

Dynamique des particules dans les écosystèmes côtiers

Pourquoi et comment les étudier ?

Nicolas Savoye

UMR CNRS EPOC - Station Marine d'Arcachon

nicolas.savoye@u-bordeaux.fr

somlit

Service d'Observation en Milieu Littoral

La matière en suspension

Matière particulaire ($> \sim 1\mu\text{m}$) présente dans l'eau

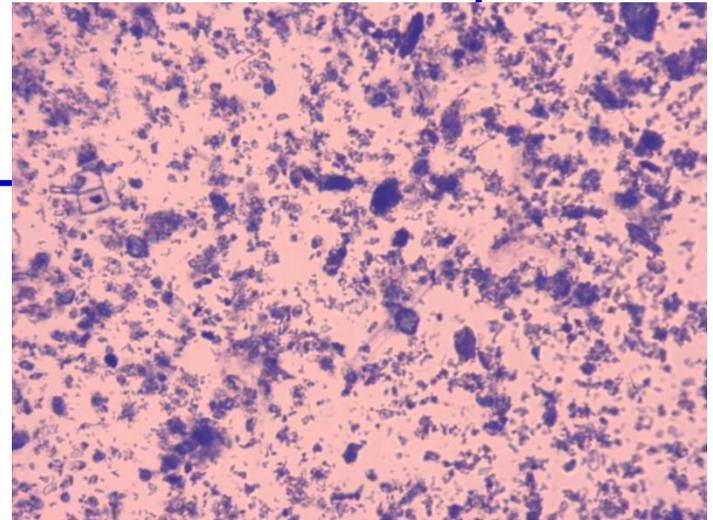
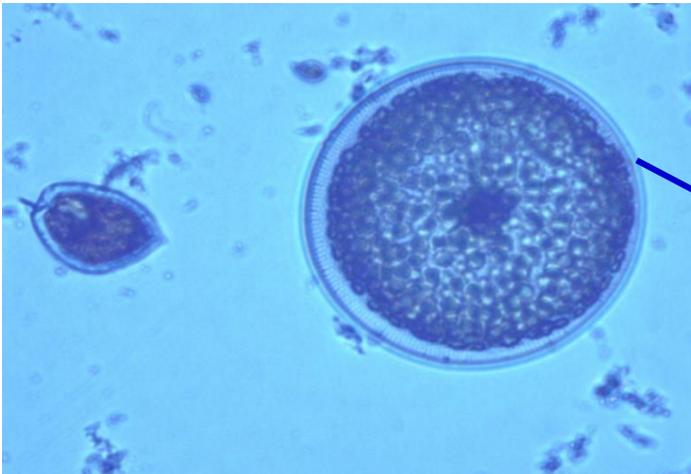
Compartiment lithogène : matière minérale non liée au vivant

Argiles

Sable

Etc...

Compartiment biogène : matière liée au vivant

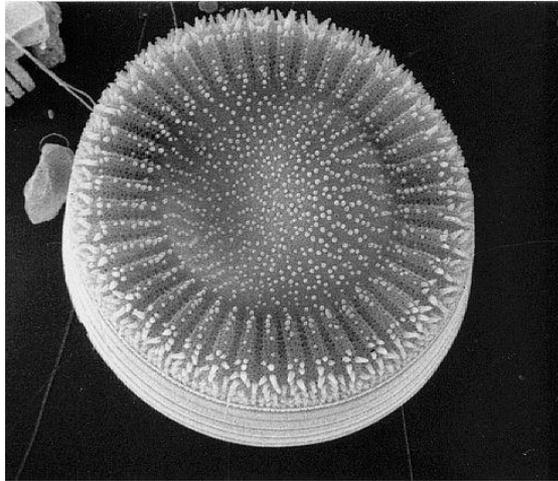


Estuaire de l'Aulne (Rade de Brest) 16/02/99

matière minérale liée au vivant

Estuaire de l'Aulne (Rade de Brest) 17/08/98

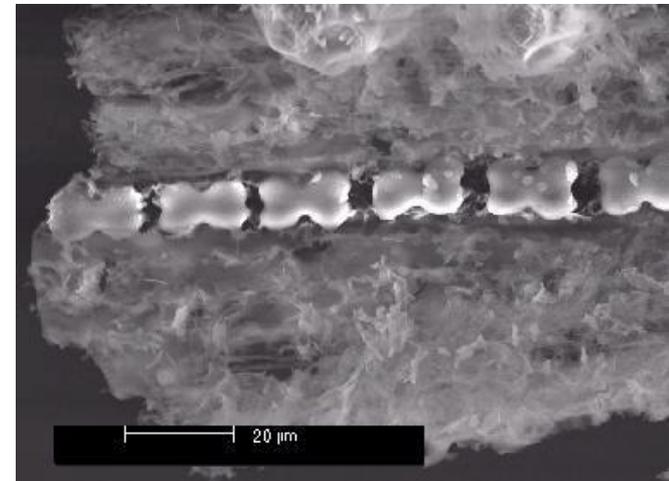
Autotrophes



Frustule de diatomée
(SiO_2)

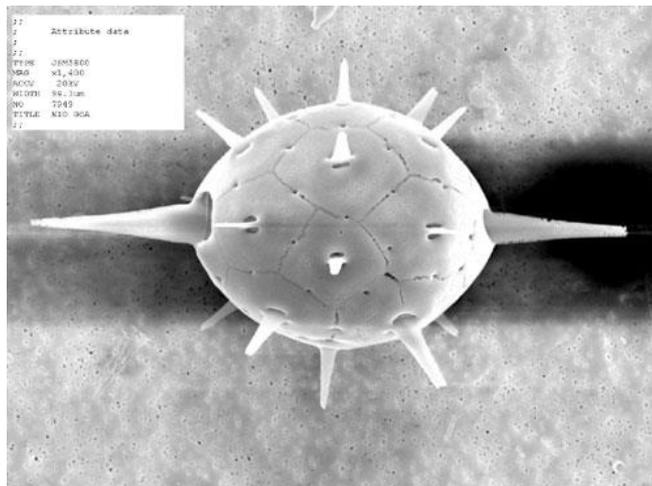


Teste de coccolithe
(CaCO_3)



Phytolithe de *Brachiaria*
(SiO_2)

Hétérotrophes



Sélestite d'acanthaire
(SrSO_4)

La matière en suspension

Matière particulaire (>1 μ m) présente dans l'eau

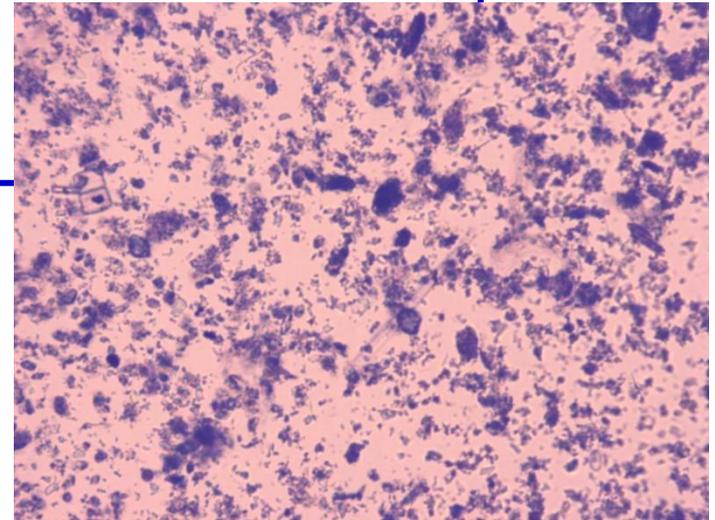
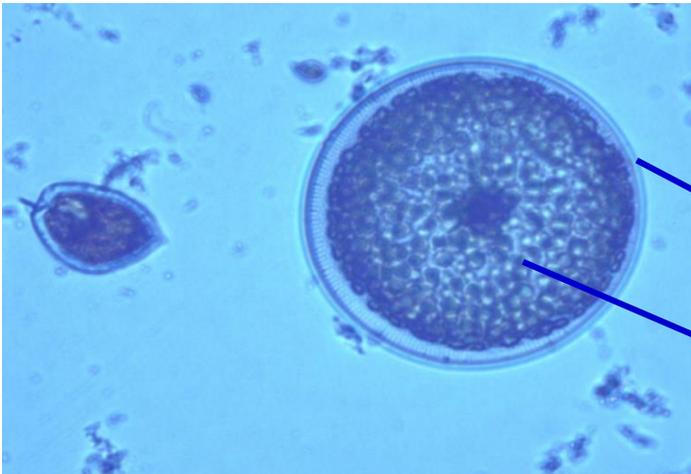
Compartiment lithogène : matière minérale non liée au vivant

Argiles

Sable

Etc...

