

La matière organique particulaire : composition et forçages, du continent à l'océan

Nicolas SAVOYE



UMR EPOC (Université de Bordeaux / CNRS)
Station Marine d'Arcachon

Matière en suspension et matière organique particulaire

Matière en suspension (MES) : matière particulaire présente dans l'eau

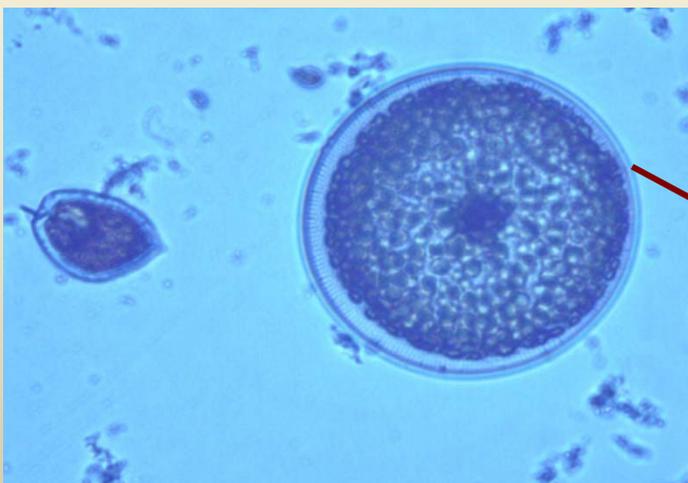
Compartiment lithogène : matière minérale non liée au vivant

Argiles

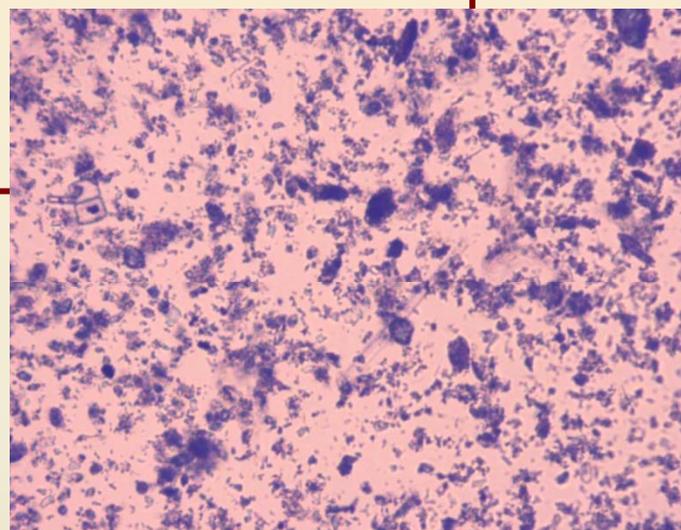
Sable

Etc...

