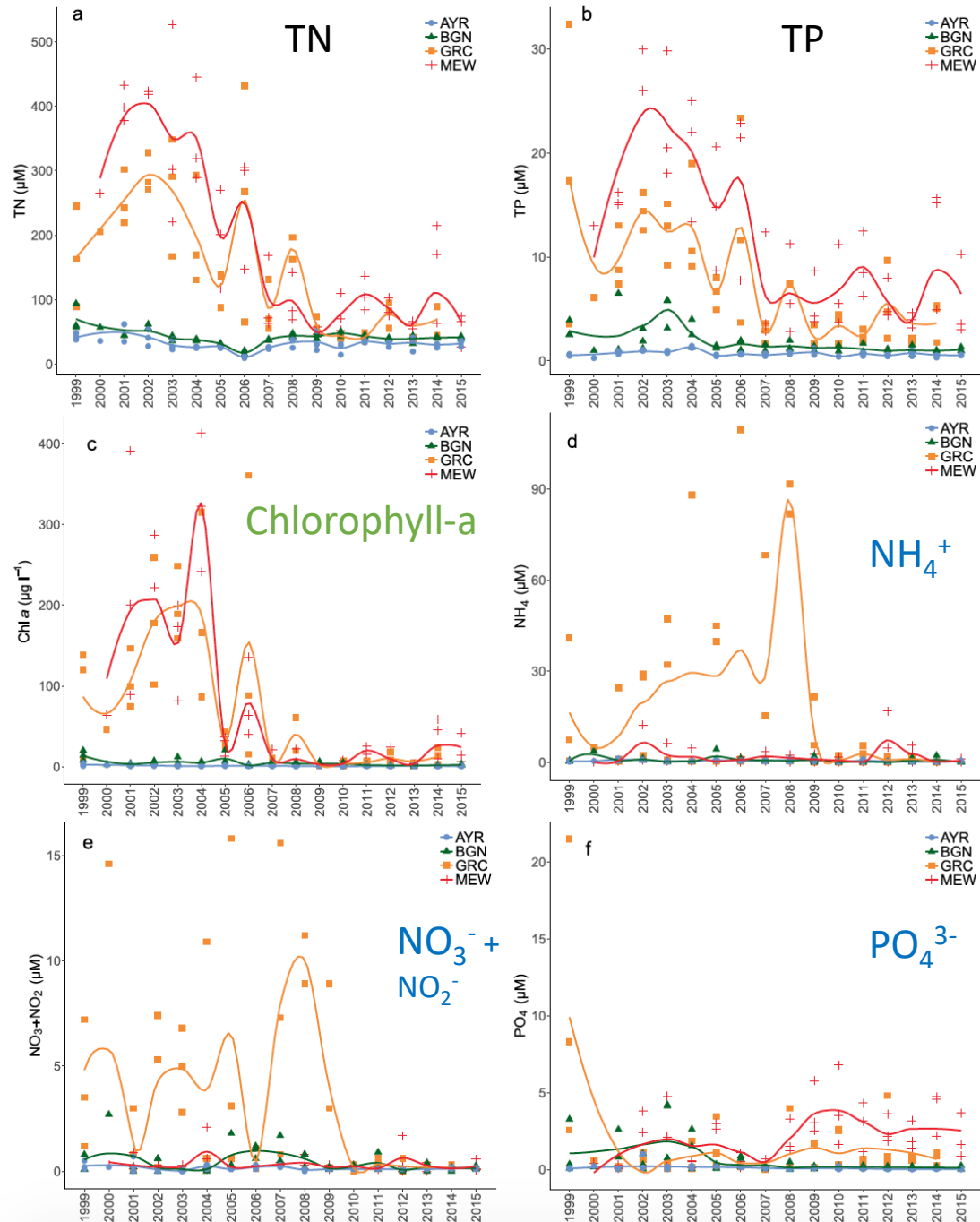
# N et P charrié par le Lez :



## Indicateurs eutrophisation dans les lagunes du complexe Palavasien :



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



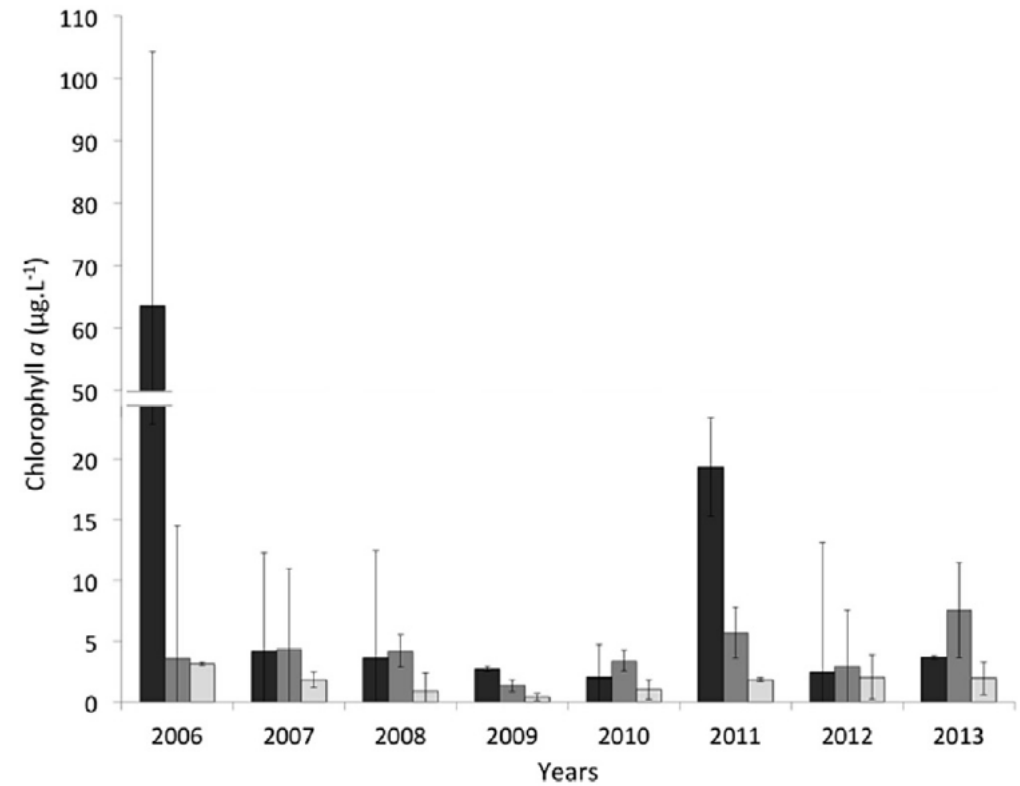
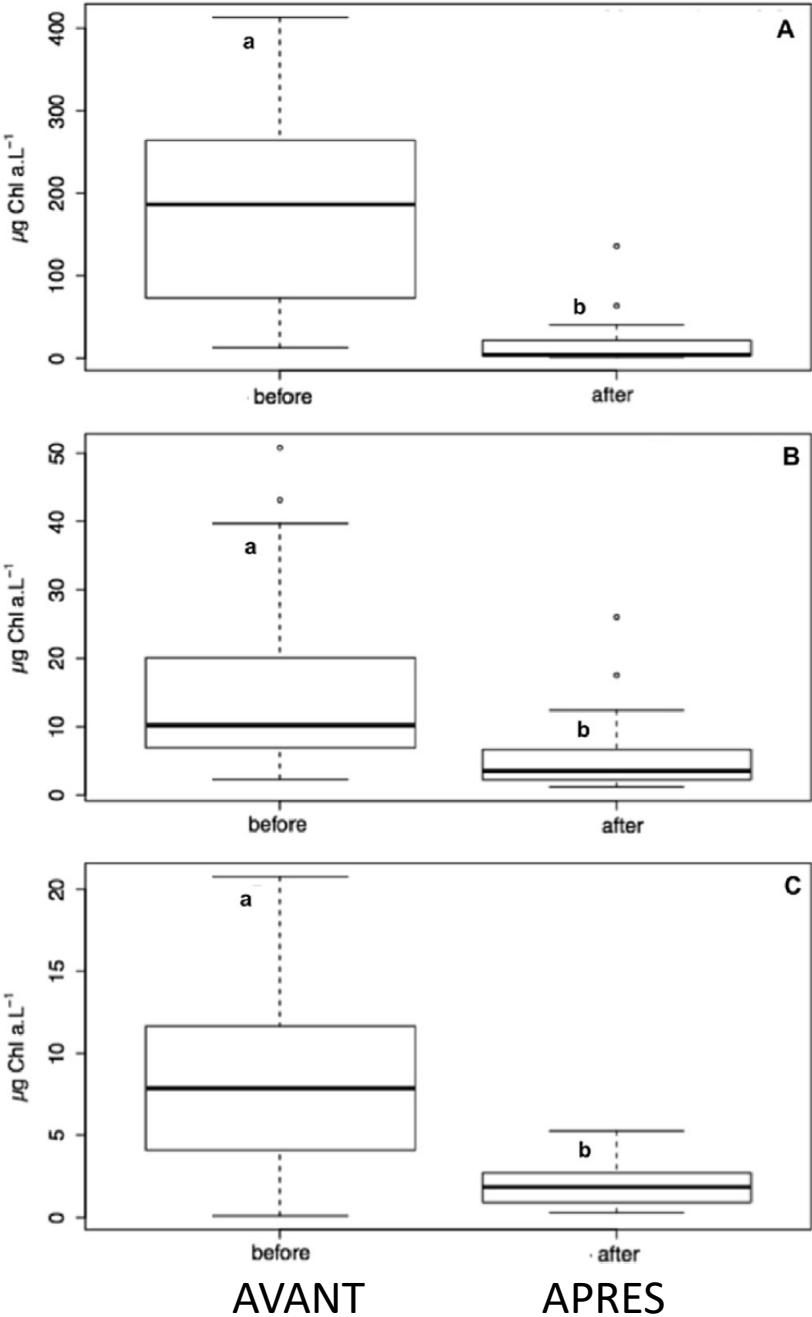
- Et. Ayrolle
- Et. Bages-Sigean (station N)
- Et. le Grec
- Et. Méjean (station W)