Compartiment biogène : matière liée au vivant

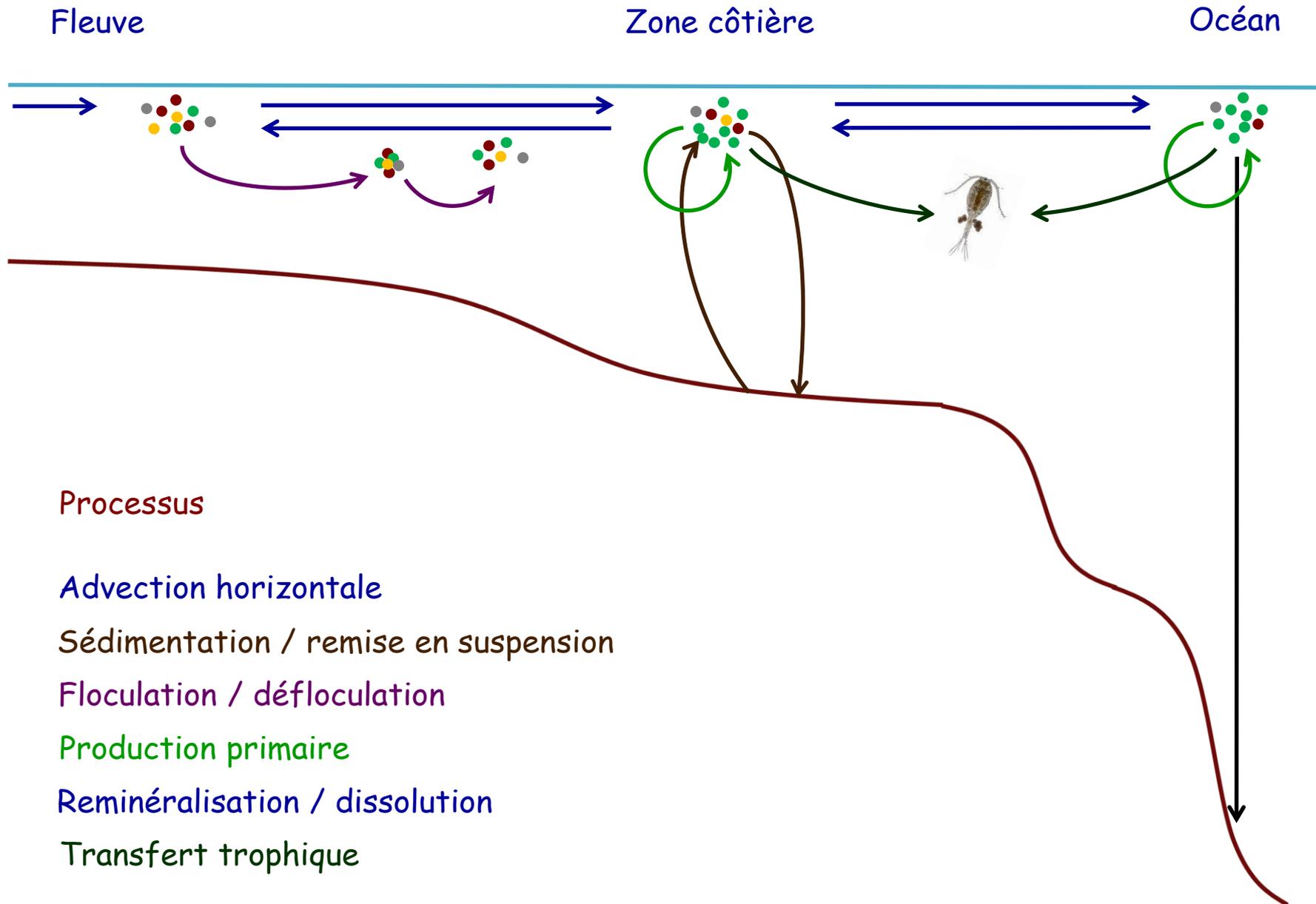


Estuaire de l'Aulne (Rade de Brest) 16/02/99

matière minérale liée au vivant

matière organique

Estuaire de l'Aulne (Rade de Brest) 17/08/98



Processus

Advection horizontale

Sédimentation / remise en suspension

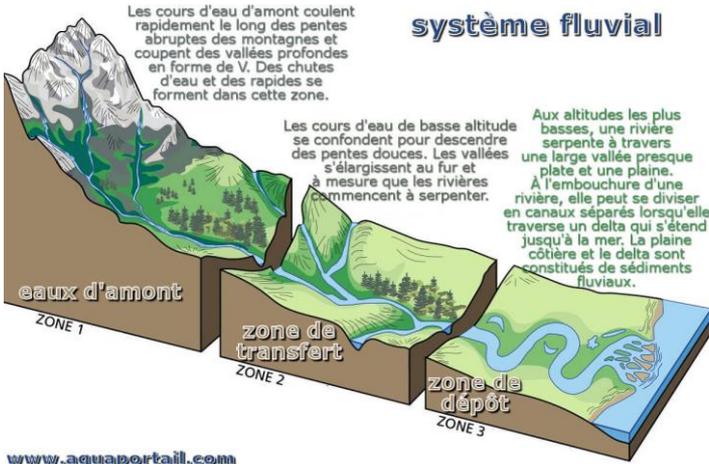
Floculation / défloculation

Production primaire

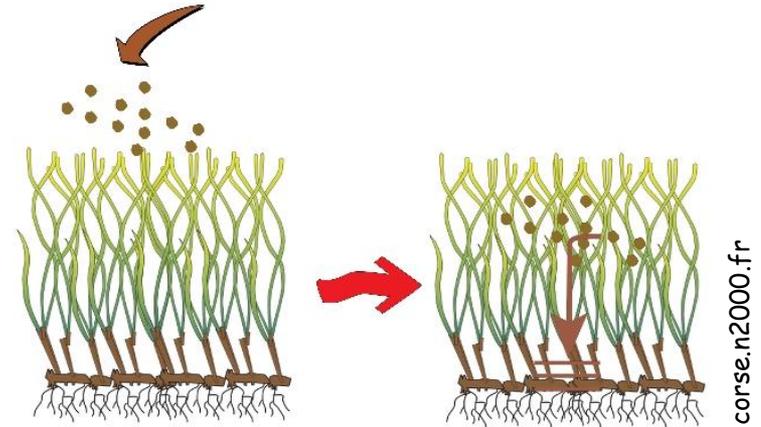
Reminéralisation / dissolution

Transfert trophique

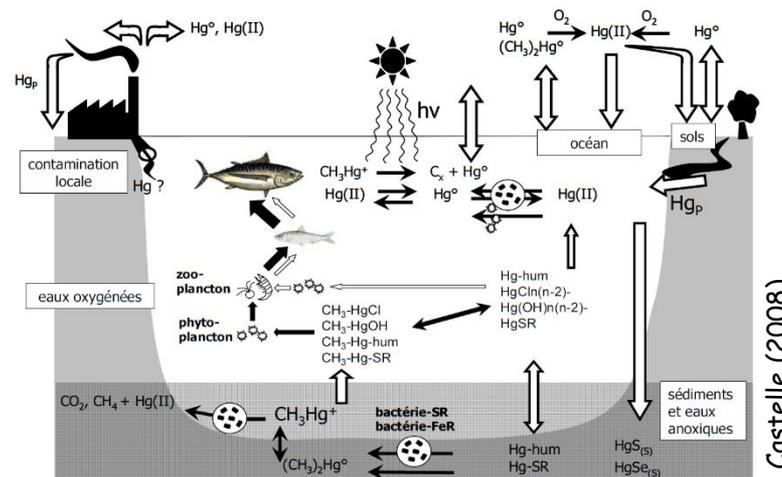
Transfert continent - océan, formation des vasières, des deltas



Rôle des herbiers dans le piégeage des particules et la stabilisation du sédiment



Transfert des contaminants



Importance de la matière organique particulaire dans les grands cycles biogéochimiques

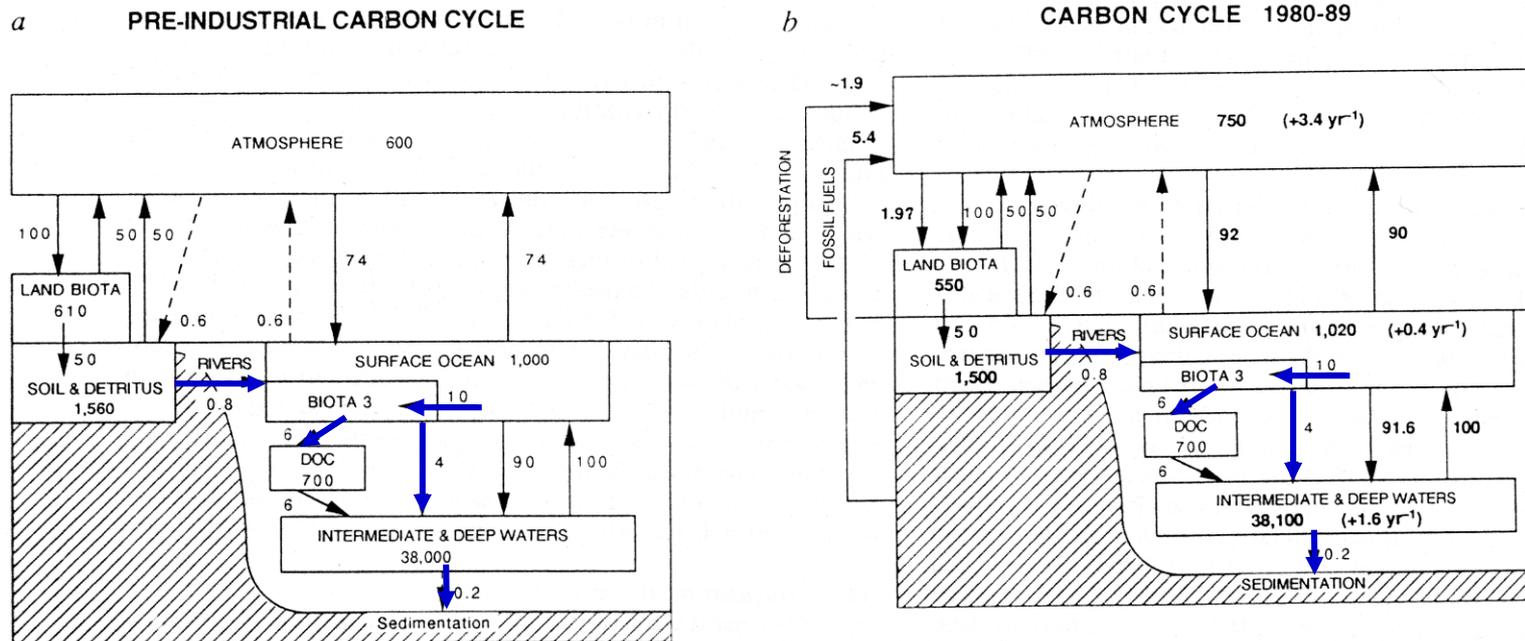
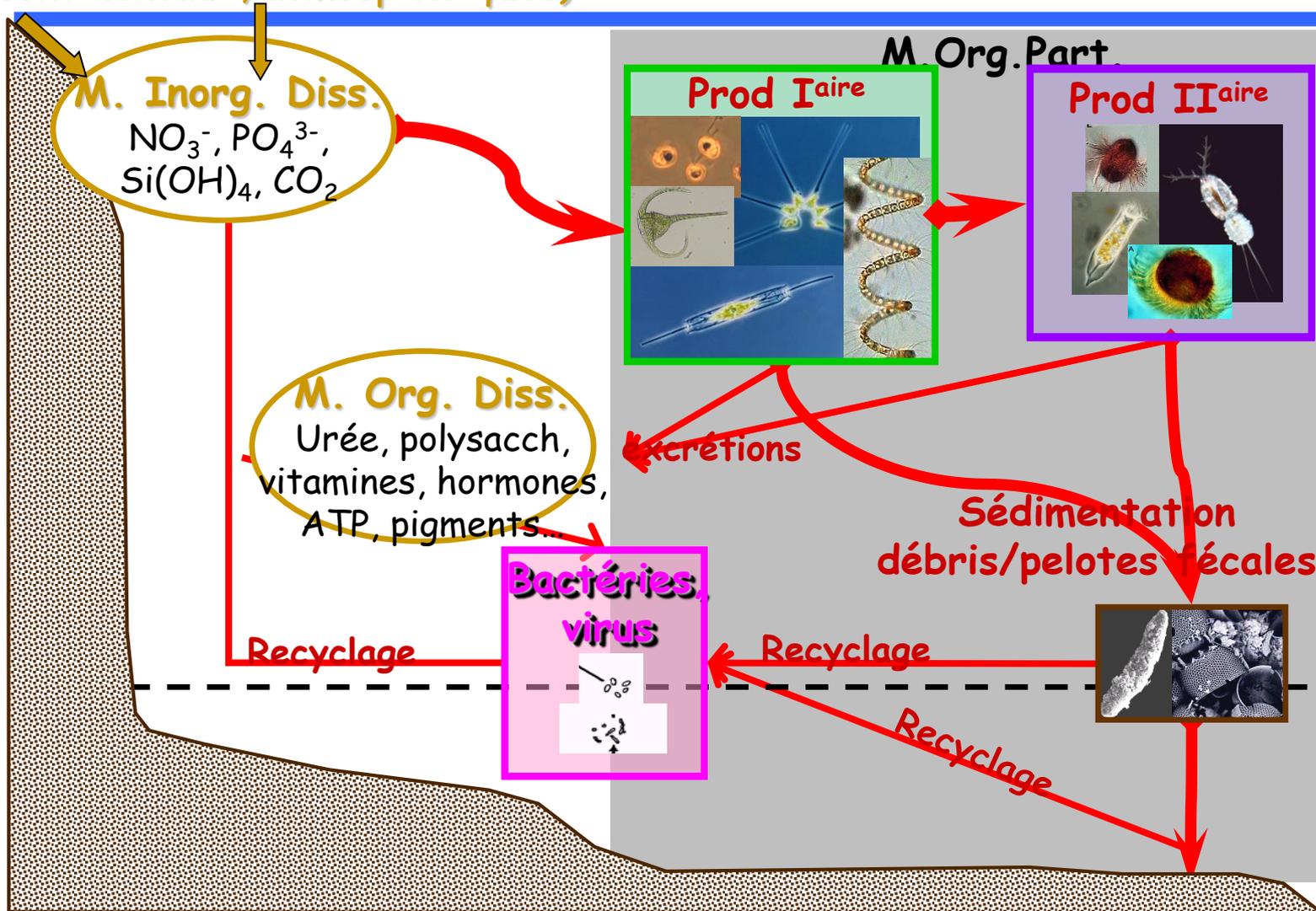


FIG. 1 Global carbon cycle reservoirs and fluxes, in Gt C and Gt C yr^{-1} , respectively ($1 \text{ Gt C} = 10^{15} \text{ g C}$). a, Reconstructed pre-industrial situation and b, present-day situation. In b, bold numbers denote fluxes or reservoir sizes which have changed due to human activities. The numbers in b correspond approximately to those given in the 1990 IPCC assessment² with the following exceptions: an oceanic pool of dissolved organic carbon (DOC) is included (E. Peltzer, personal communication). The marine biological new production (equal to particles plus DOC exported from the surface) is 10 Gt C yr^{-1} , taken from model calculations^{65,66}. The indicated transport by water circulation is much larger than in the IPCC assessment², but this is primarily a matter of

definition. The IPCC downward flux of 35 Gt C yr^{-1} corresponds roughly to global deep-water formation ($\sim 46 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$). Our upward flux (100 Gt C yr^{-1}) is chosen such that it is about ten times the total new production, which in a 2-box model yields a surface water ΣCO_2 deficit of 10%, as observed. Our fluxes therefore represent exchange between the surface and a depth of perhaps 1 km where most of the particles and DOC have been remineralized. The cumulative land-use effect, assumed to be -120 Gt C , is divided equally between vegetation and soils. The difference between river input and sedimentation has been closed by fluxes of 0.6 Gt C yr^{-1} from ocean to atmosphere and from atmosphere to biota (dashed arrows).