Compartiment biogène : matière liée au vivant



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

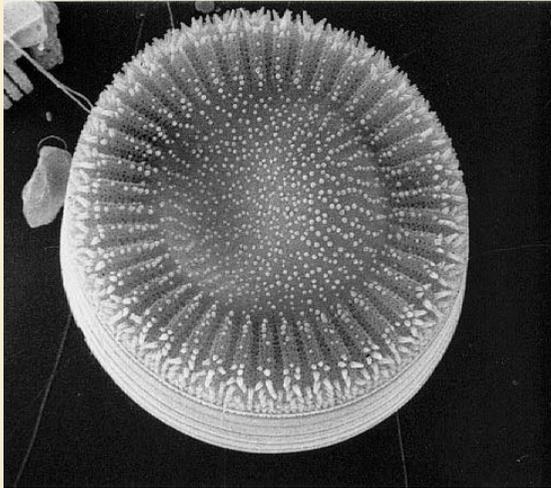


Estuaire de l'Aulne (Rade de Brest) 16/02/99

matière minérale liée au vivant

Exemple de matière minérale biogène

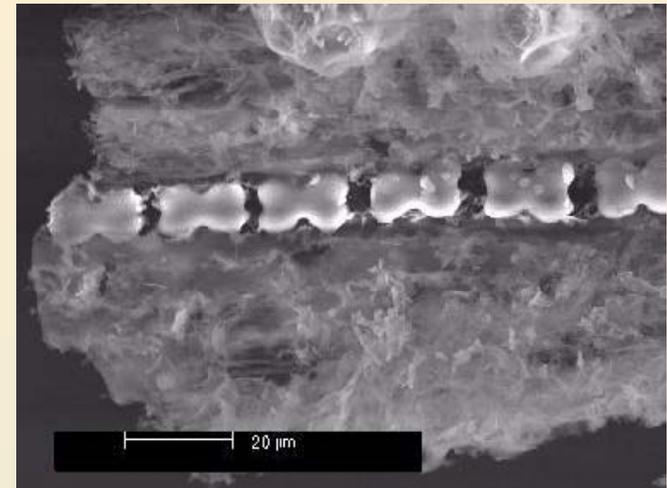
Autotrophes



Frustule de diatomée
(SiO_2)

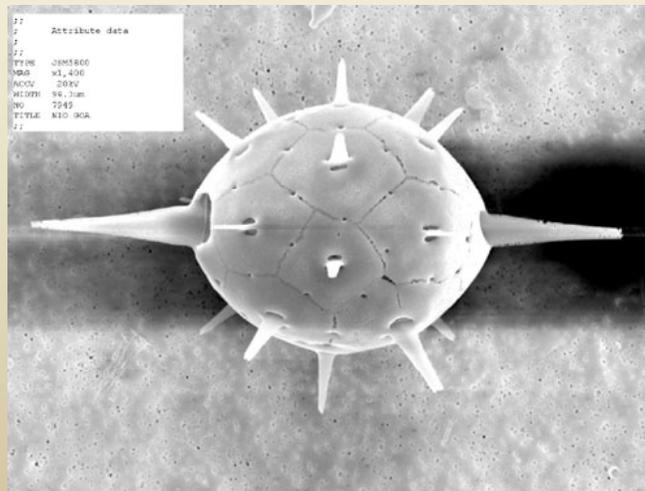


Teste de coccolithe
(CaCO_3)



Phytolithe de *Brachiaria*
(SiO_2)

Hétérotrophes



Sélestite d'acanthaire
(SrSO_4)

Matière en suspension et matière organique particulaire

Matière en suspension (MES) : matière particulaire présente dans l'eau

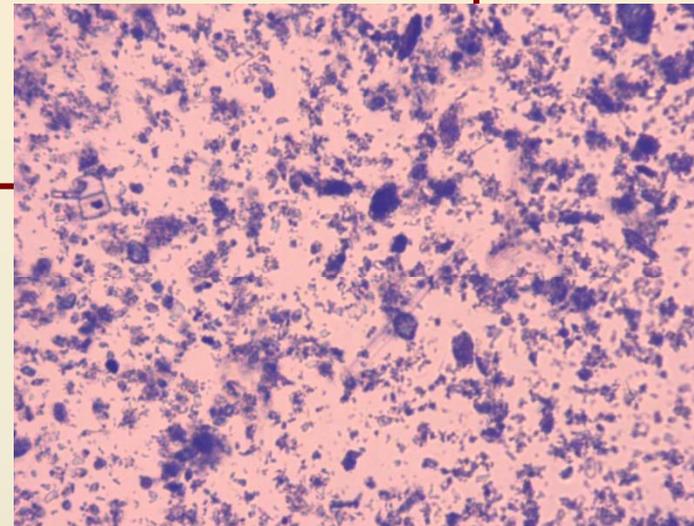
Compartiment lithogène : matière minérale non liée au vivant

Argiles

Sable

Etc...