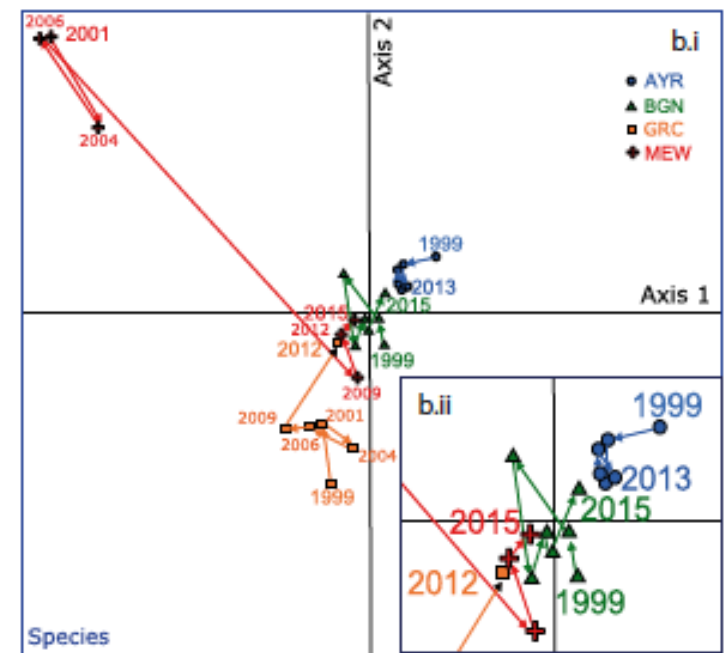
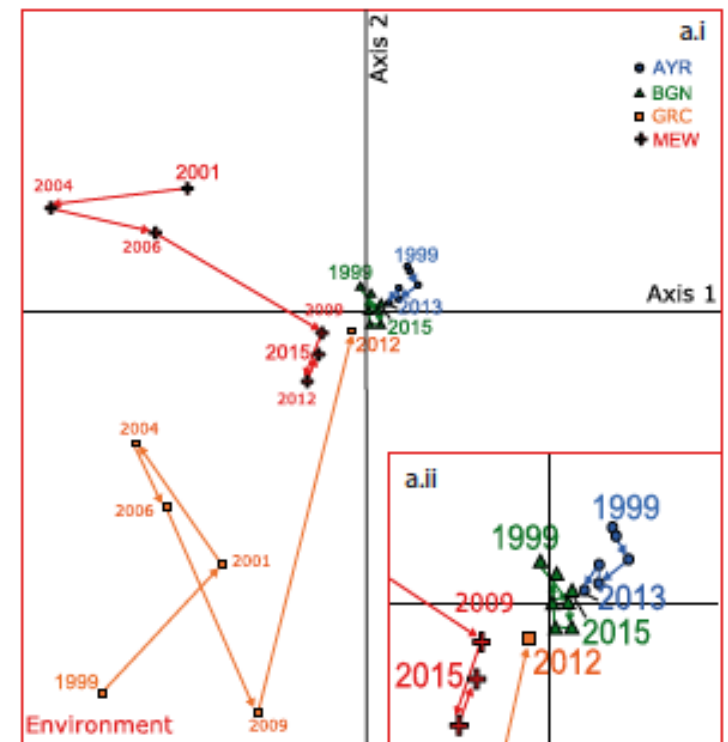
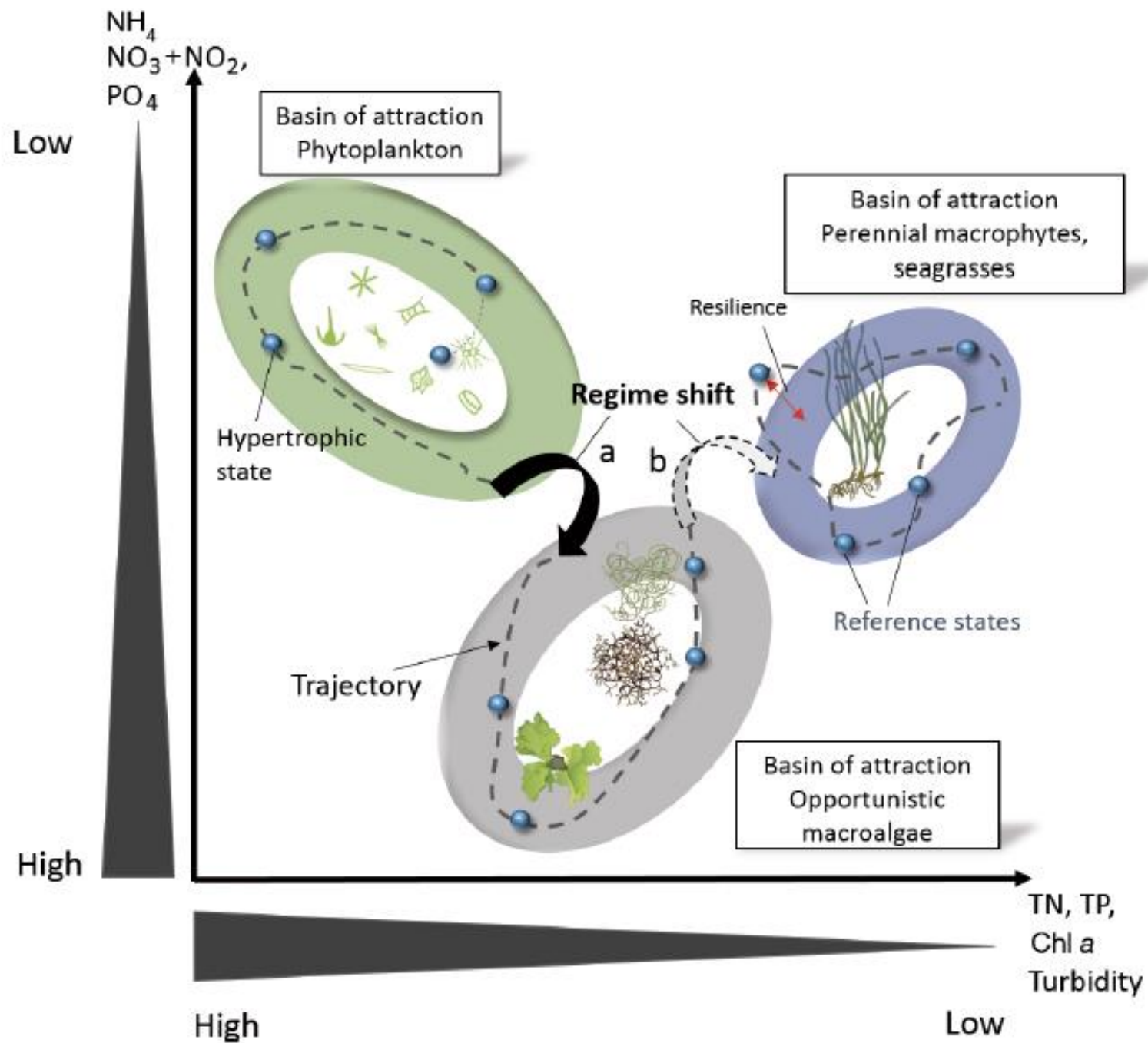
Le Fur et al., 2019



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

A= Et. Méjean (hypertrophe)  
B= Et. de Vic (eutrophe)  
C= Et. d'Ingril (mesotrophe)





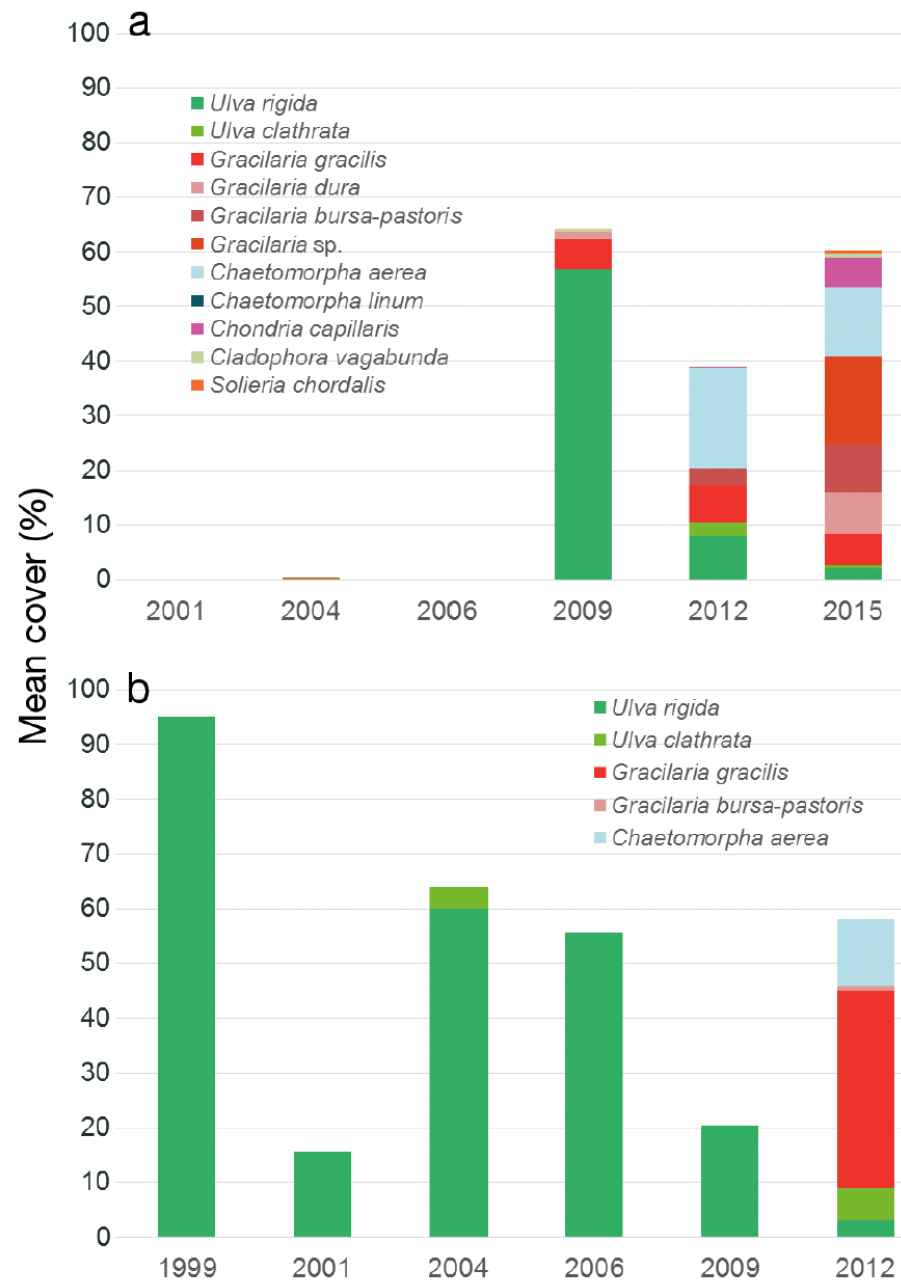


Fig. 7. Change in the mean cover (%) of macrophyte species over time in (a) Méjean West (MEW) and (b) Grec (GRC)

Dominance de macroalgues pendant la phase de transition

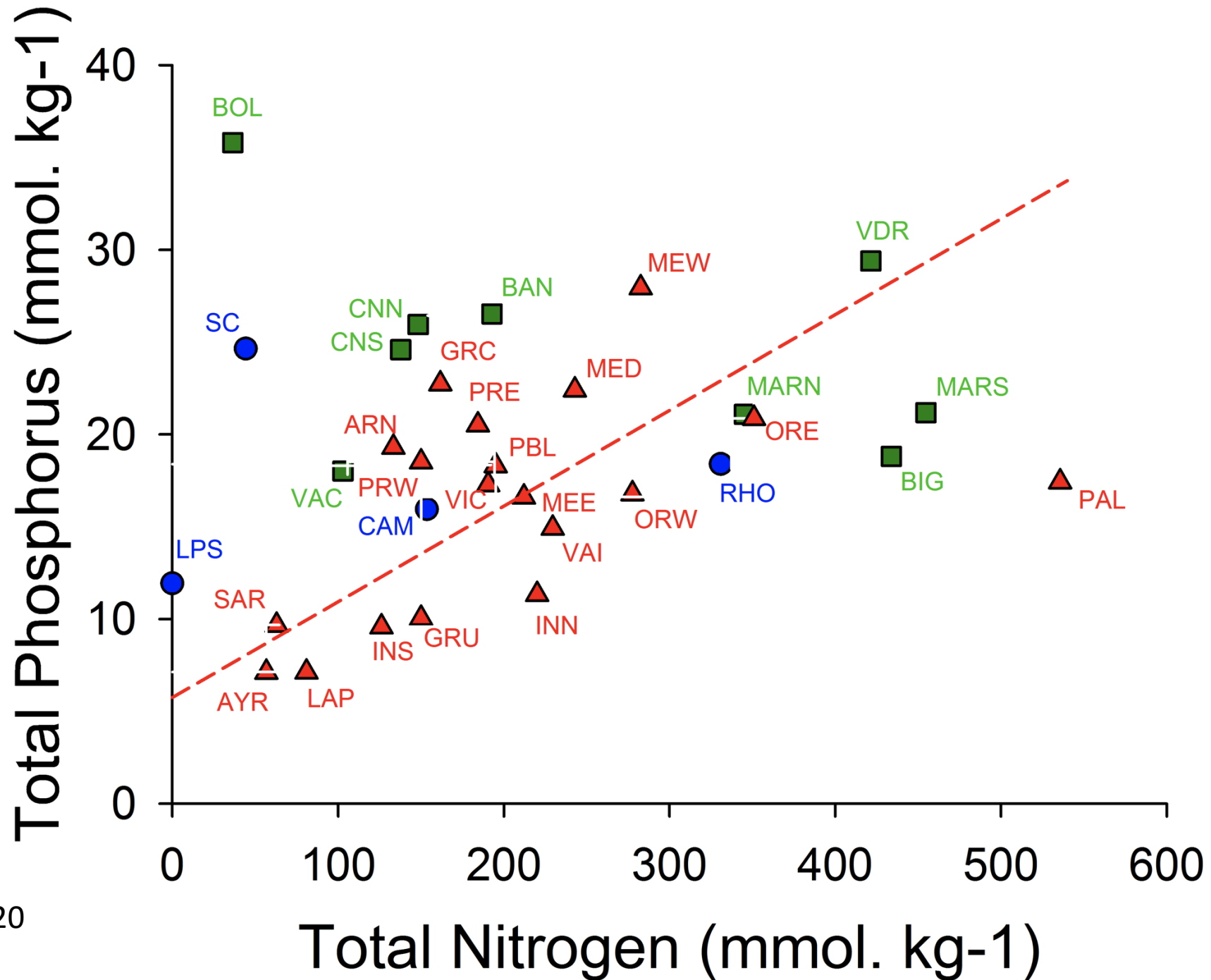
Plus particulièrement les espèces qui couvrent les fonds

*Gracilaria* sp.