Apports extérieurs
(continentaux, atmosphériques)

Etude du réseau trophique



Les réservoirs de matière organique particulaire

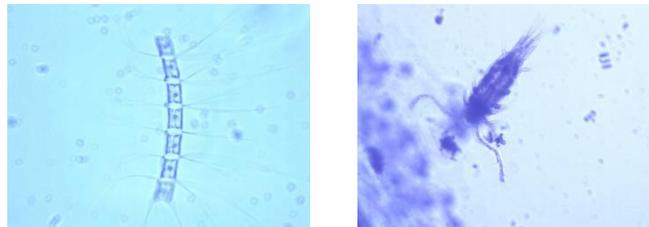
Continent : MOP terrestre (végétaux supérieurs, sol, etc)



MOP aquatique continentale (végétaux supérieurs, zooplancton, macro et microalgues, bactéries, etc)



Océan : MOP marine (végétaux supérieurs, zooplancton, macro et microalgues, bactéries)



Composition chimique

Comme toute matière vivante : C, N, O, P, S, métaux (Fe, Mg, Cu, Zn), etc...

Carbone organique particulaire (COP)

Azote organique particulaire (NOP)

Phosphore organique particulaire (POP)

Composition biochimique

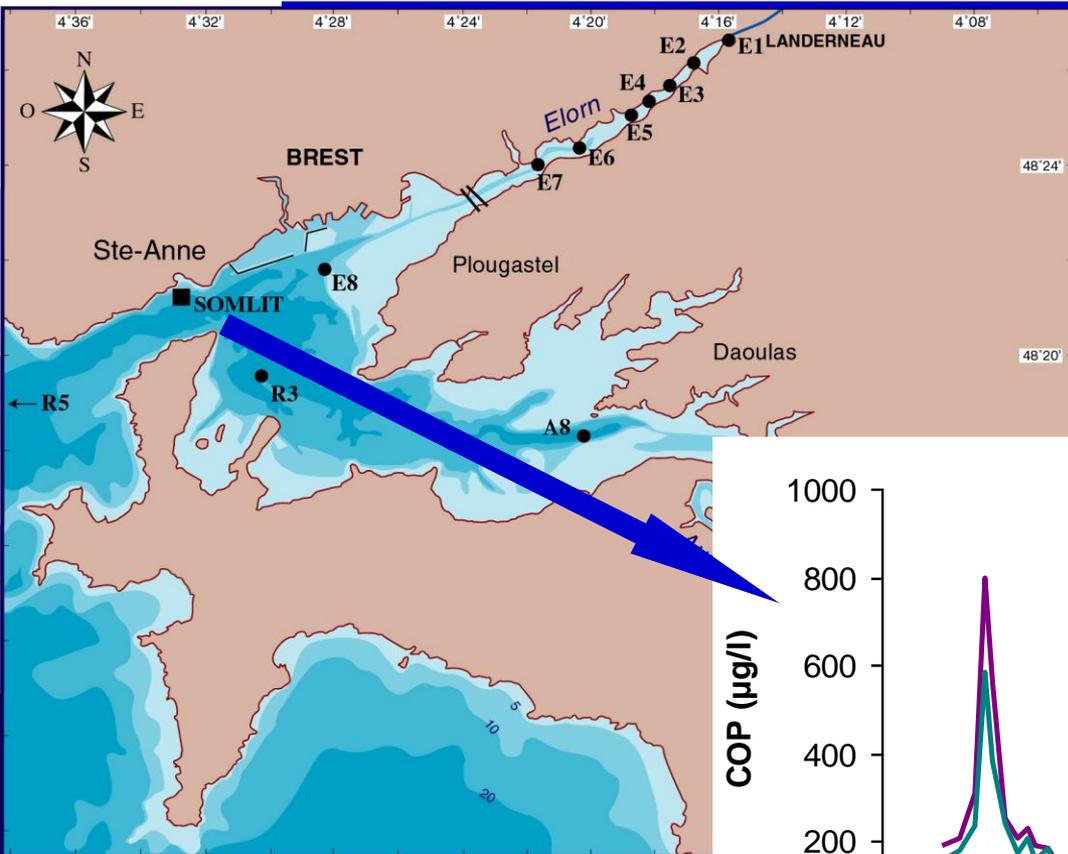
Comme toute matière vivante : lipides (alcanes, acides gras, etc), glucides, protides

Mais aussi : pigments (chlorophylles a, b et c, phaeopigments, etc...)

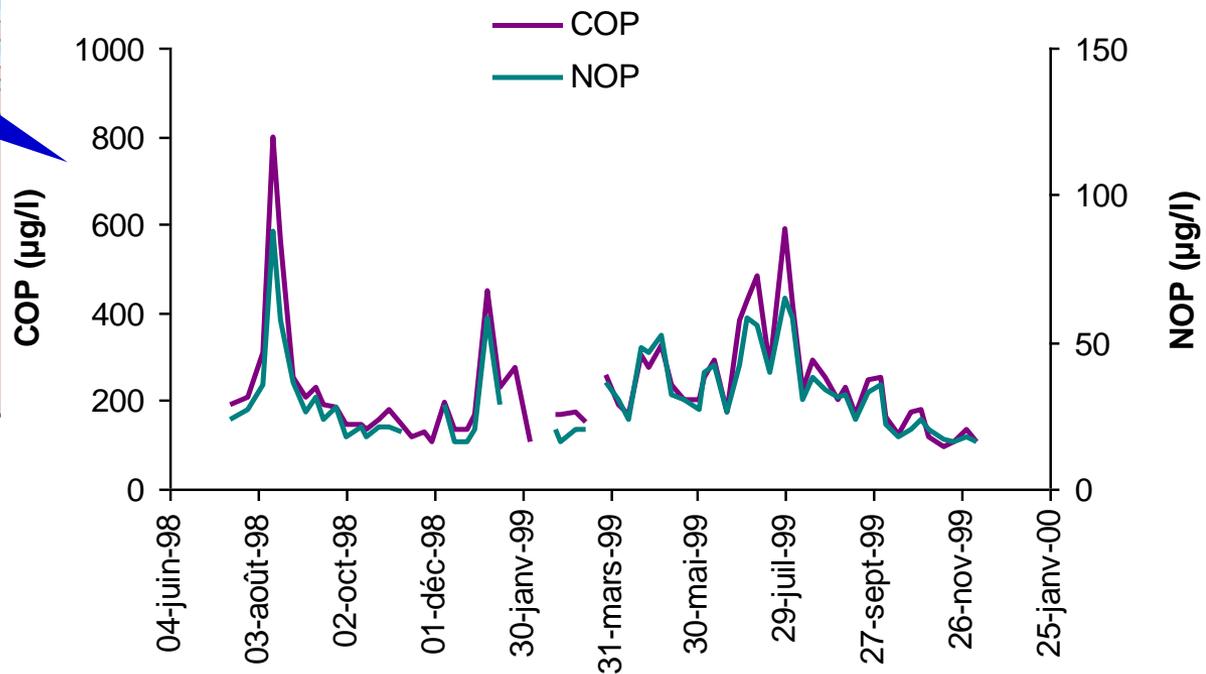
COP, NOP : biomasse totale

chlorophylle a : biomasse autotrophe

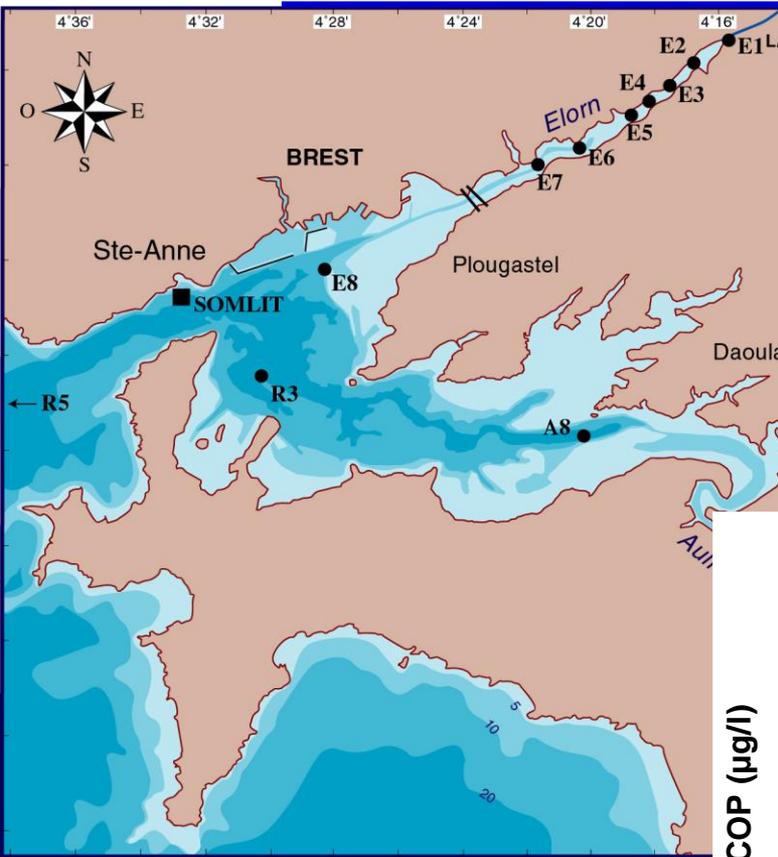
Variations saisonnières



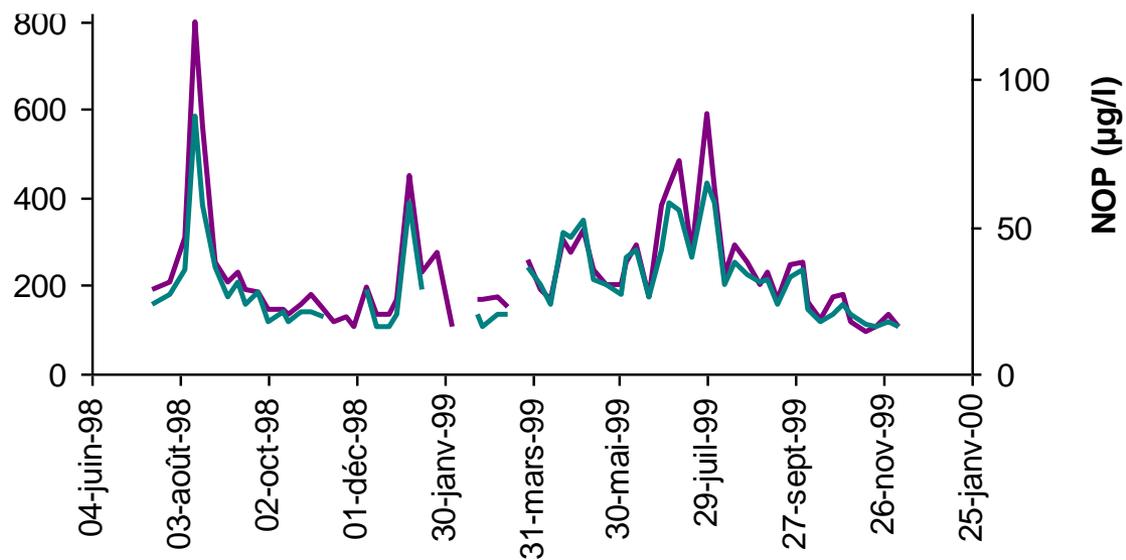
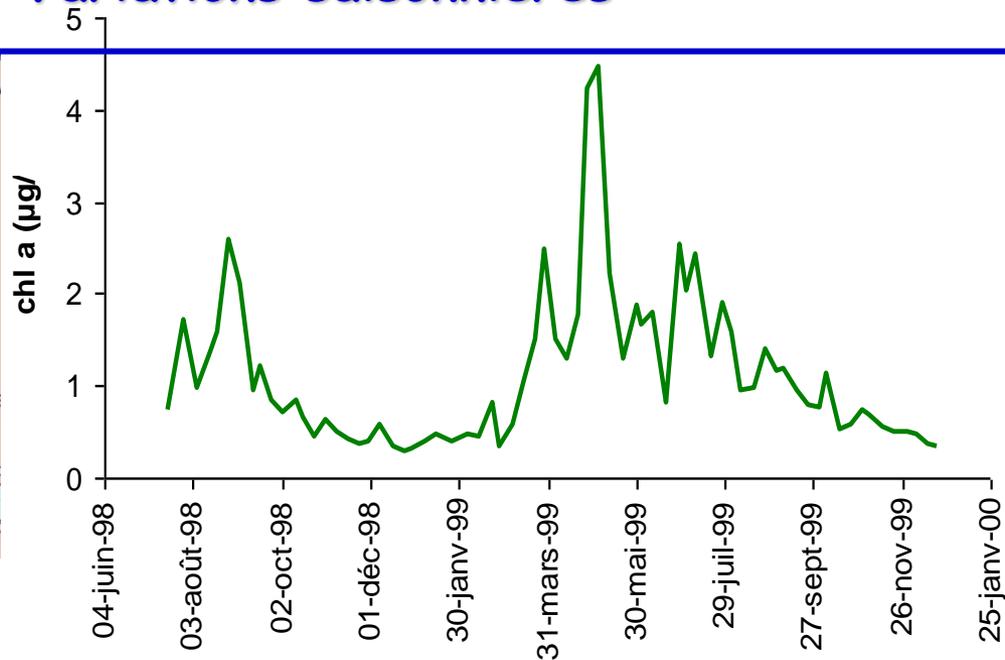
Station Somlit - rade de Brest