Compartiment biogène : matière liée au vivant



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



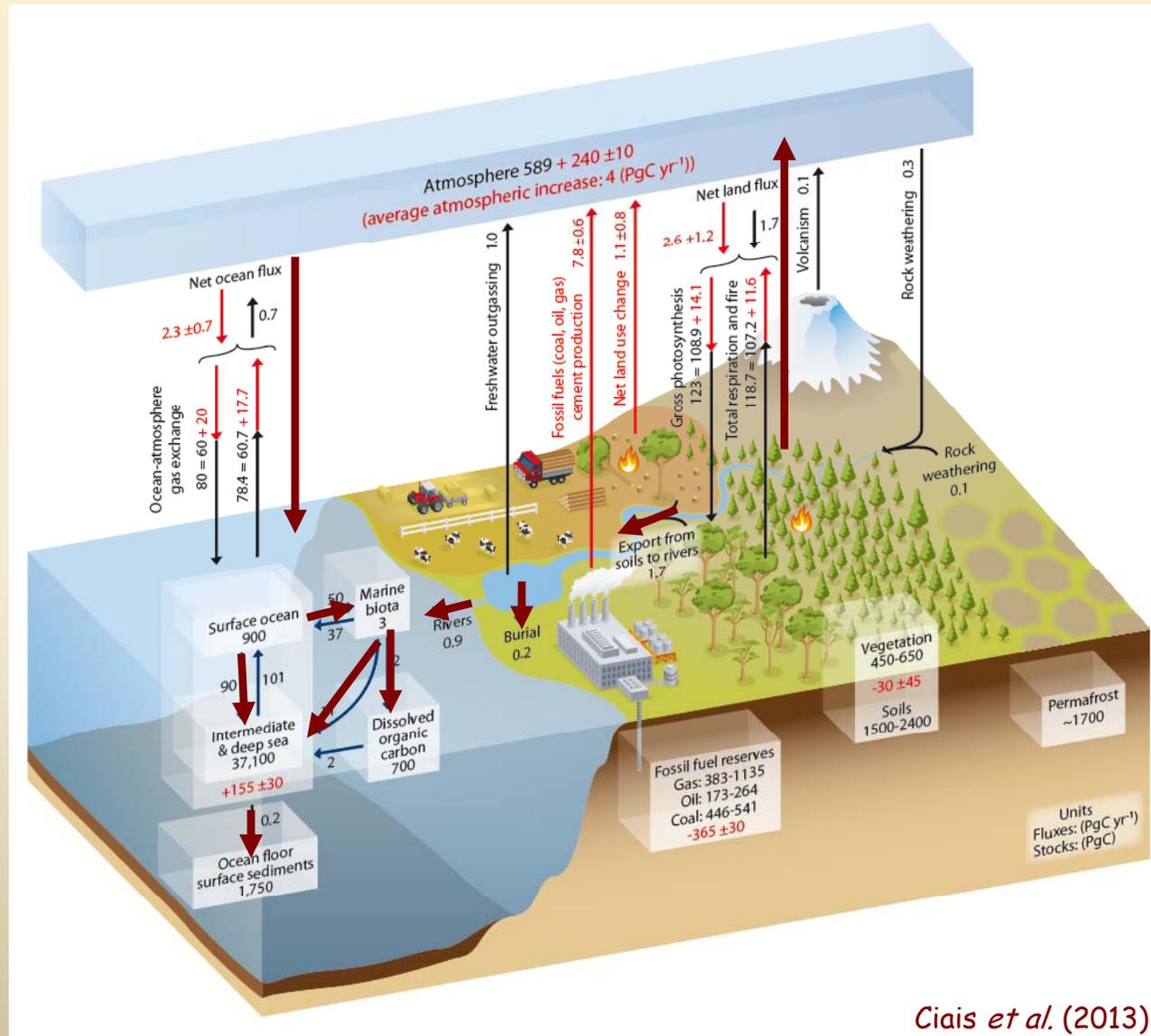
Estuaire de l'Aulne (Rade de Brest) 17/08/98