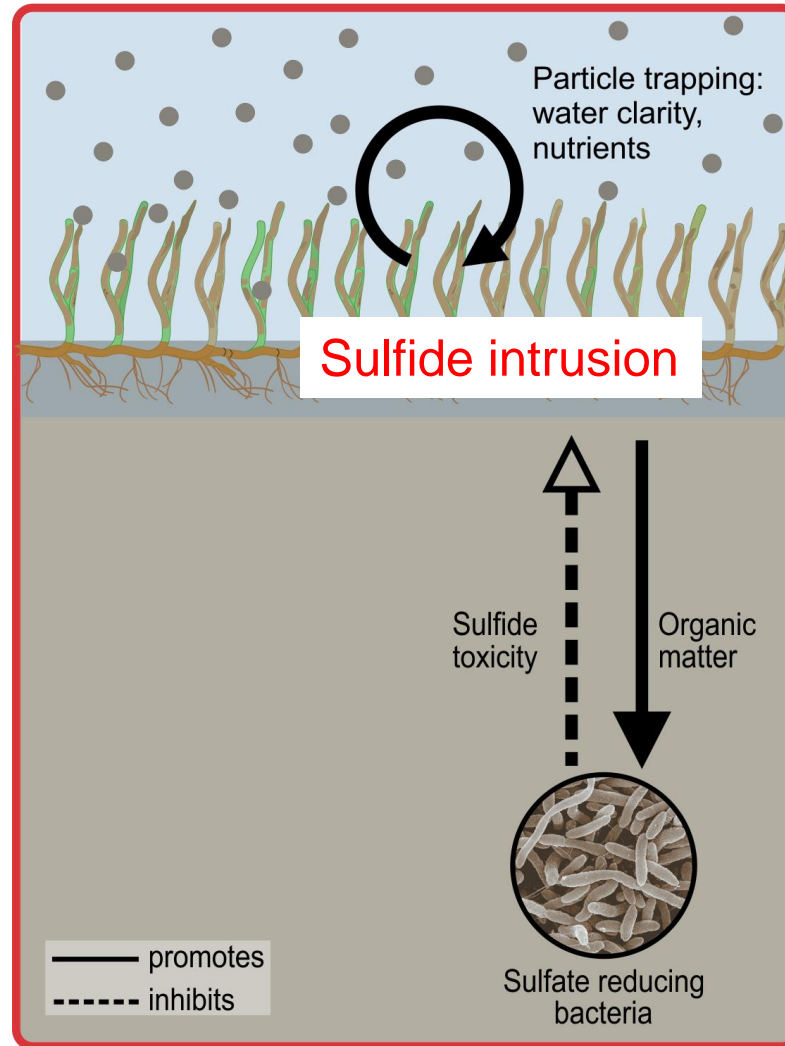
*Chaetomorpha* sp.

Le Fur et al., 2019





# La communauté des angiospermes 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

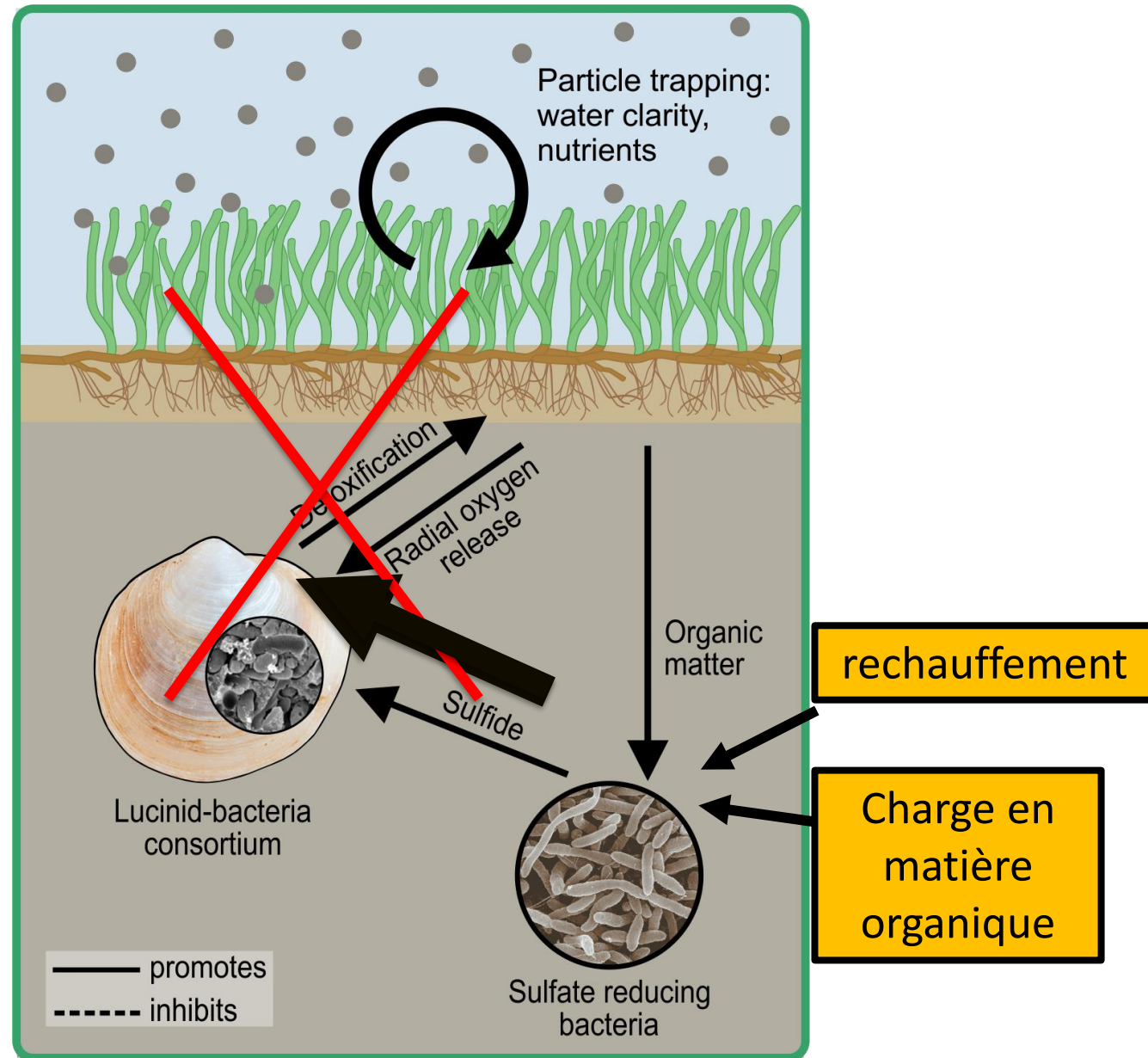
**Rétroactions positives et négatives!**

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

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

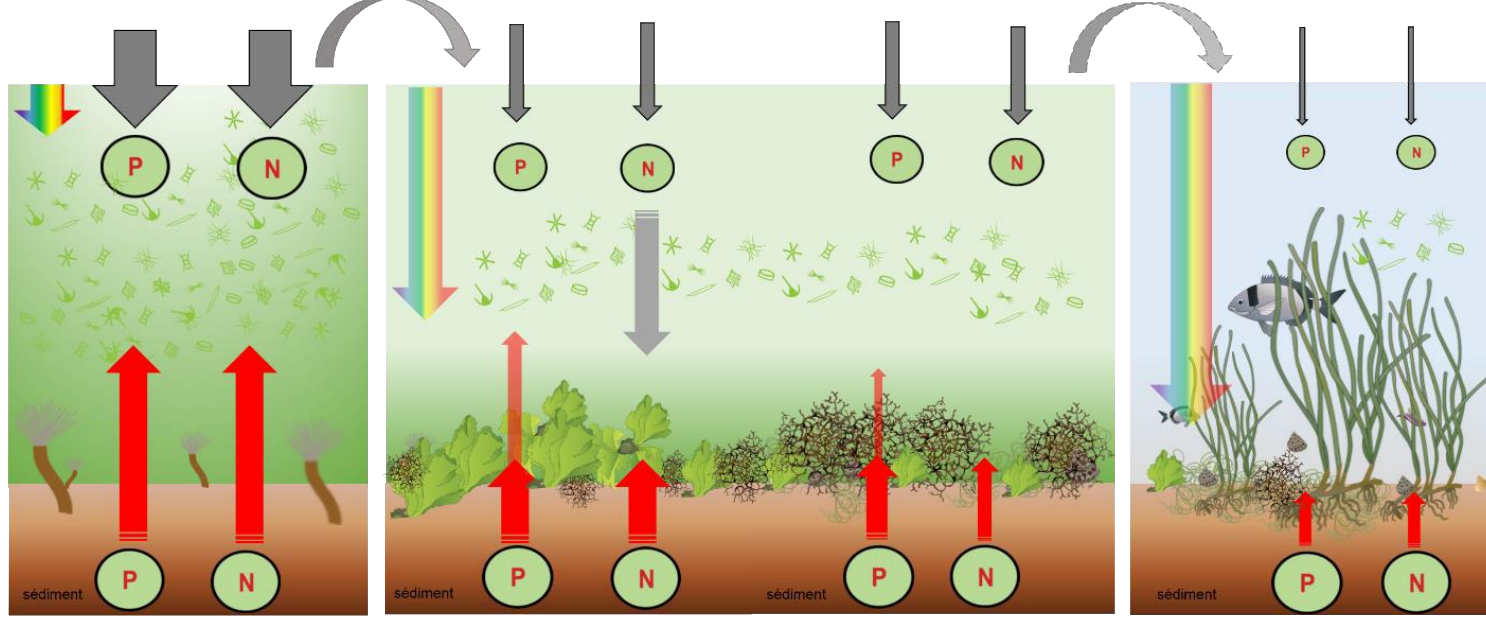
Van der Geest *et al.*  
(Frontiers in marine science)

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



Rétroaction négative atténué par la détoxification 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

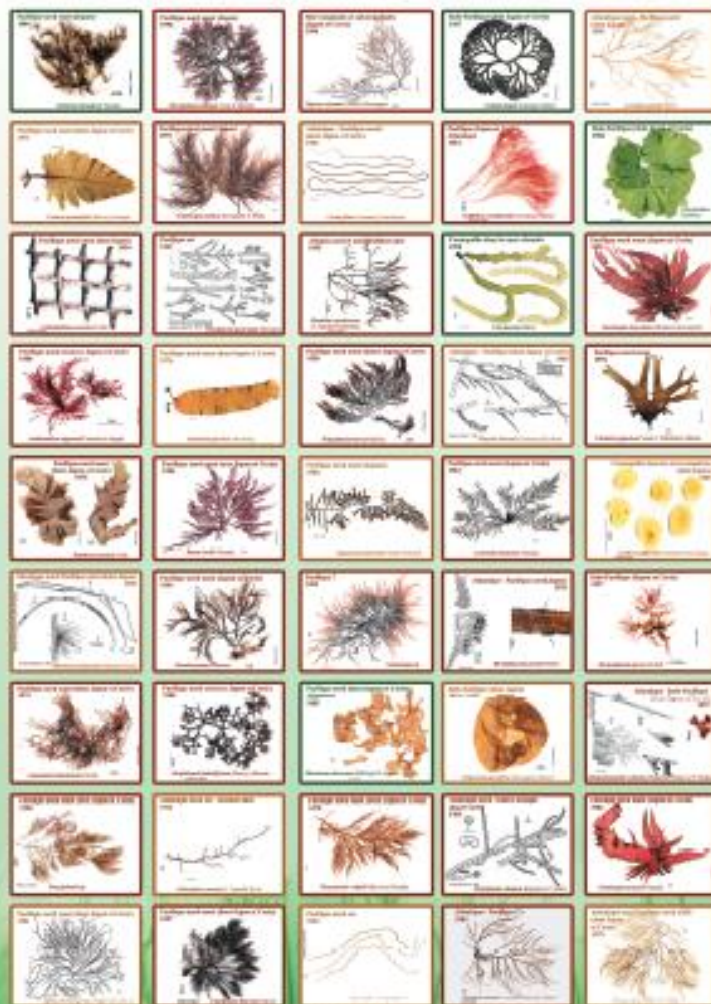
## Restauration écologique des lagunes côtières par voie d'oligotrophisation

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



Algues vertes  
Algues rouges  
Algues brunes

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

Charles F. Boudouresque<sup>1</sup>, Judith Klein<sup>1</sup>, Sandrine Ruitton<sup>1,2</sup> and Marc Verlaque<sup>1</sup>