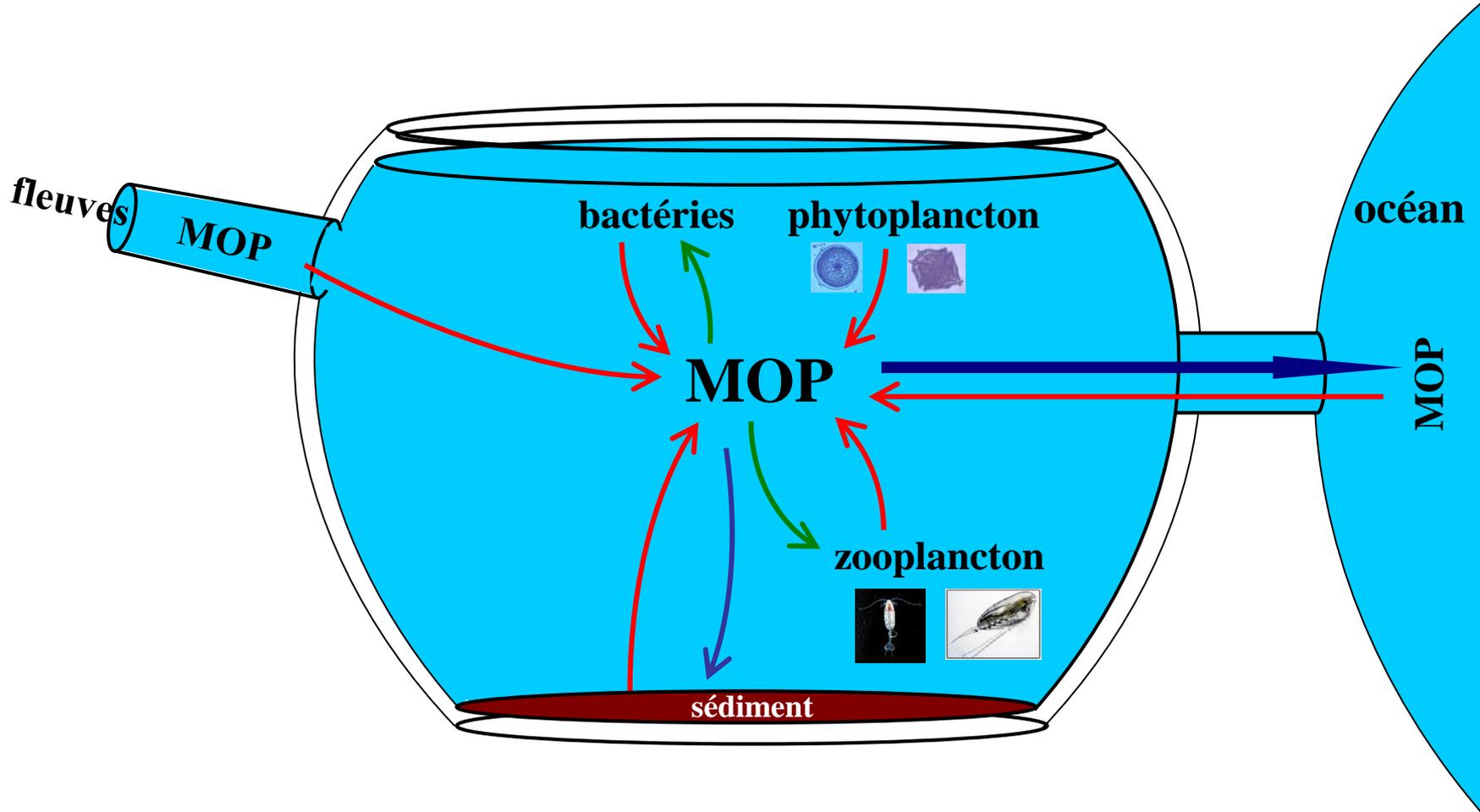
Variations saisonnières



Station Somlit - rade de Brest



Complexité des écosystèmes côtiers



MOP Continentale (terrestre ou d'eau douce), estuarienne, marine

autochtone (produite *in situ*)

allochtone (importée d'un autre (sous-)système)

autotrophe (espèce utilisant du matériel minéral pour produire sa propre MO)

hétérotrophe (espèce utilisant la MO d'une proie pour produire sa propre MO)

mixotrophe (espèce à la fois autotrophe et hétérotrophe)

vivante

dégradée

■ ■ ■ → Nécessité d'utiliser des outils adaptés pour qualifier et quantifier la MOP

■ ■ ■ → Descripteurs de la MOP

Le COP décrit tous les types de MOP sans distinction de source ou de réservoir.

La MES décrit l'ensemble des particules (organiques et minérales).

Matière vivante : ~20 - 45% de COP par poids sec

Matière minérale : 0% de COP par poids sec

Sédiment : <0,1- ~5% de COP par poids sec

faible pour les sédiments sableux

fort pour les sédiments vaseux

%COP/MES dans le bouchon vaseux d'estuaires

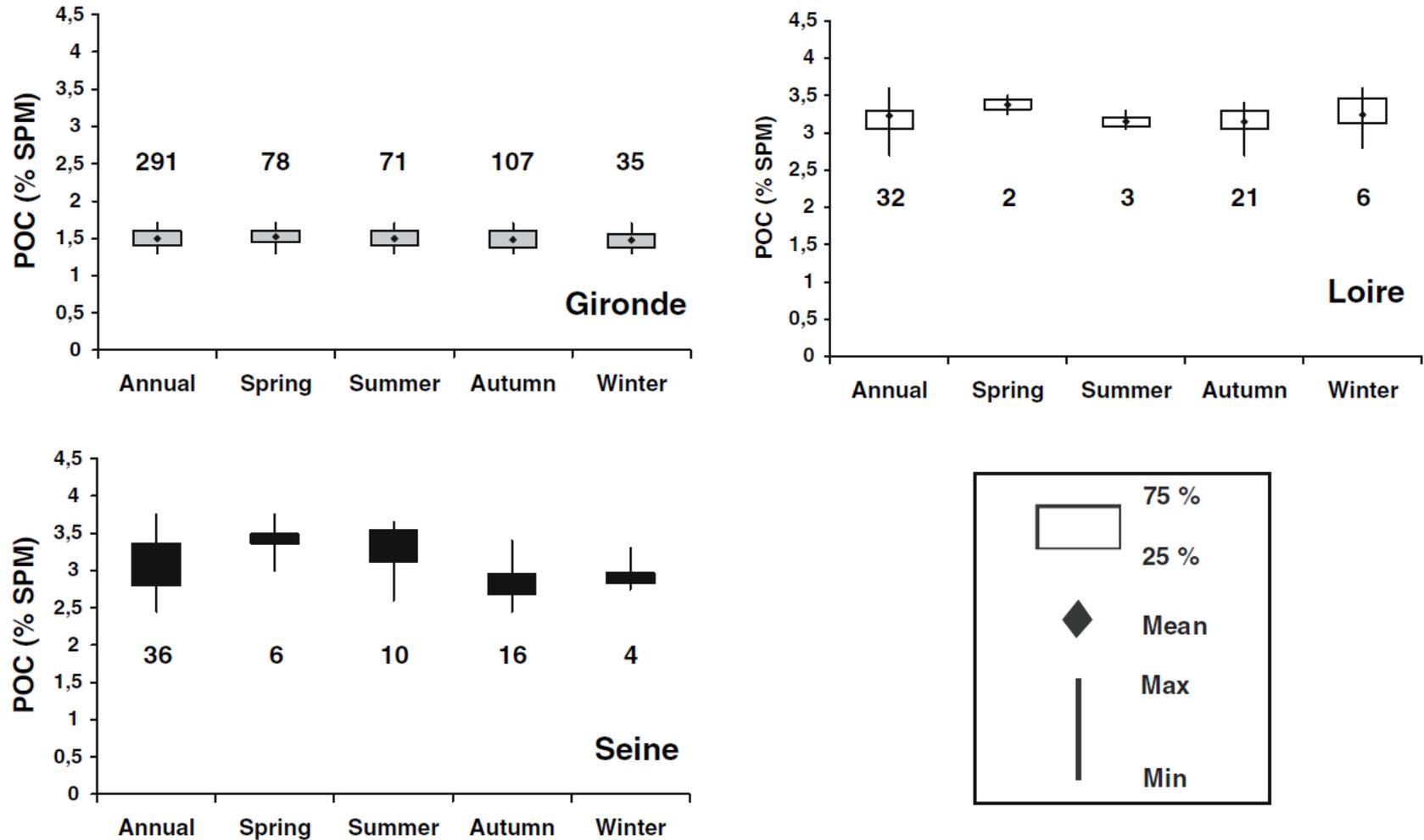
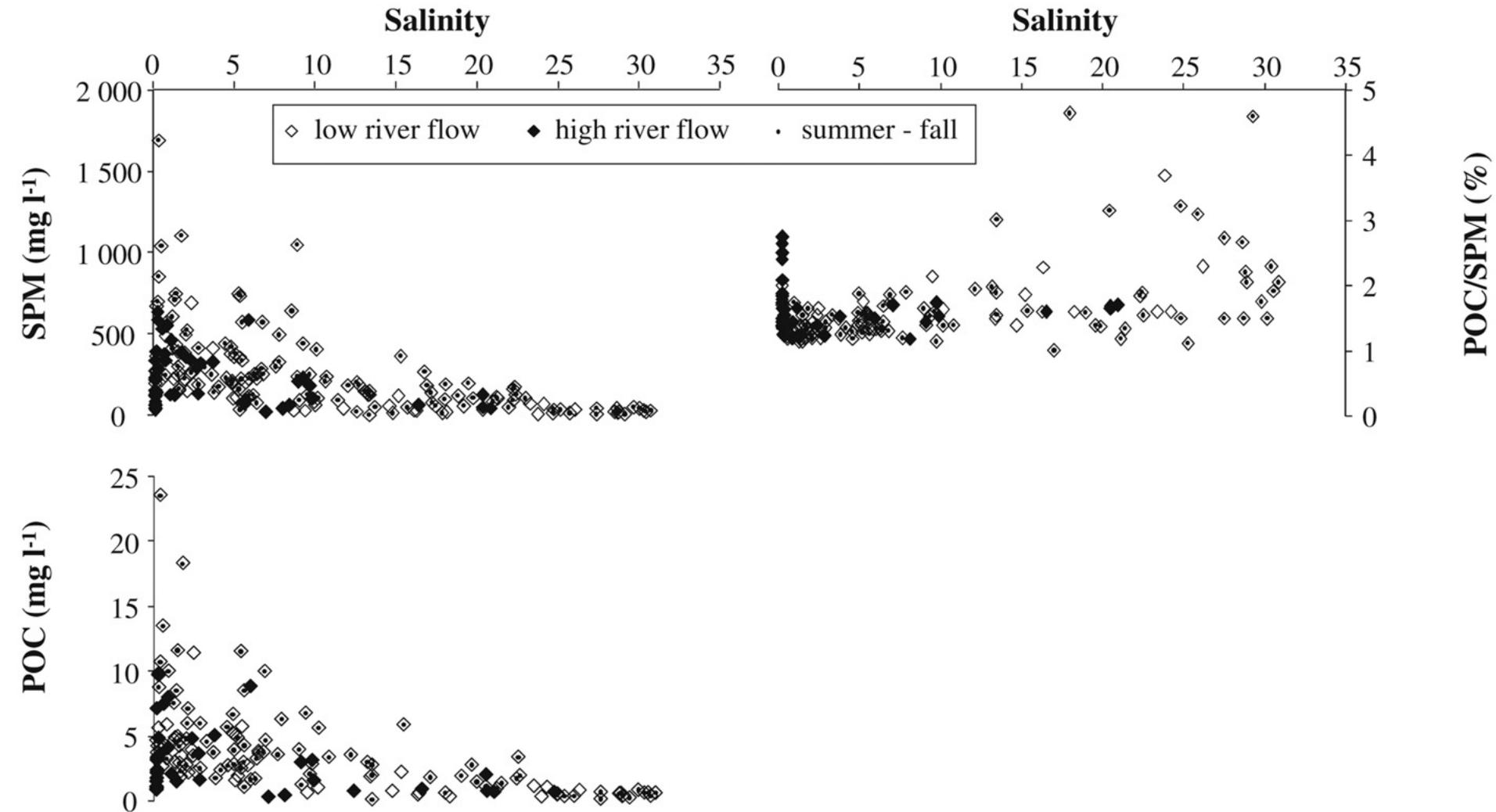


Fig. 2 Annual and seasonal POC contents (expressed in % of TSS) in the ETM of the Gironde, Loire and Seine estuaries. The number of the samples analyzed are

indicated on the graphs. Statistical parameters are shown in a legend box as relative variabilities (%), means, minima and maxima and lower and upper quartiles



COP et NOP décrivent l'ensemble de la MOP sans distinction de source ou de réservoir. Cependant le pourcentage de COP et NOP n'est pas le même dans chaque type de MOP. Ainsi le rapport COP/NOP varie selon le type de MOP.

En général : C/N (bactérie, zooplancton) < C/N (phytoplancton) < C/N (terrestre)

Valeur de référence pour le phytoplancton :

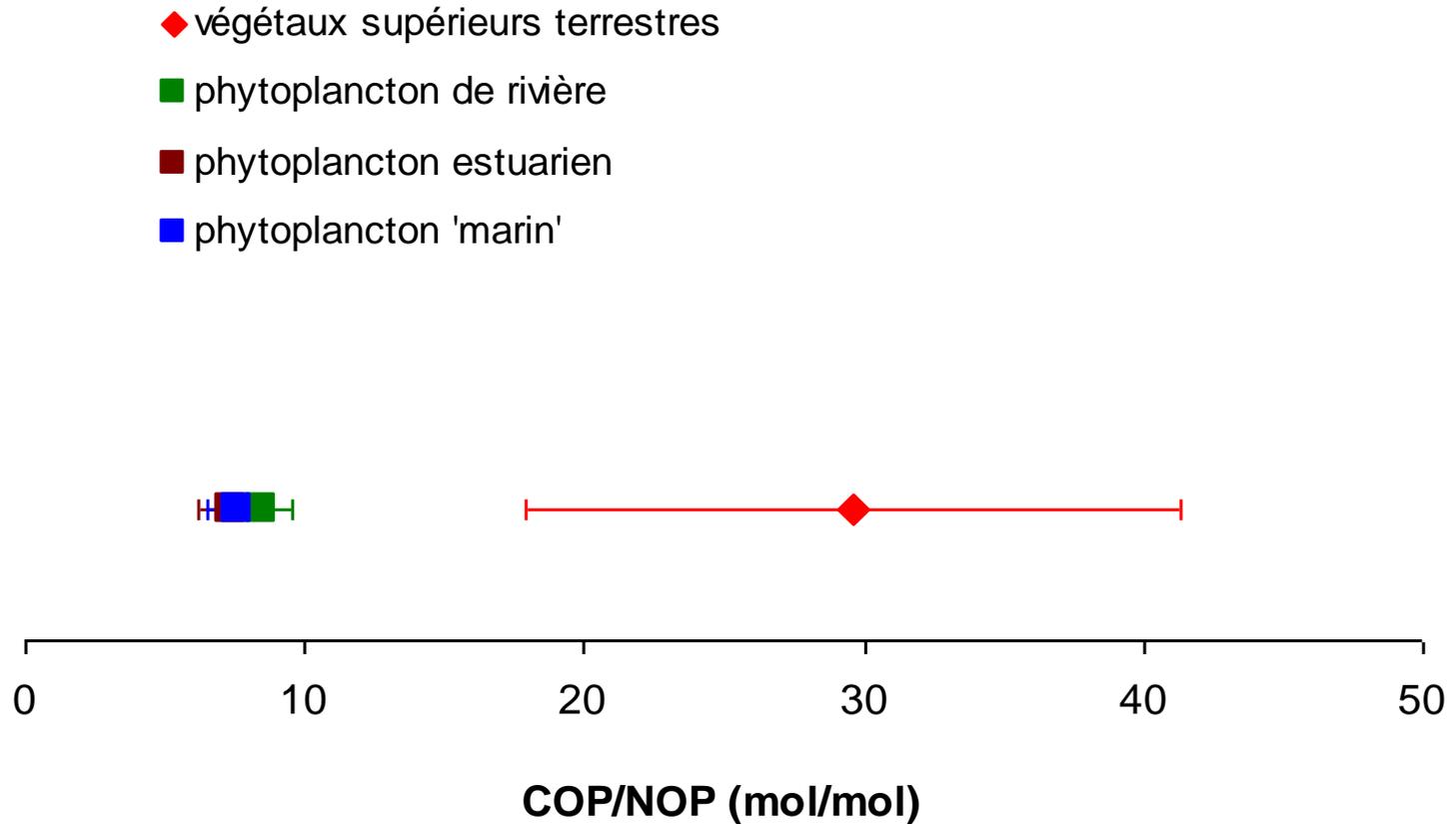
$C/N = 6.6$ (mol/mol)

Rapport de Redfield

Cependant ce rapport est variable pour le phytoplancton selon les conditions de croissance et sa limitation (nutriments, lumière, etc...)

bactéries	zooplancton	phytoplancton	végétaux supérieurs terrestres
3,5 - 6	3 - 6,5	5 - 10	> 12

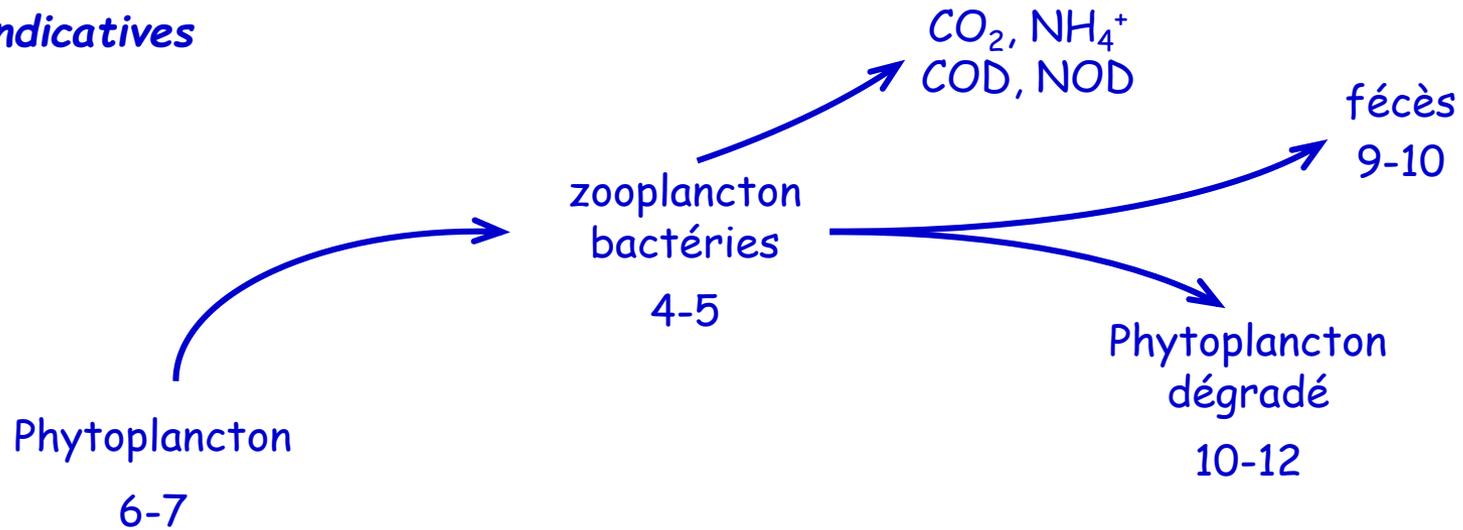
COP/NOP dans les écosystèmes côtiers : exemple



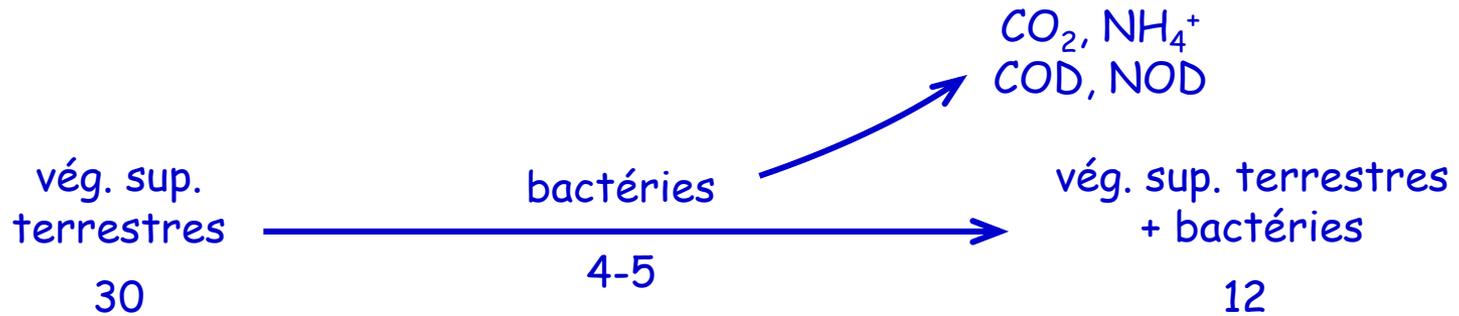
Rade de Brest et baie de Seine (d'après Savoye, 2001)

Variation du C/N au cours de la dégradation de la MOP

Valeurs indicatives



Au cours de la dégradation, $C/N_{\phi to}$ augmente (reminéralisation et utilisation préférentielle de NOP)



Au cours de la dégradation, $C/N_{veg. sup. terr.}$ diminue (colonisation bactérienne)

Le COP décrit l'ensemble de la MOP

La chlorophylle *a* décrit les autotrophes et les mixotrophes (non ou peu dégradés). Elle est un constituant du COP.

Le rapport COP/chl est à la fois un descripteur

- de l'importance relative des autotrophes, mixotrophes, hétérotrophes (ces derniers ne contenant pas de chlorophylle)
- de l'état de fraîcheur ou de dégradation des autotrophes (la chlorophylle *a* se dégradant plus rapidement que le COP total)

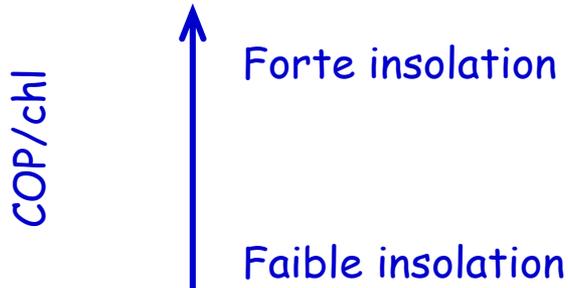
Valeurs de référence pour le **phytoplancton vivant** :

$$20 < \text{COP/chl} < 140 \text{ (g/g)}$$

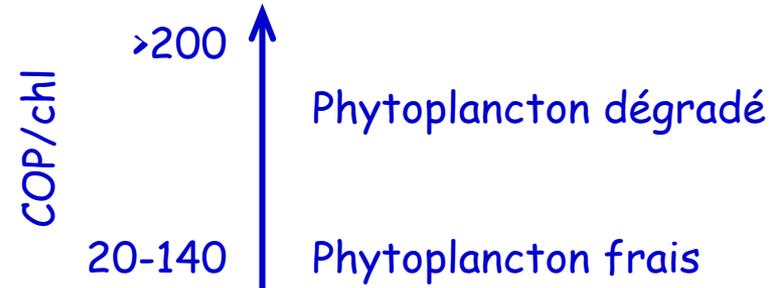
Le COP/chl du phytoplancton vivant est fortement variable et dépend de la température, des espèces, du taux de croissance, de la limitation par les nutriments, mais surtout de la durée et de l'intensité de l'insolation.