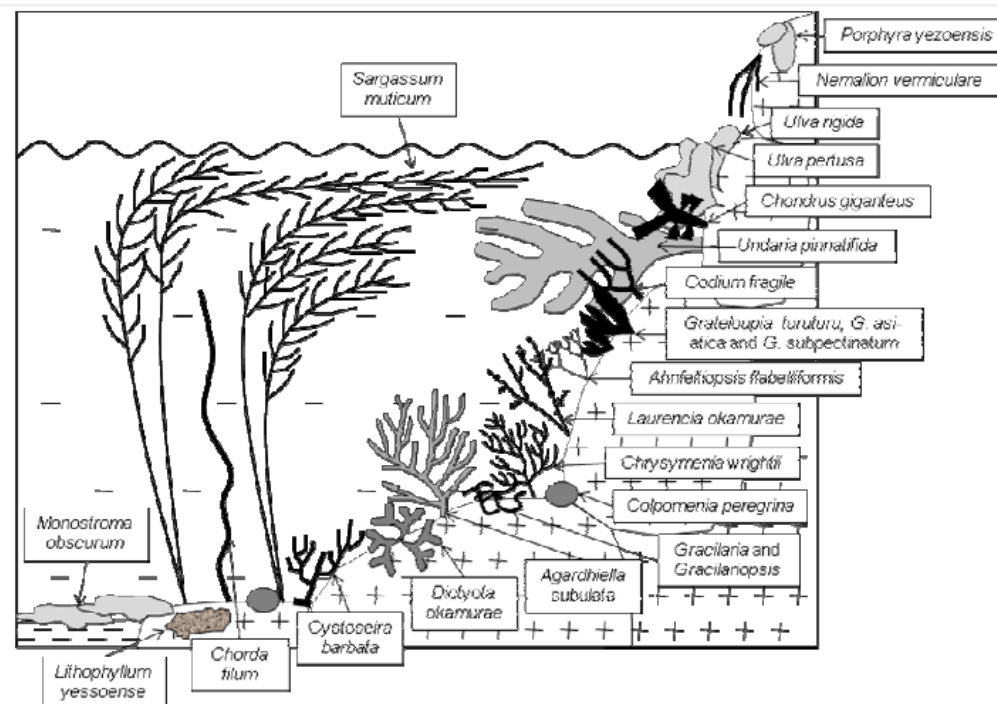
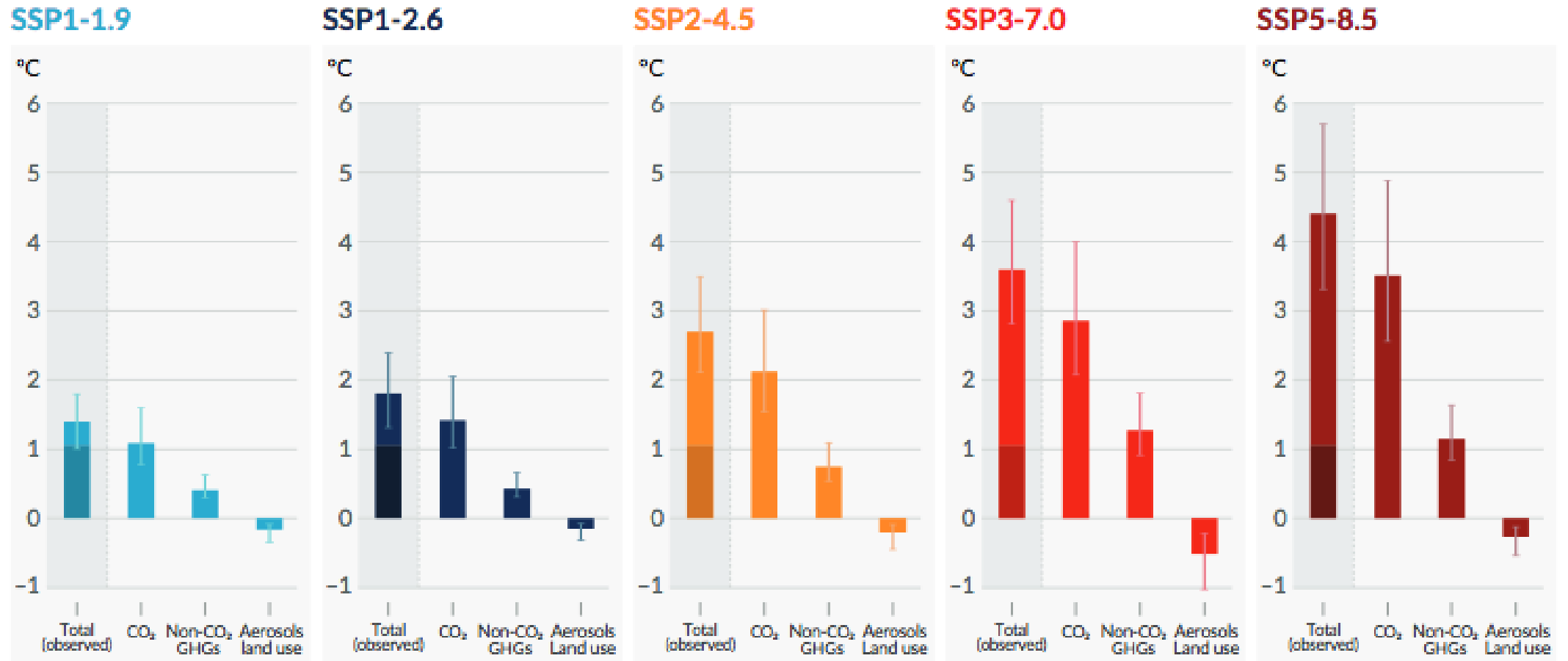


Figure 3. A sketch of the dominant macrophytes on shallow (down to 1 m depth) rocky substrates of the Thau Lagoon, in spring. Only one species, *Cystoseira barbata*, is certainly native.

121 espèces natives, 58 espèces introduites

**(b) Contribution to global surface temperature increase from different emissions, with a dominant role of CO<sub>2</sub> emissions**

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



Total warming (observed warming to date in darker shade), warming from CO<sub>2</sub>, warming from non-CO<sub>2</sub> 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

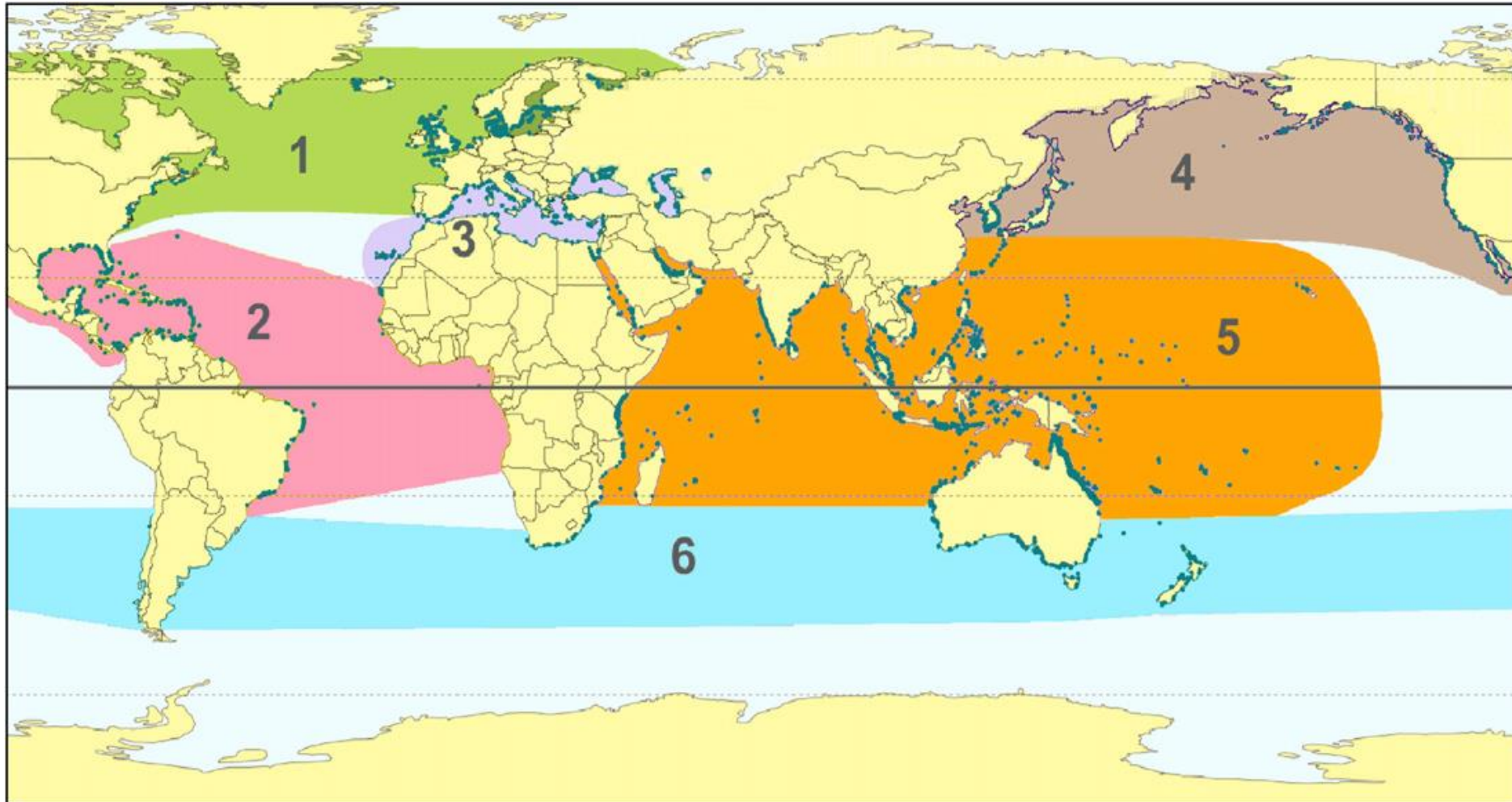


Zostère naine  
*Zostera noltii*



Grande Zostère  
*Zostera marina*





Temperate North  
Atlantic :

*Zostera marina*

*Zostera noltei*

Mediterranean :

*Zostera noltei*

*Cymodocea nodosa*

Partout :