Chez les autotrophes

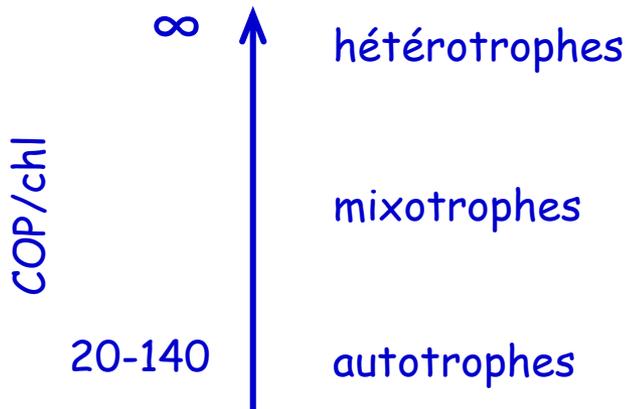
- aspects physiologique



- dégradation plus rapide de chl que de COP



Selon le régime alimentaire



COP/Chl \leq 100 : phytoplancton frais

COP/Chl \leq 200 : MOP dominée par le phytoplancton

COP/Chl $>$ 200 : présence d'hétérotrophes, de mixotrophes et/ou matériel fortement dégradé

Ces valeurs ne sont pas à prendre « au pied de la lettre », mais sont avant tout indicatives !

COP/Chl	phytoplancton 'frais' 40 / 140	détritus >200	mixo/hétérotrophes >200
----------------	---	-----------------------------------	---

COP/NOP	phytoplancton 6,3 / 9,7	zooplancton 2,9 / 6,5	bactéries 3,6 / 5,9	végétaux supérieurs >12
----------------	--	--	--------------------------------------	---

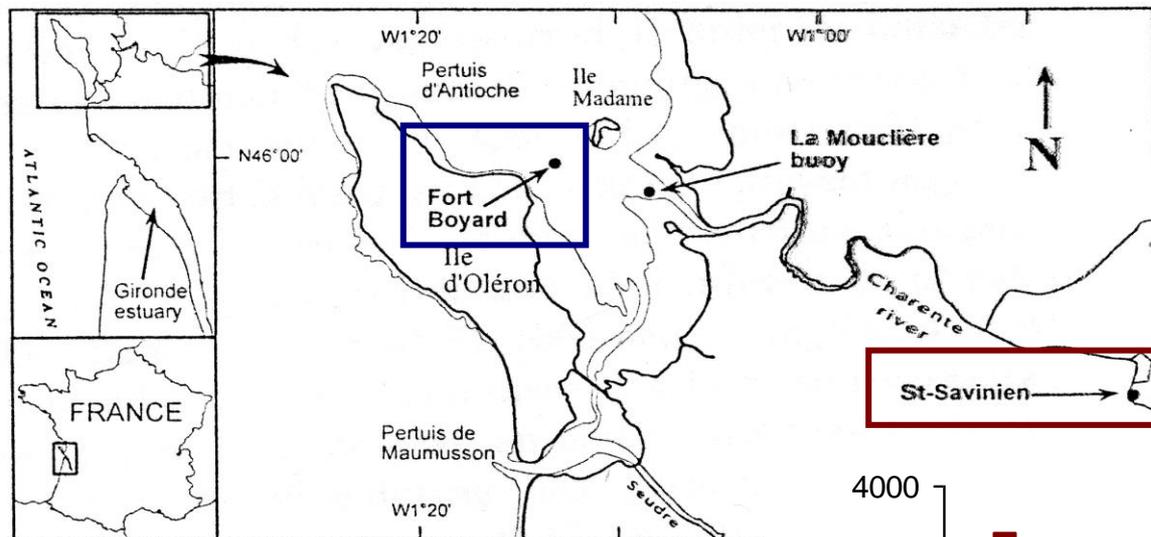
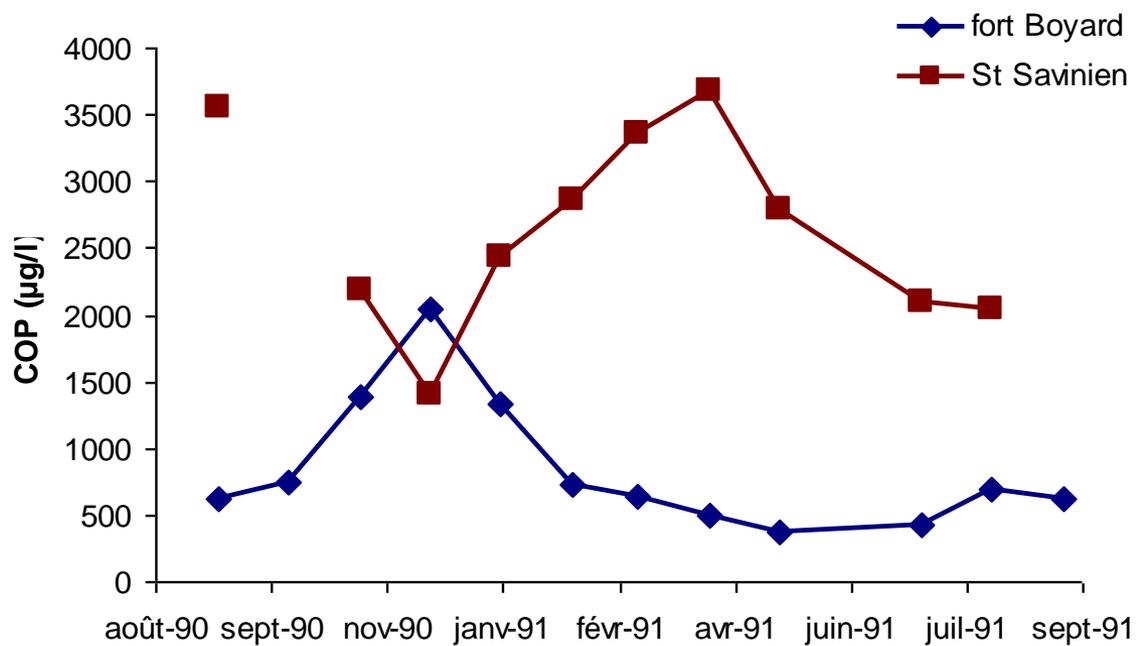


Figure 1. Location map of Marennes-Oléron (—: mudflats limit).



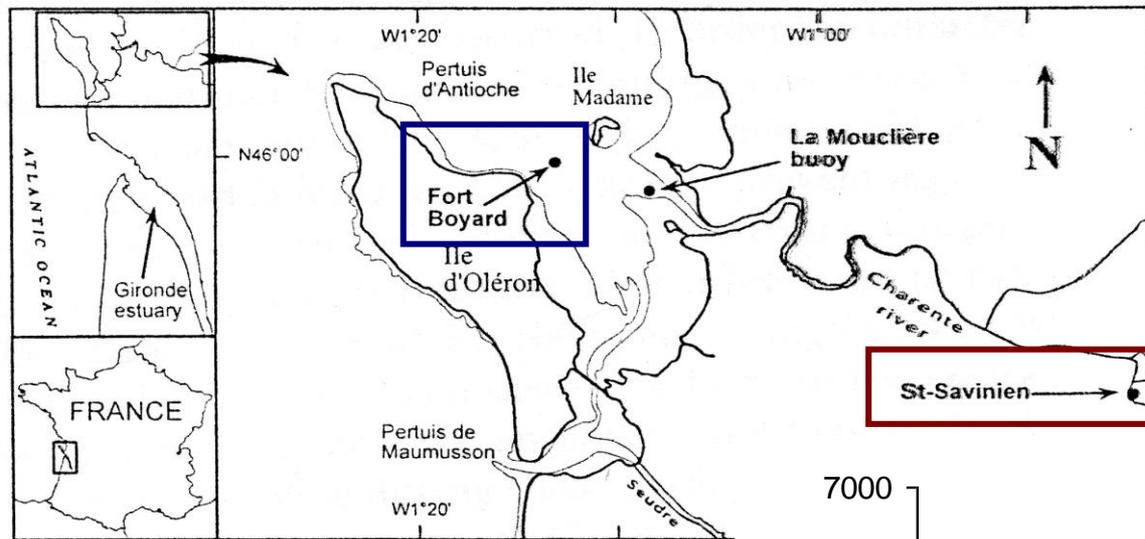
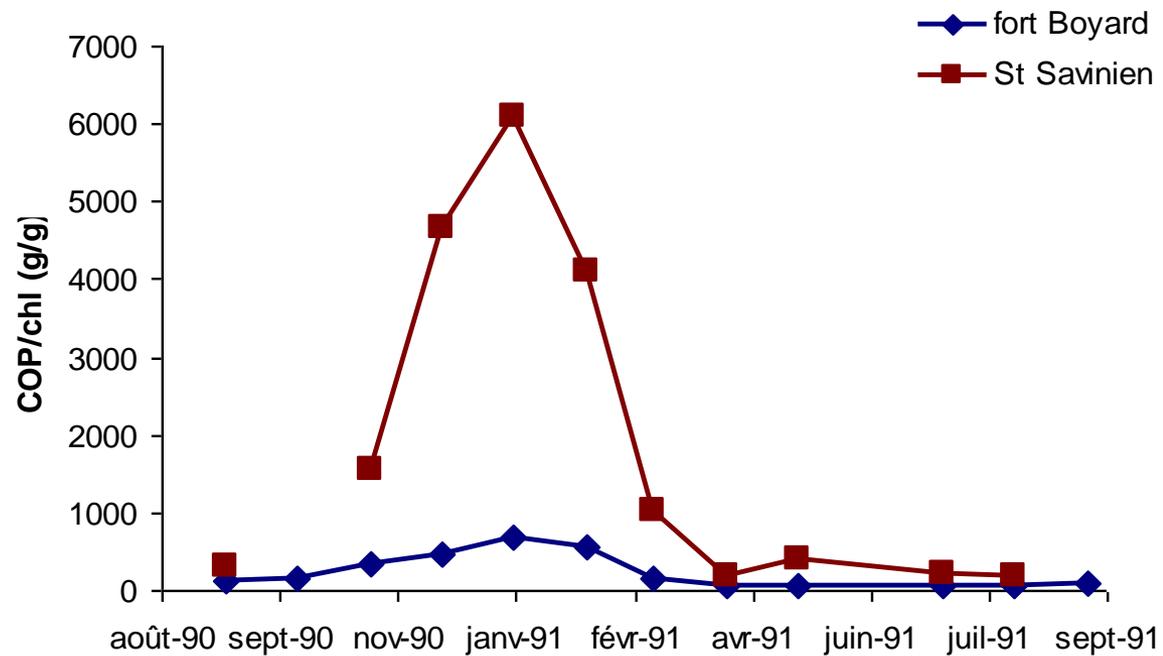


Figure 1. Location map of Marennes-Oléron (—: mudflats limit).

Charente et baie de Marennes-Oléron



D'après Richard et al. (1997)

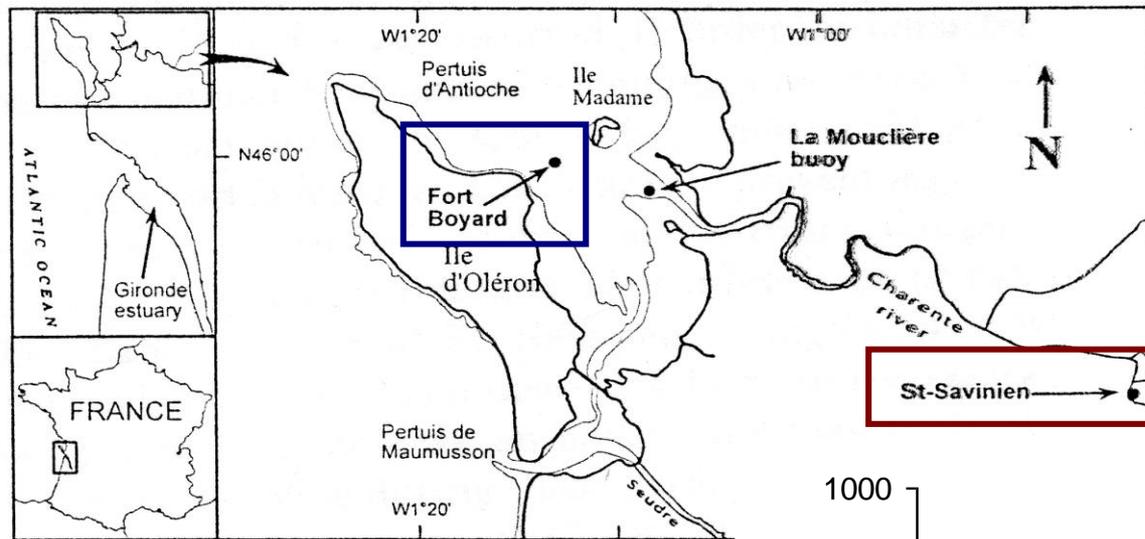
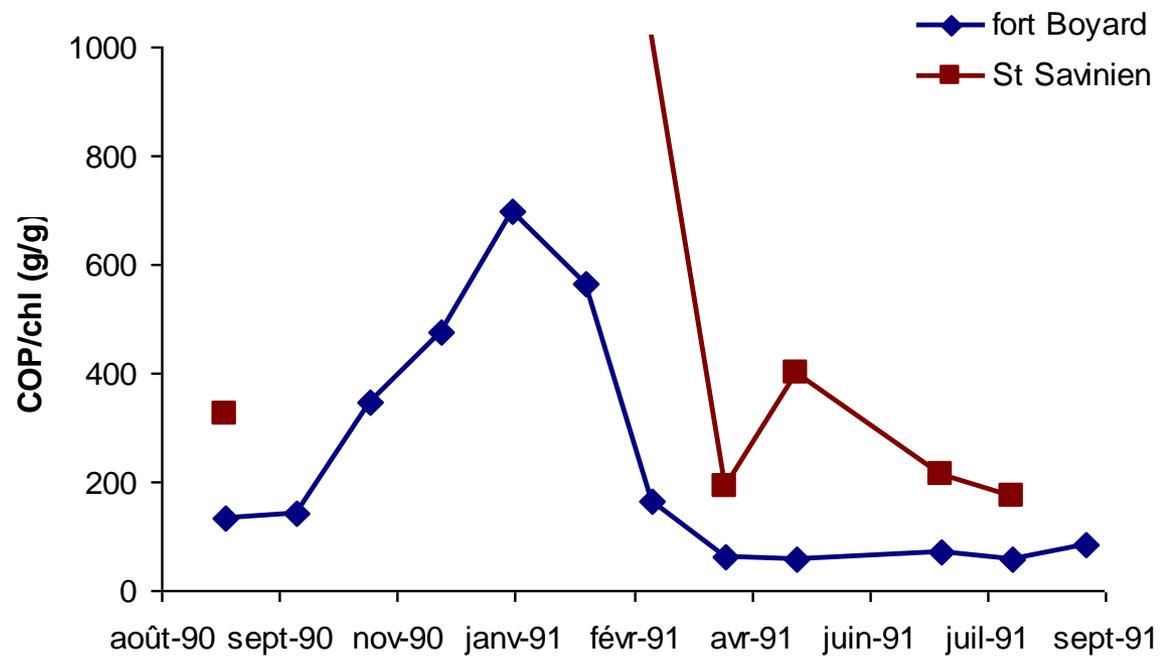


Figure 1. Location map of Marennes-Oléron (—: mudflats limit).

Charente et baie de Marennes-Oléron



D'après Richard et al. (1997)

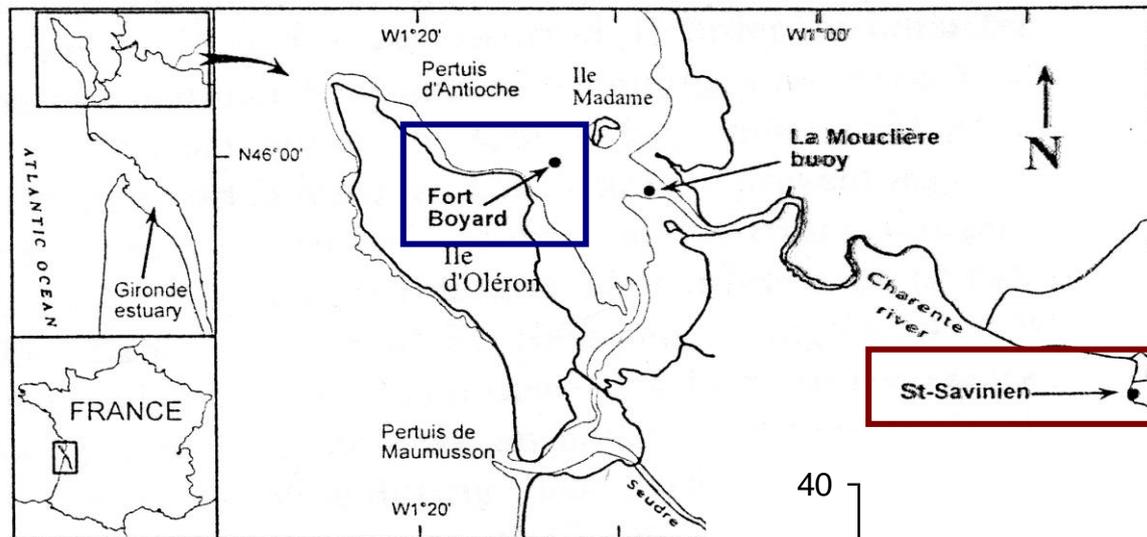
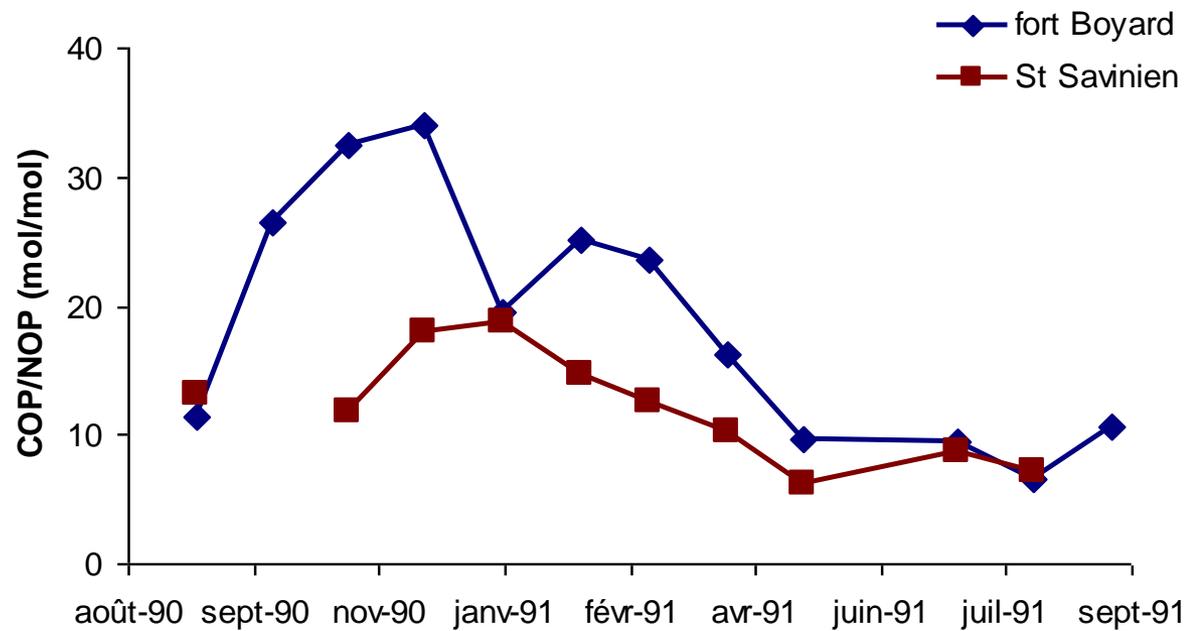


Figure 1. Location map of Marennes-Oléron (—: mudflats limit).



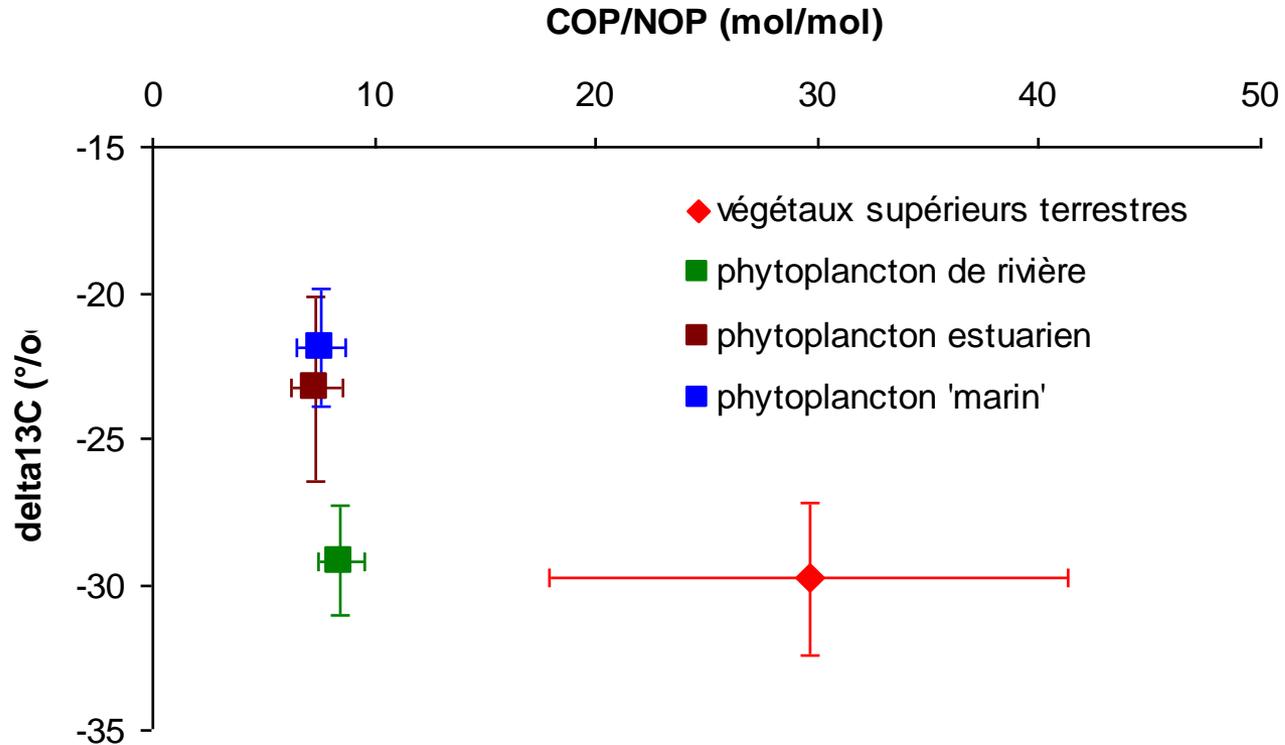
Intérêt de combiner les paramètres

COP/Chl	phytoplancton 'frais' 40 / 140	détritus >200	mixo/hétérotrophes >200
----------------	---	-----------------------------------	---

COP/NOP	phytoplancton 6,3 / 9,7	zooplancton 2,9 / 6,5	bactéries 3,6 / 5,9	végétaux supérieurs >12
----------------	--	--	--------------------------------------	---