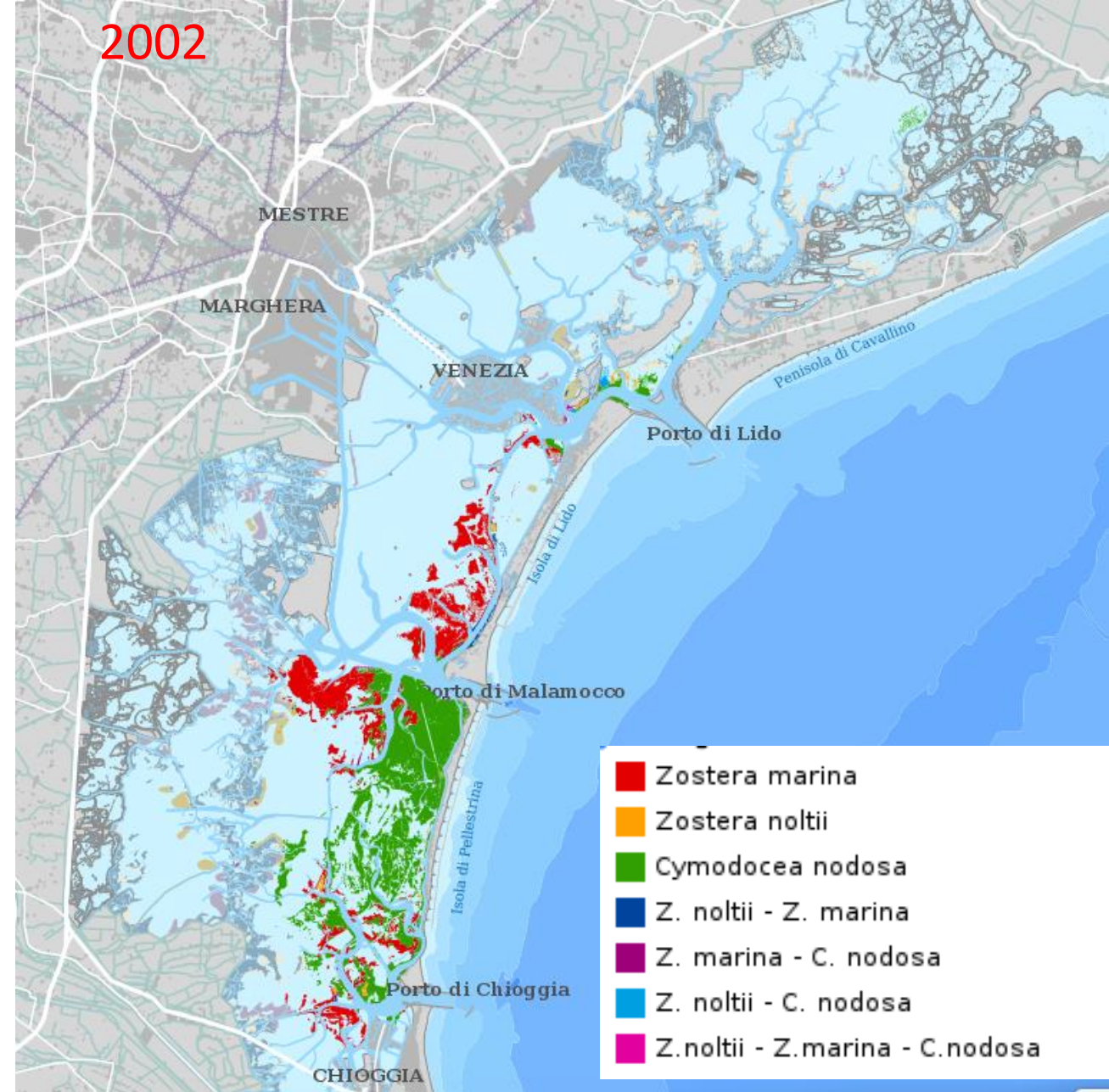
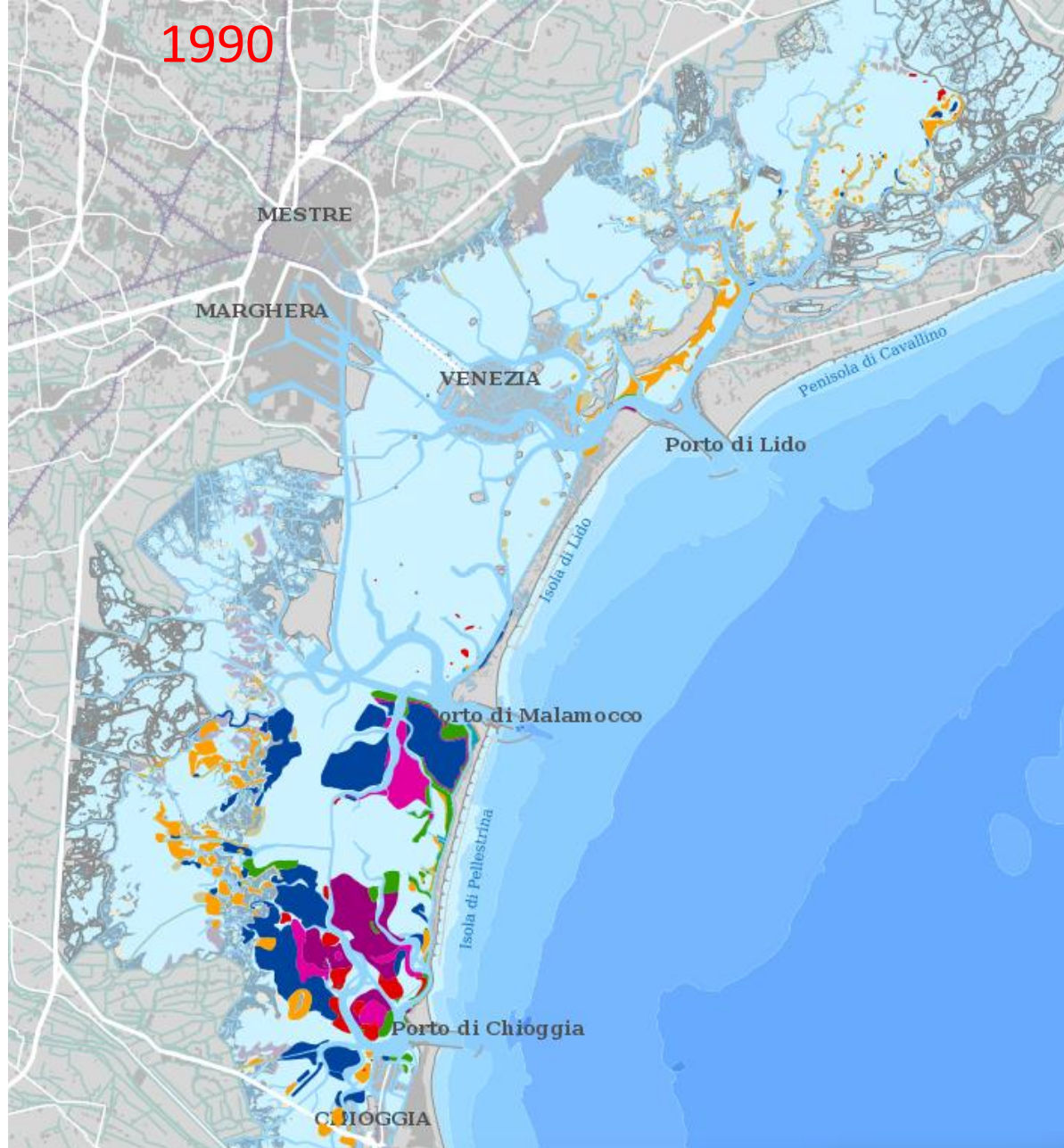
*Ruppia sp.*

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)

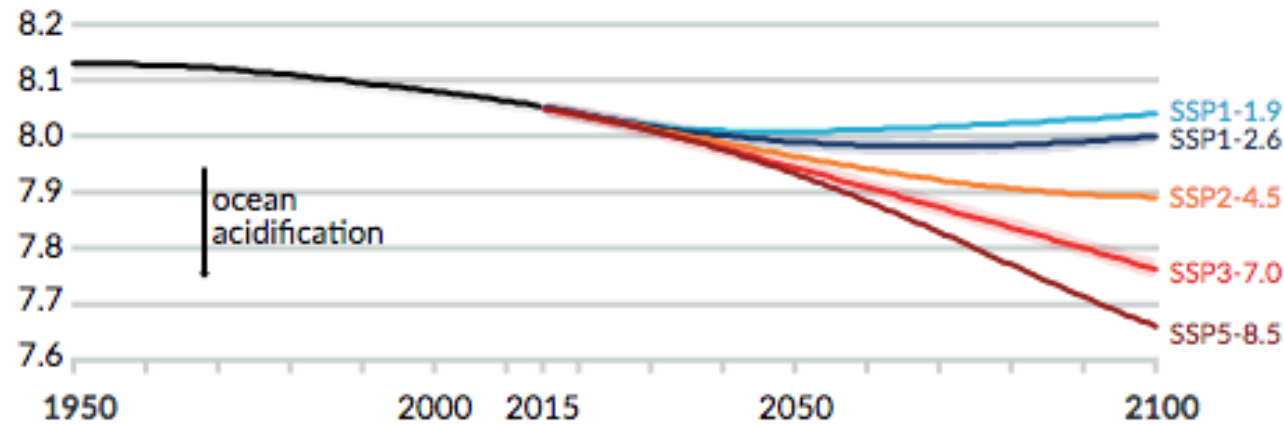




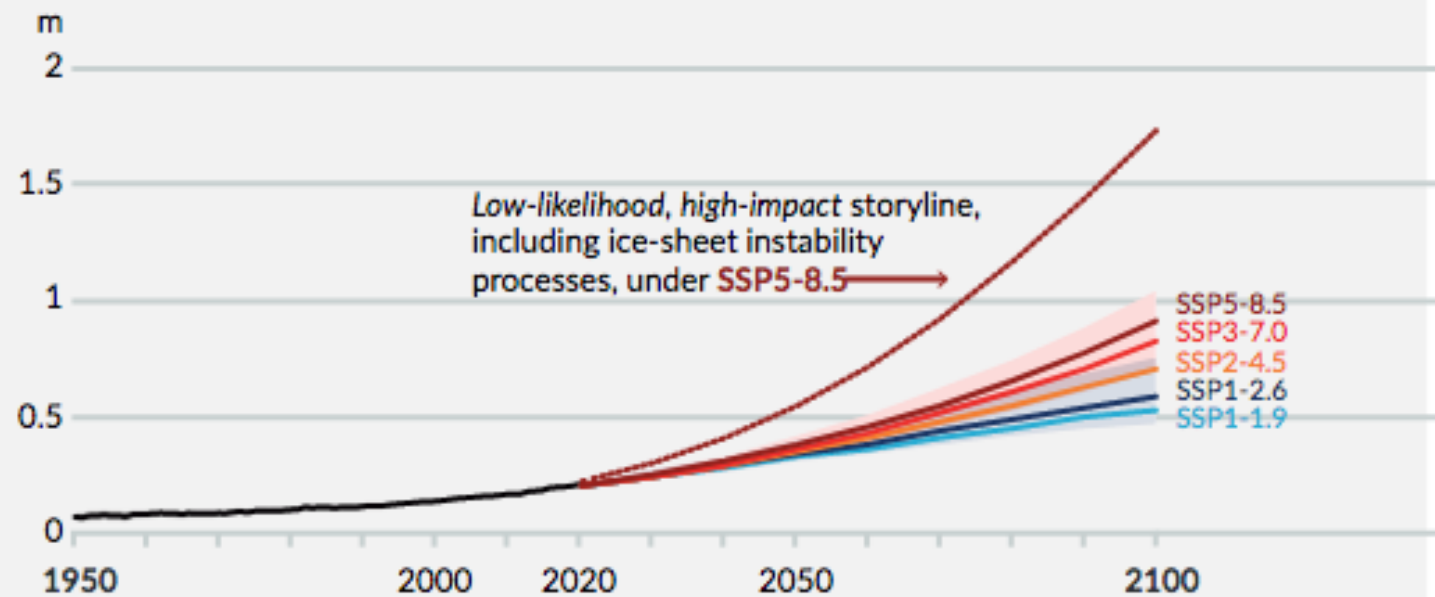


angiospermes marins (plantes à fleurs) – Lagune de Venise

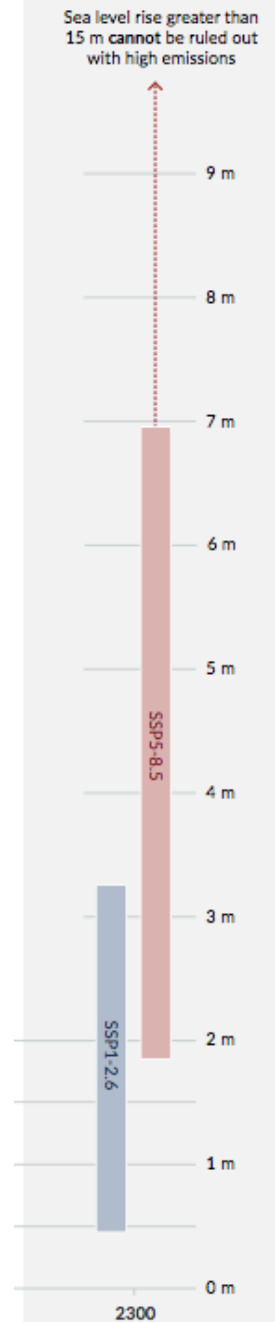
(c) Global ocean surface pH (a measure of acidity)



(d) Global mean sea level change relative to 1900



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



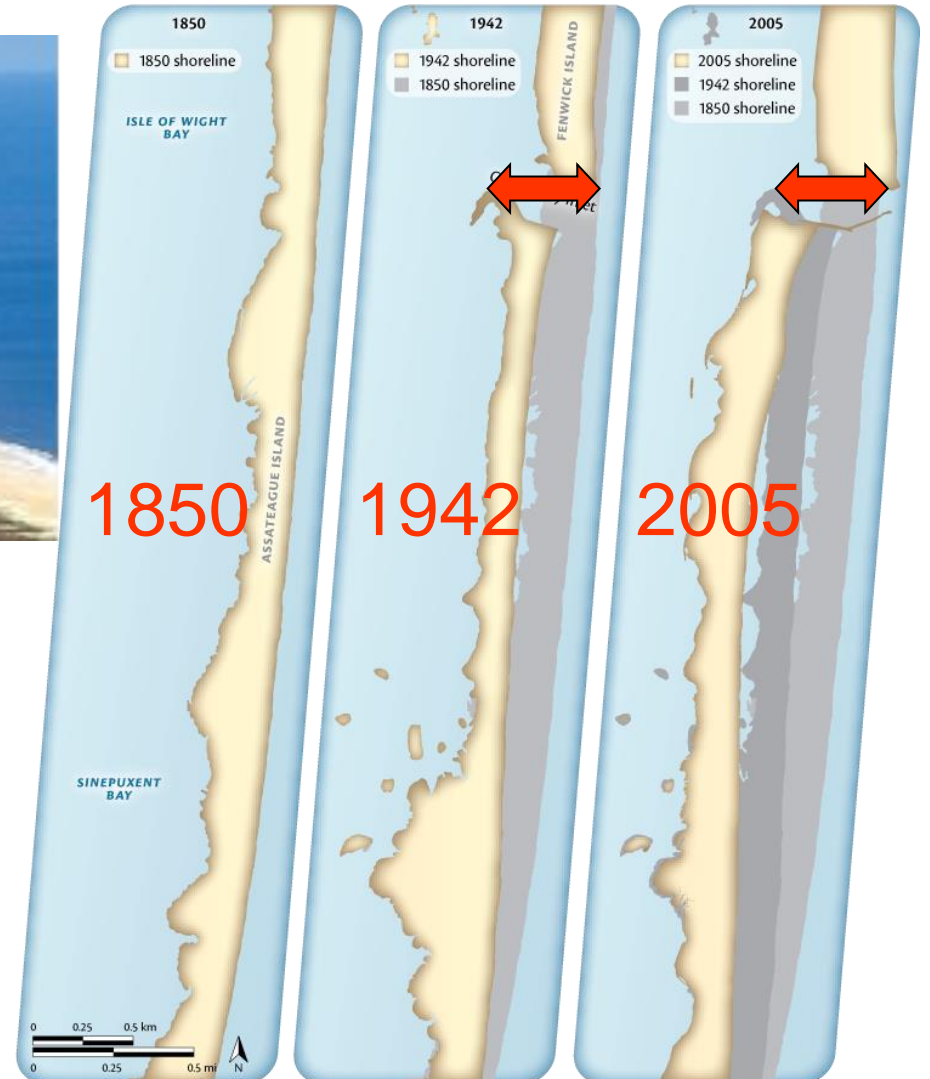


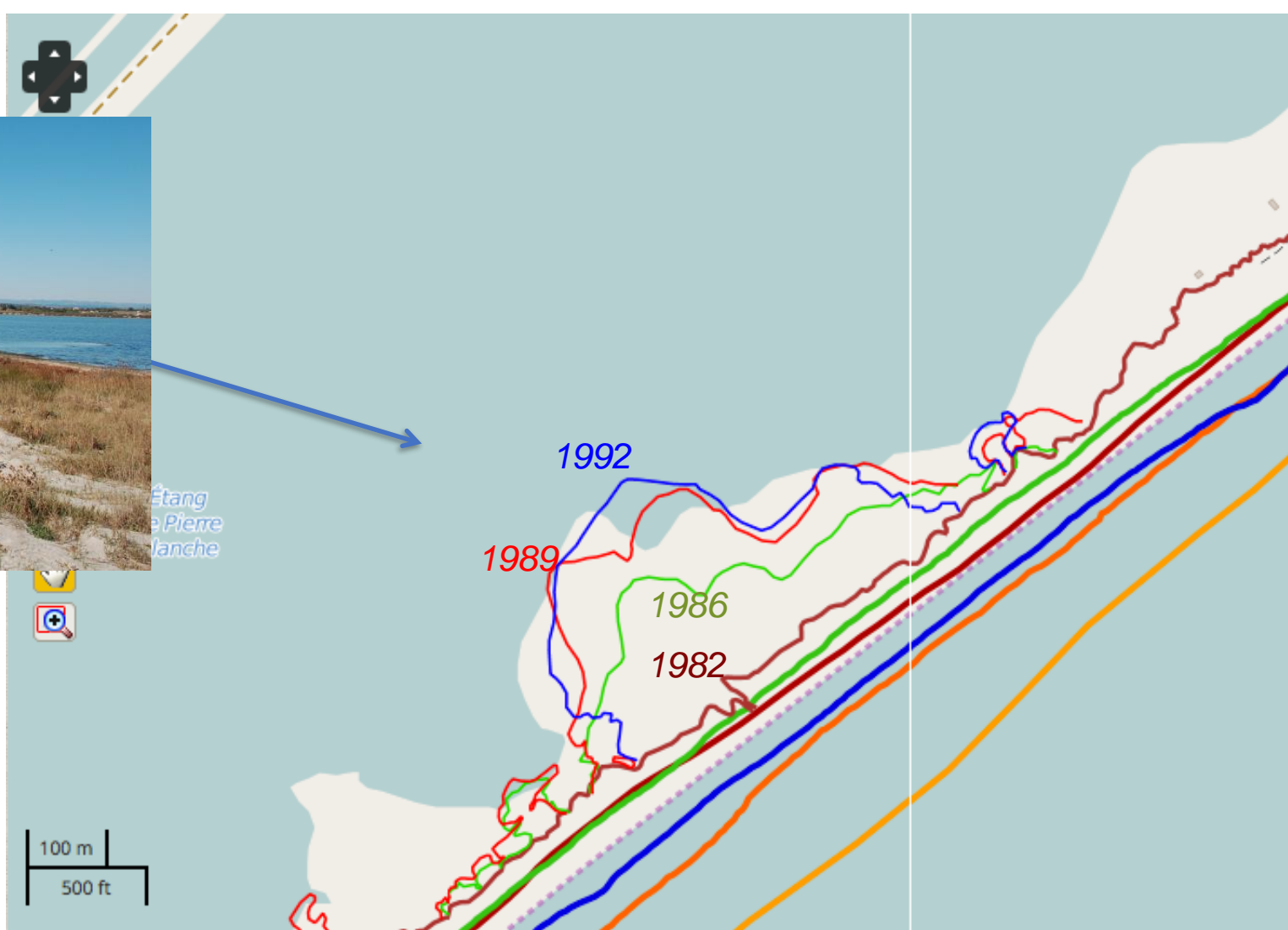
Un lido naturel “s’adapte” à la montée du niveau de la mer (migration inshore), un lido urbanisé est figé et vulnérable (exemples Assateague Island et Ocean City, Maryland, USA).



Courtesy D.W. Dennison

The evolution of Fenwick & Assateague Islands, 1850–2005





2000  
2009

Source données OSU-OREME :  
[www.soltc.org](http://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 adaptative, 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.



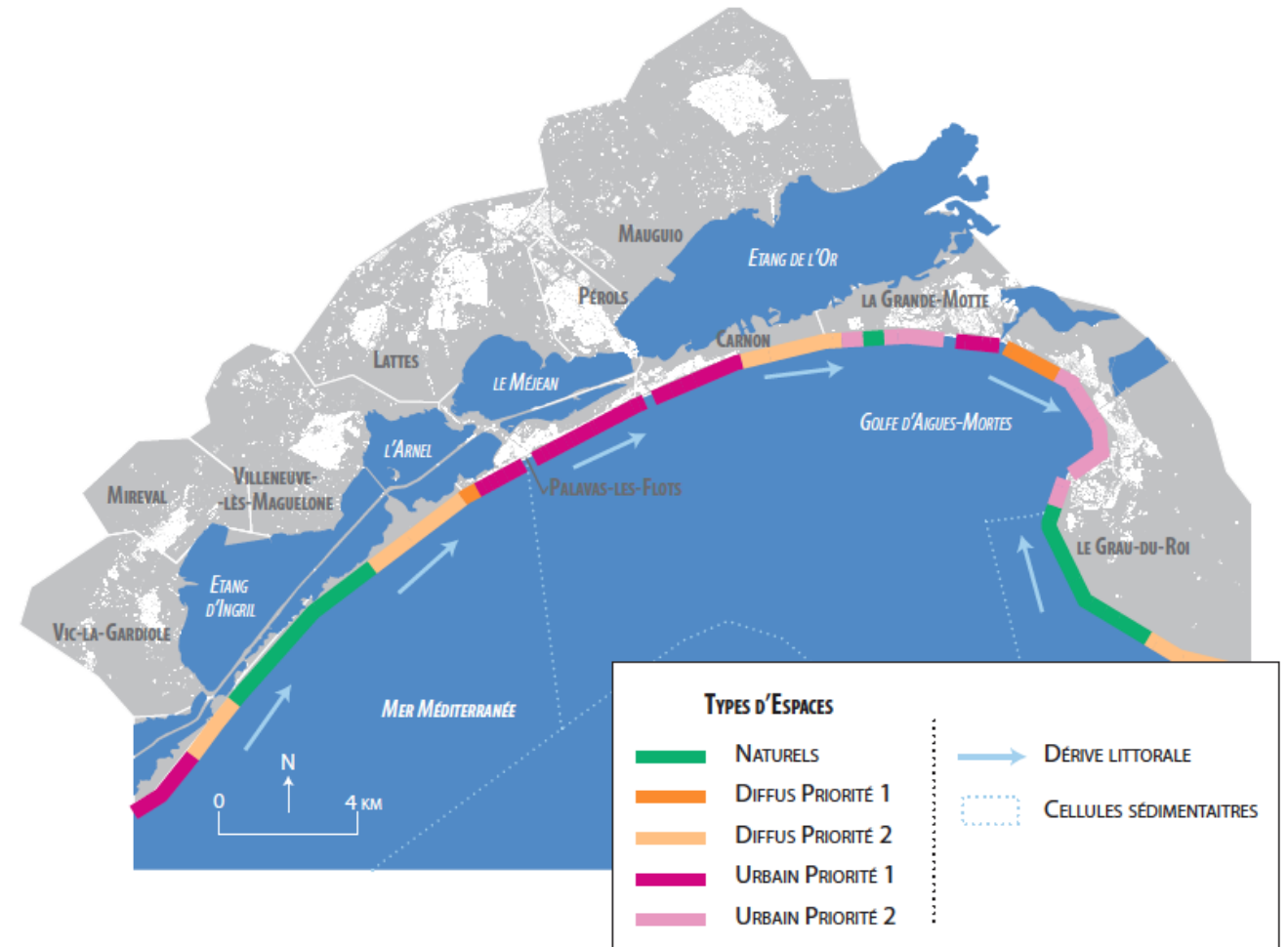
# Maguelone



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€

Financement :