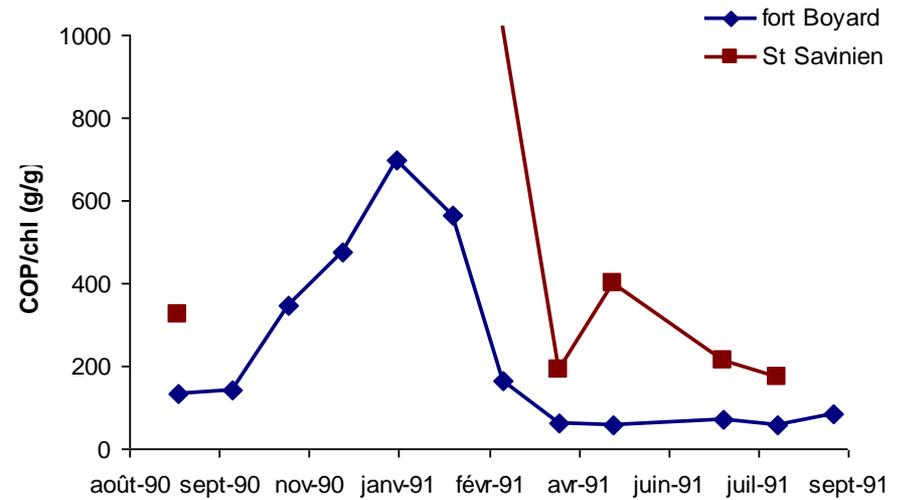
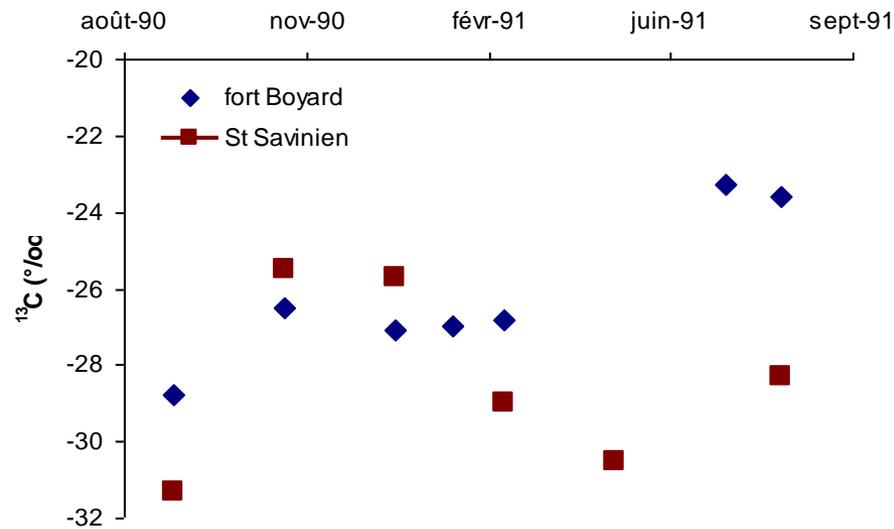
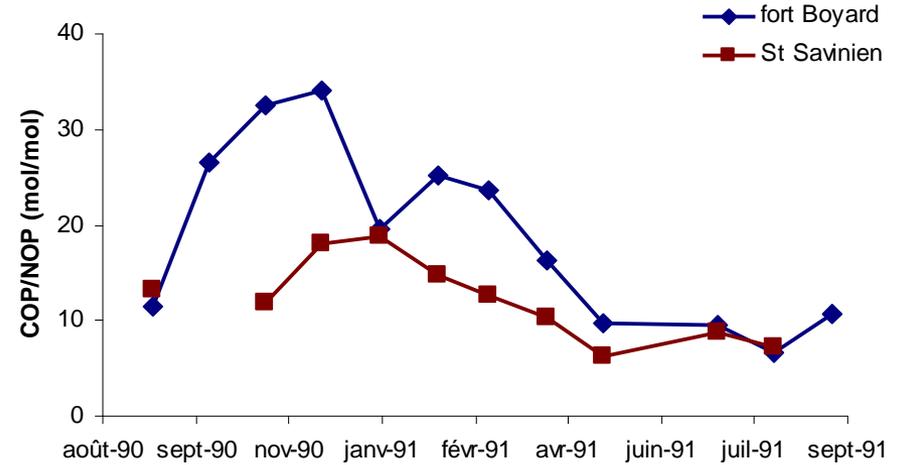
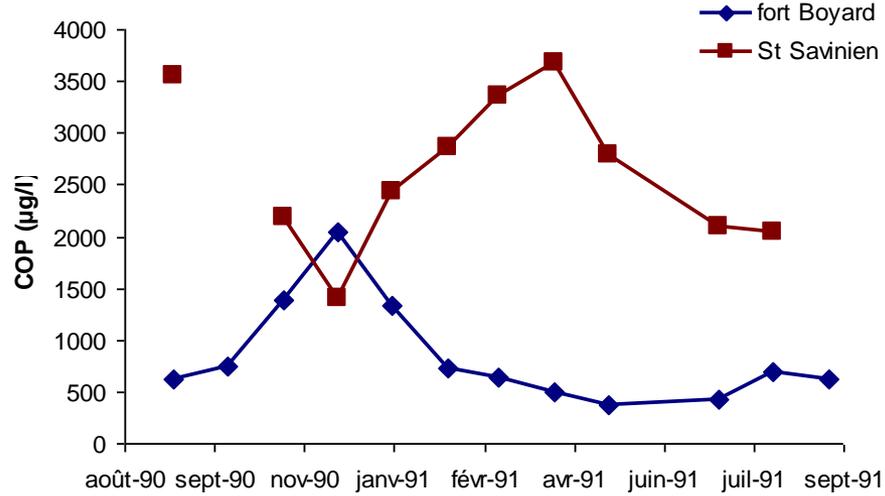
	phytoplancton		zooplancton		macrophytes	végétaux supérieurs	
	mer	eau douce	mer	eau douce	marins	C3	C4
$\delta^{13}\text{C}$	-23,4 /	-33,4 /	-23,0 /	-31,4 /	-18,0 /	-32,4 /	-15,0 /
(‰)	-18,0	-25,7	-18,9	-28,2	-16,0	-25,9	-12,0

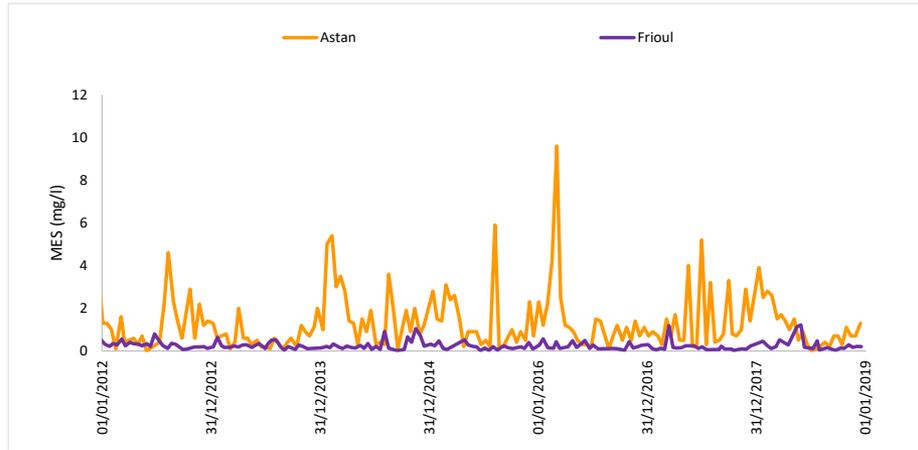
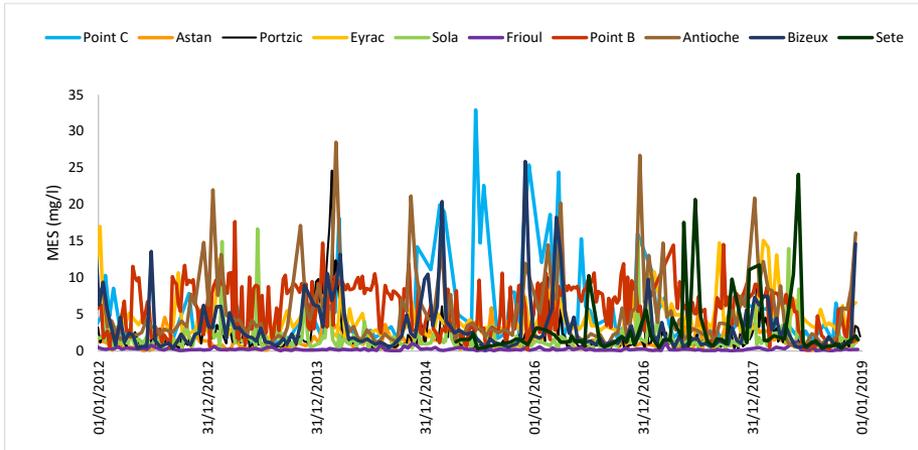
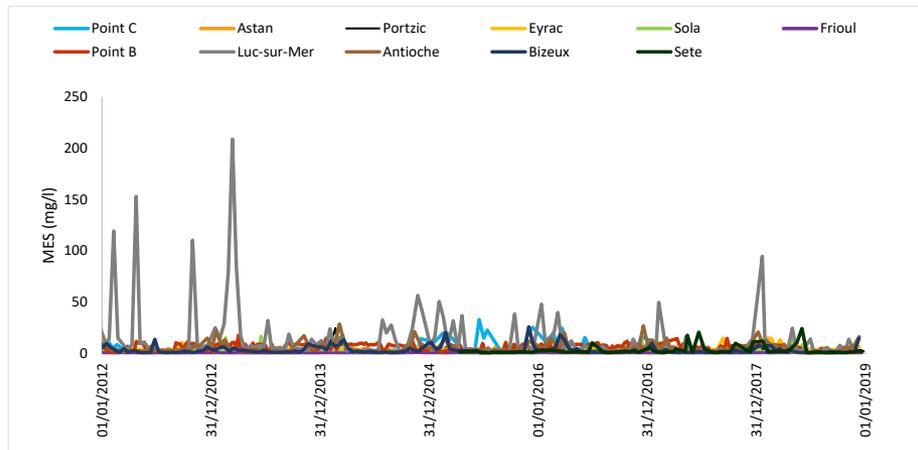
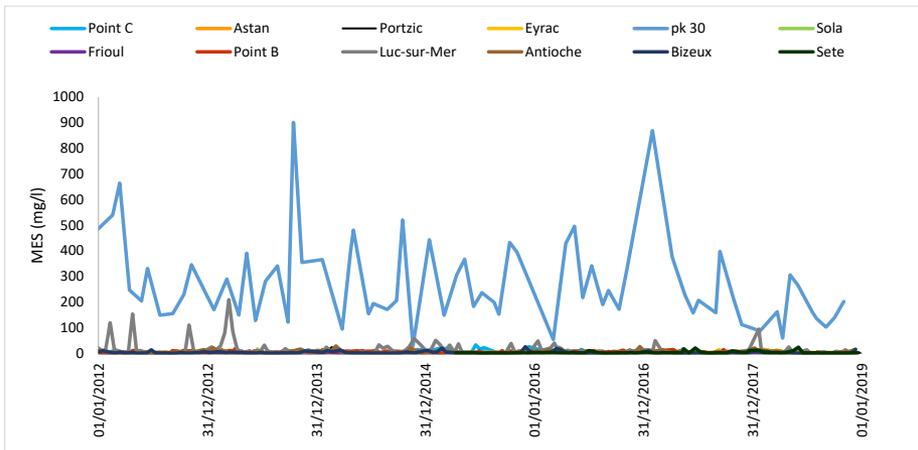
Exemple d'écosystèmes côtiers français



Rade de Brest et baie de Seine (d'après Savoye, 2001)

Intérêt de combiner les paramètres





- pesée du filtre vierge (M_0)
- filtration
- séchage à l'étuve (50-70°C)
- pesée du filtre avec MES (M_1)

$$\text{Poids MES} = M_1 - M_0$$

Etape	Sous-étape	précaution	risque
Prélèvement	Niskin -> bidon	Prélèvement rapide	Sédimentation dans la Niskin
	Bidon -> éprouvette	Homogénéiser le bidon	Sédimentation dans le bidon
		Homogénéiser le bidon en douceur	Éclatement des cellules phytoplanctoniques*
Filtration	filtration	Vide modéré	
	Rinçage	Rincer le filtre avec précaution	Reste de sel
Manipulation du filtre		Utiliser des pinces à bout plat	Perte de fibres de verre

Le rinçage du filtre



- Arrêter le vide et rincer la tulipe de filtration (idéalement au formiate d'ammonium, à défaut à l'eau déionisée) pour récupérer les particules,
- Laisser 'agir' quelques minutes
- Filtrer



- Sous vide, rincer la couronne du filtre (partie blanche) doucement en faisant 7 fois le tour.

Objectif : évaluer l'importance du rinçage du filtre

Procédure : chaque station prélève et filtre 3 volumes d'eau identiques

- un filtre sans rinçage
- un filtre avec rinçage (eau déionisée) uniquement de la tulipe de filtration
- un filtre avec rinçage (eau déionisée) de la tulipe de filtration + de la couronne du filtre

Matériel : filtres GFF 25mm pré-pesés (Nicole)