SIVOM  
32 %



État  
19 %



FEDER  
18 %



Département  
de l'Hérault  
16 %

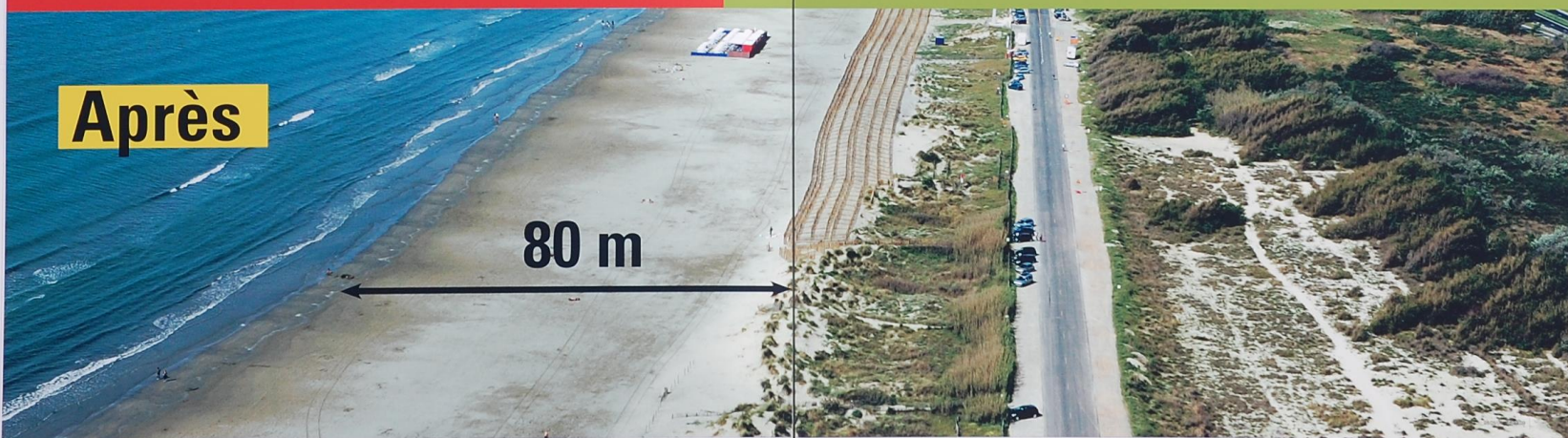


Région  
15 %

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

## Le réensablement de la plage du Petit et du Grand Travers

**Après**





# 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, *barenas* 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

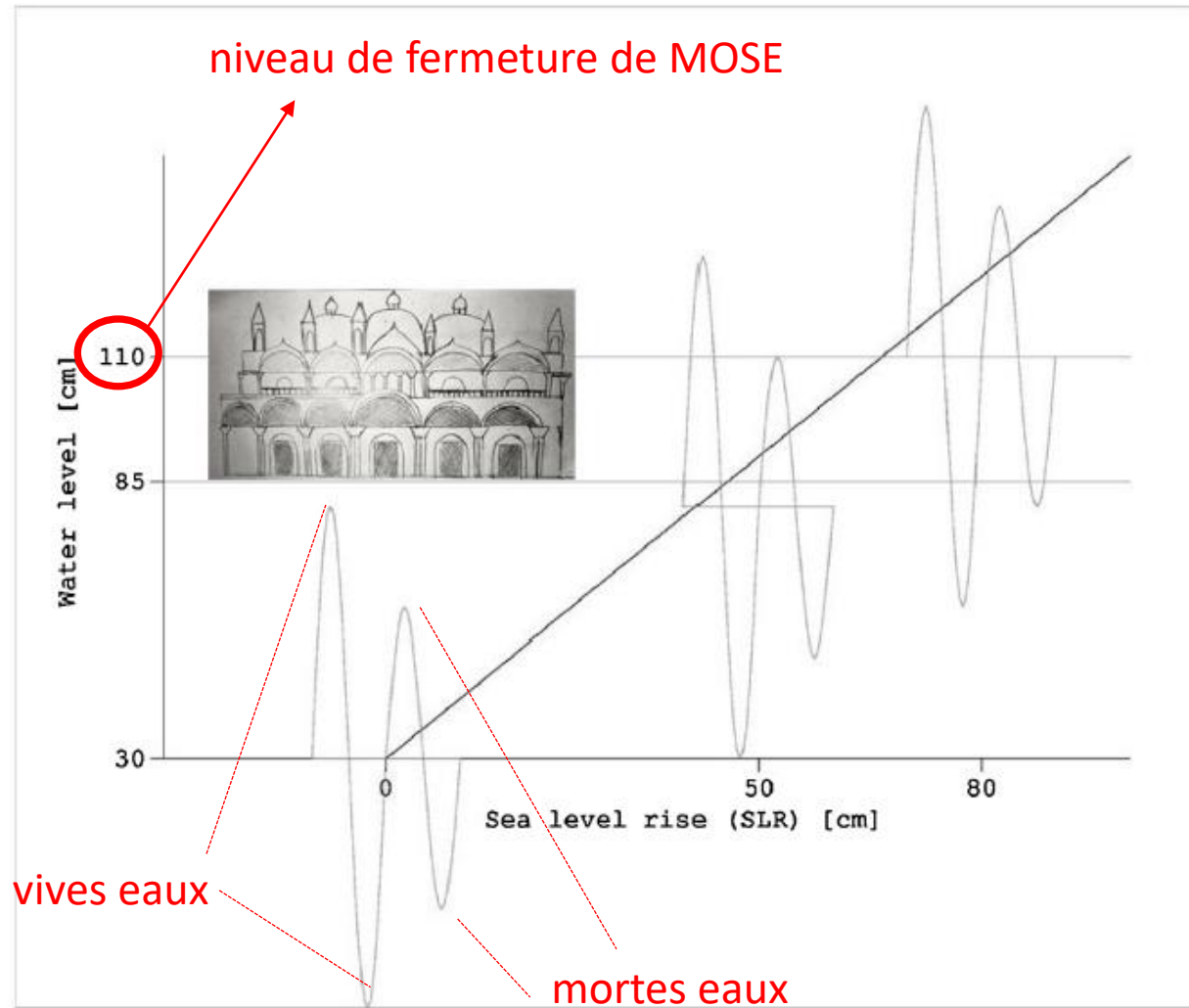




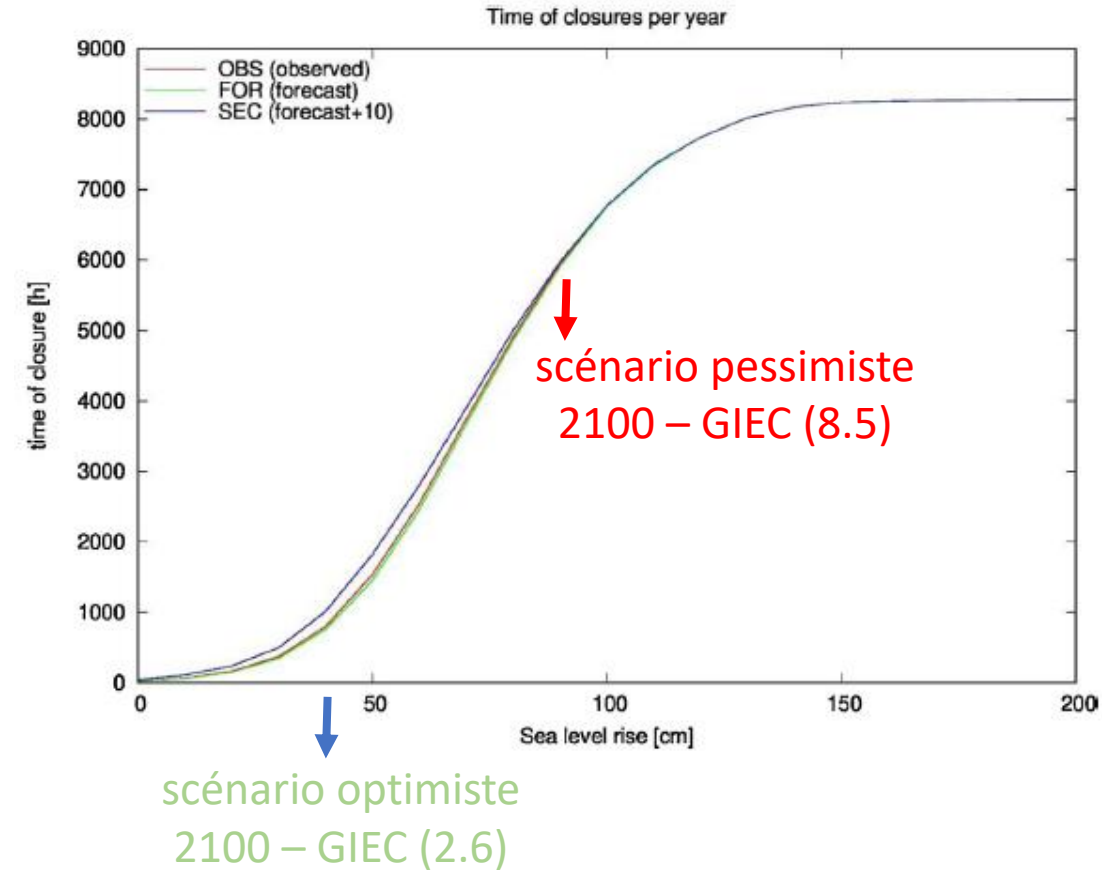


Bateau Pick-up (MOSE)





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

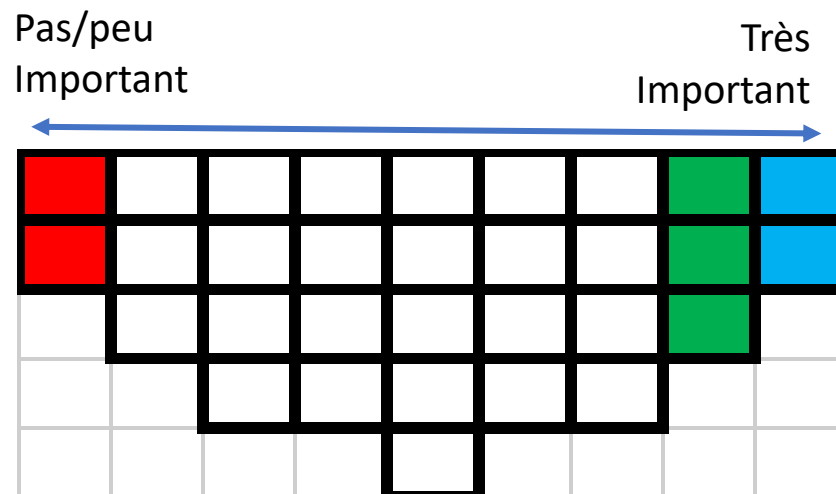
Première étude réalisée en 2013 publiée 2017): Consentement à payer: 25,-/yr an (médiane) pour la restauration écologique des lagunes

thèse de Mariam Maki Sy: (2015-2019)

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





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

Membrane inlet

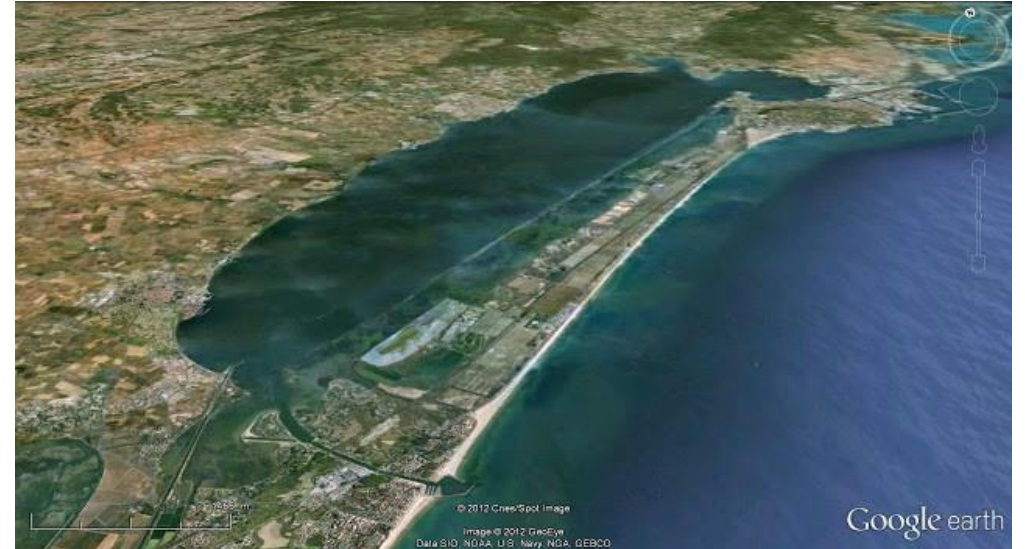
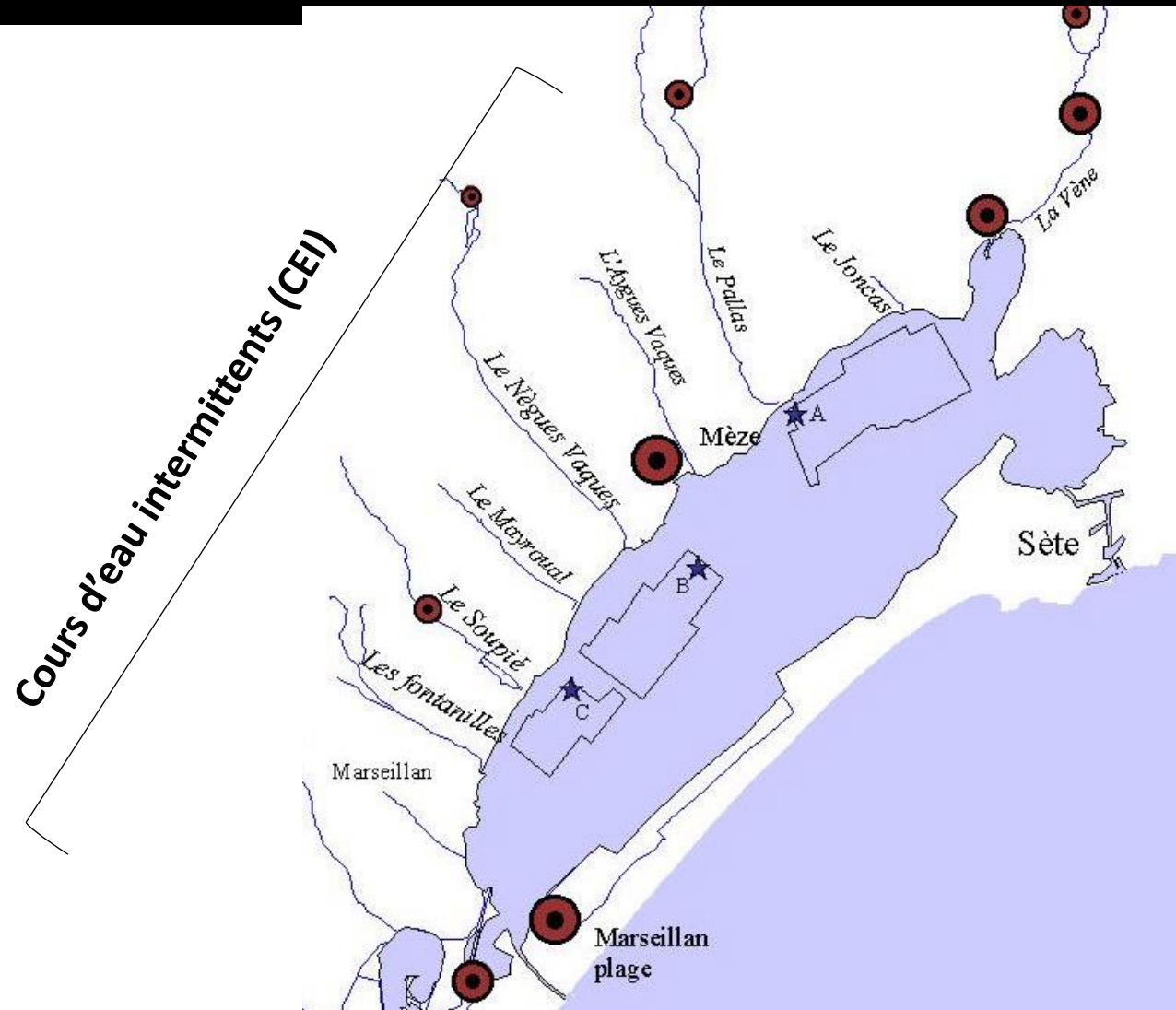


vers  
MS

Semi perméable membrane  
– diffusion du gaz dissout  
vers le vide



# Site atelier : Bassin de la lagune de Thau



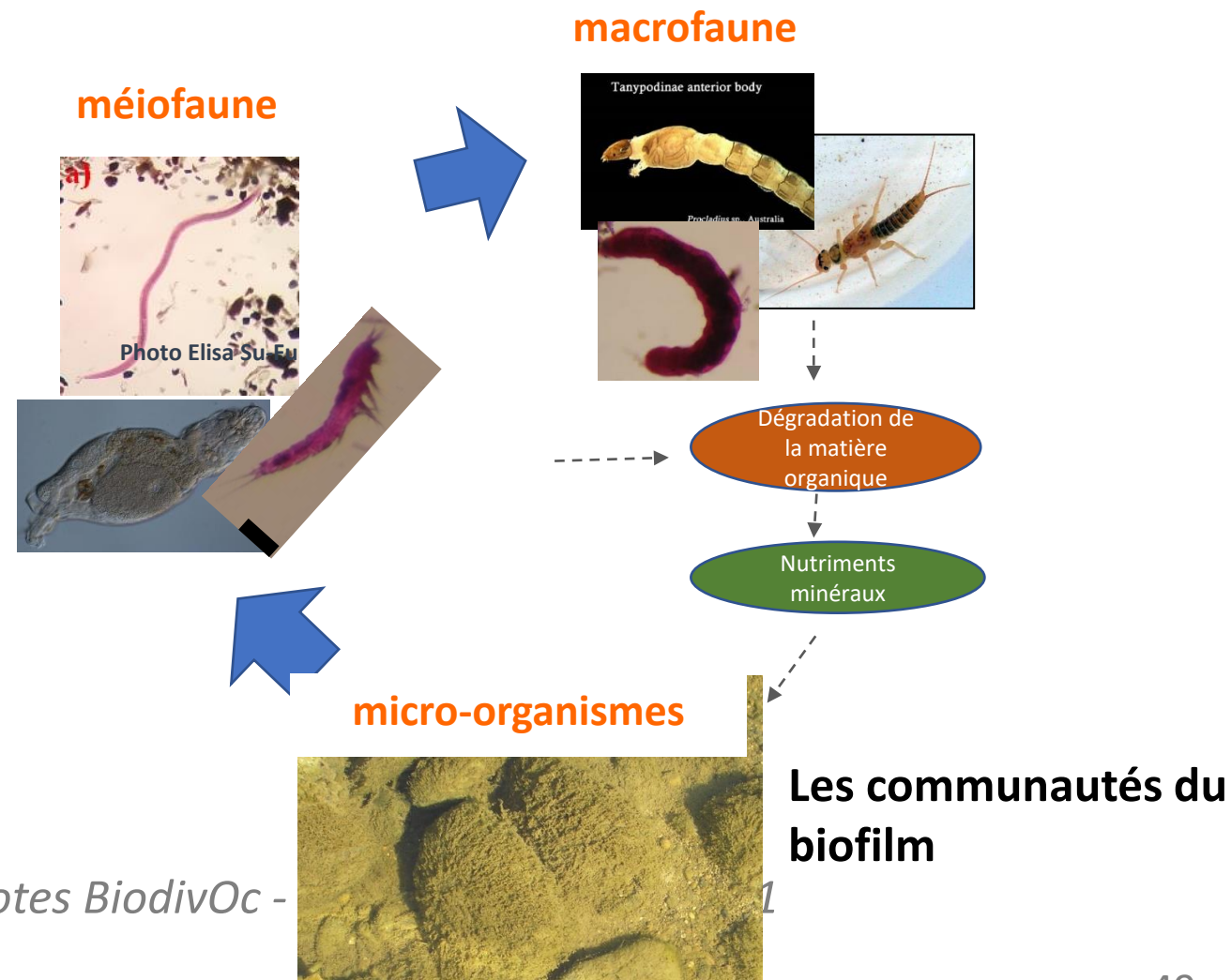
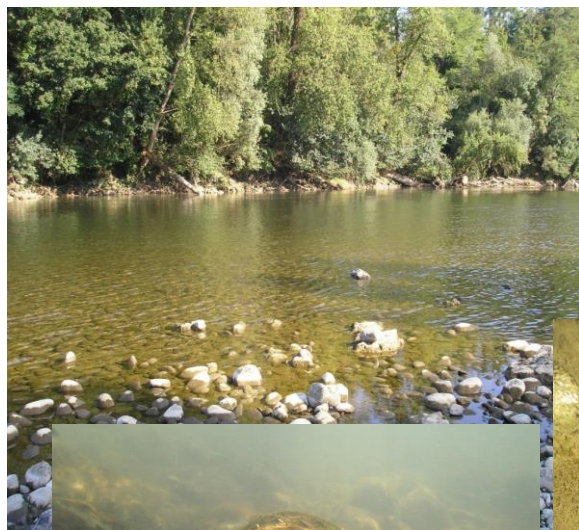
= lagune côtière méditerranéenne  
(étangs littoraux)



# • Contexte

- Lit des cours d'eau = habitat pour le biofilm

- Interactions entre invertébrés micro-organismes favorisent la consommation des nitrates par les biofilms





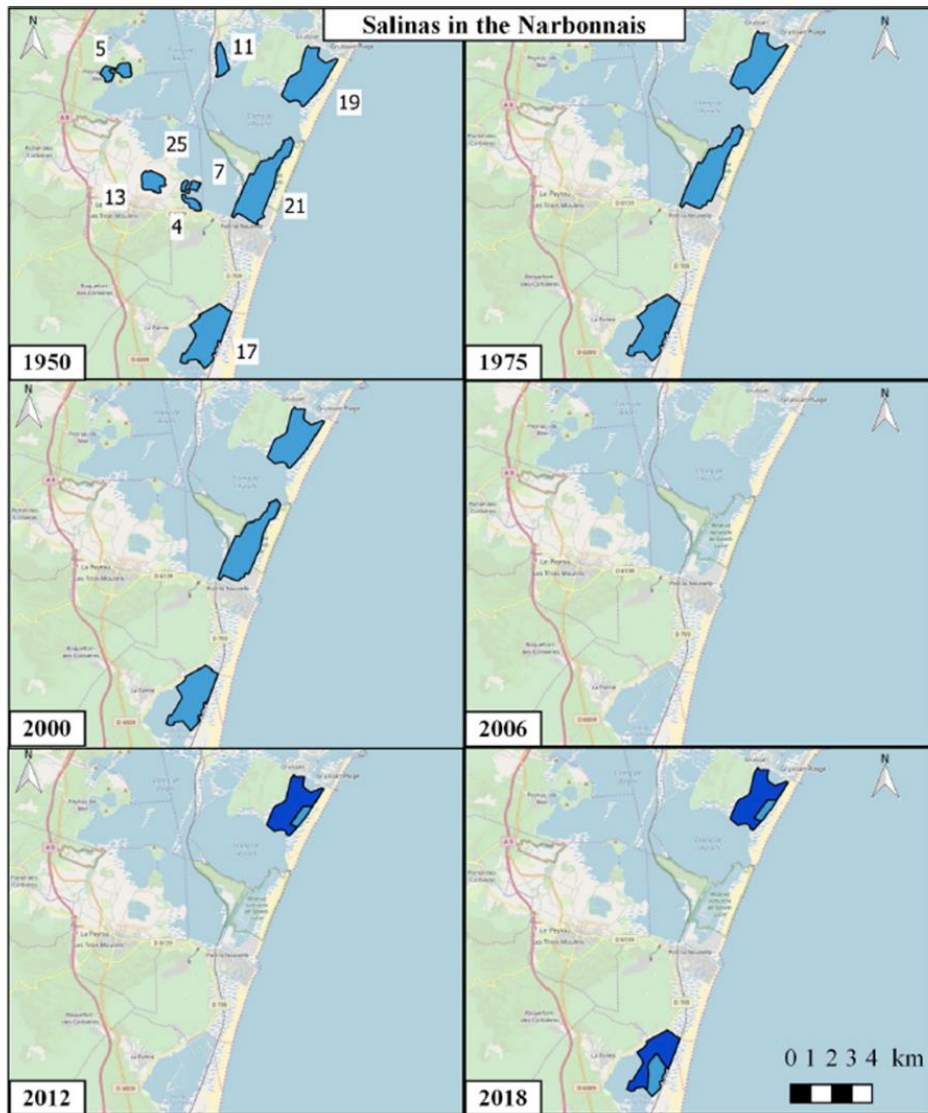
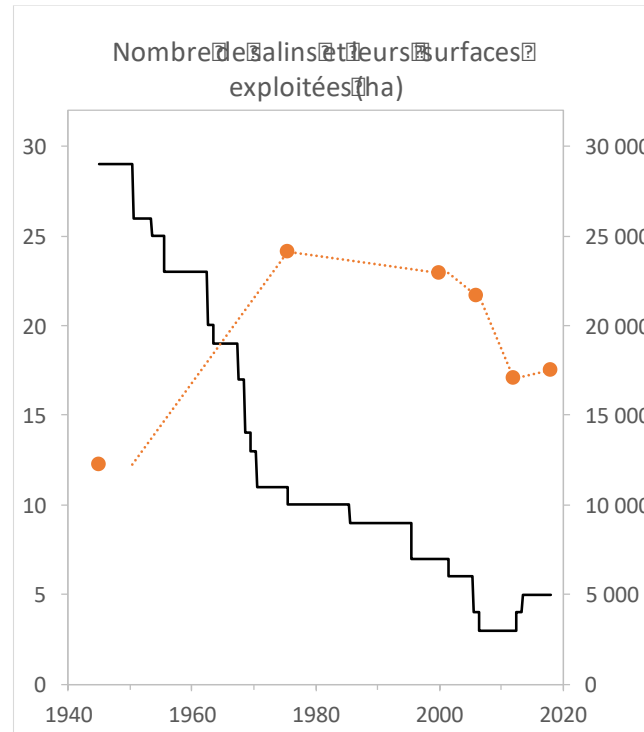


Fig. 2. Chronological maps depicting the Salinas (blue) in the Narbonnais region (Mediterranean coastline close to Narbonne, southern France, cf. Fig. 1). Refer to the 1950 map for the names of the Salinas. The dark blue corresponds to the surfaces identified by the Corine Land Cover 2012, layer 4.2.2 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 Campagnol; 13, Grand Salin de Sigeau; 17, Salin de la Palme; 19, Salin d'Ile Saint Martin; 21, Salin de Saint-Lucie.

## Abandon de la saliculture



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



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



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





Remerciements :

Béatrice Bec, Amandine Leruste, Sandrine Le Noc, Annie Fiandrino,  
Vincent Ouisse, Nathalie Malet, Inès Le Fur, Juliette Balavoine,  
Mindaugus 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 Cugat, Katallin Fortune, Fanchon Richart, Laurent Benau, ...

*Merci,*





*Merci pour  
votre  
attention*