matière minérale liée au vivant

matière organique

La matière organique particulaire et le cycle global du carbone

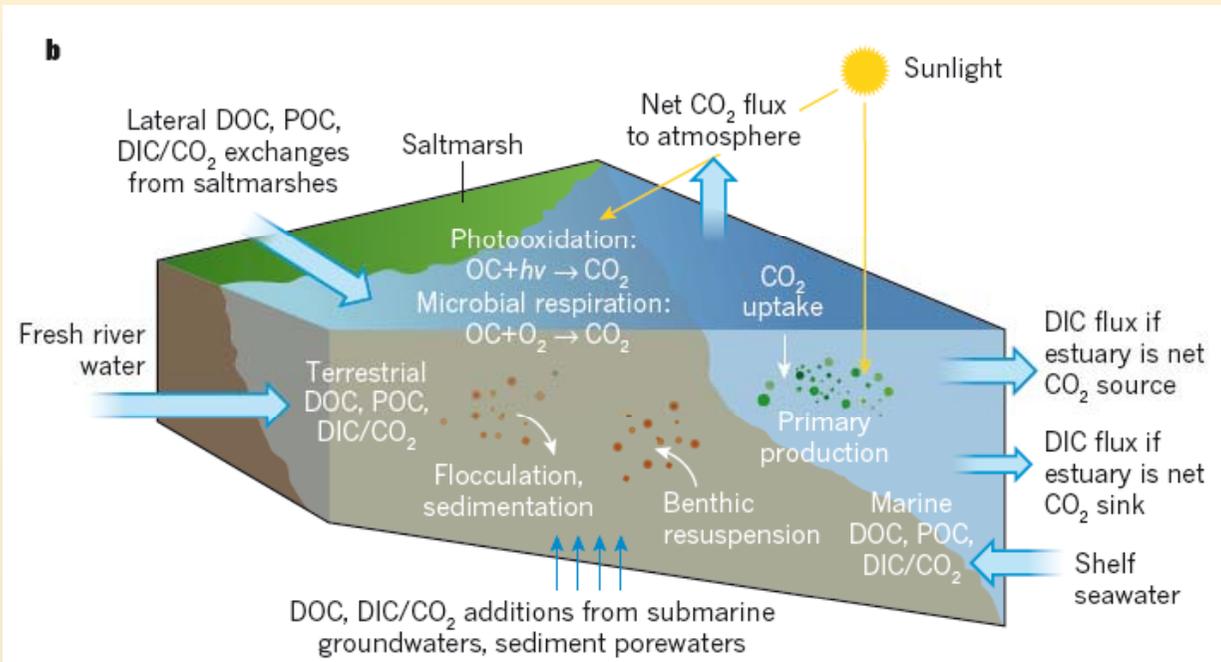
Matière organique particulaire (MOP) : matière particulaire vivante ou d'origine vivante, non minérale



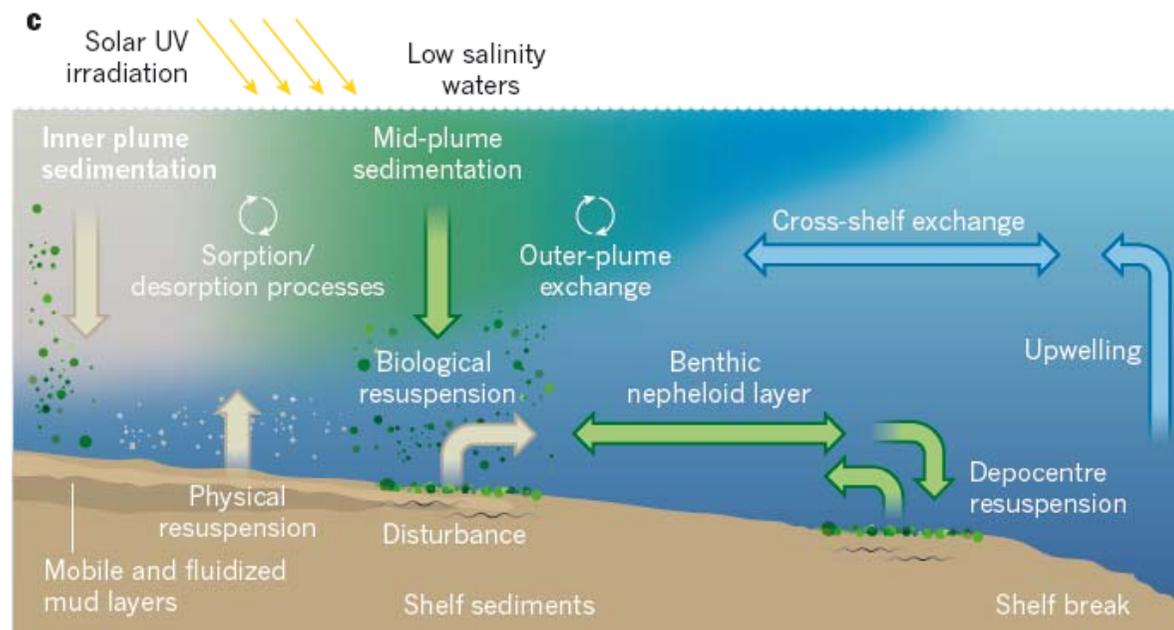
Ciais *et al.* (2013)

La matière organique particulaire et le cycle du carbone en zone côtière

Estuaire

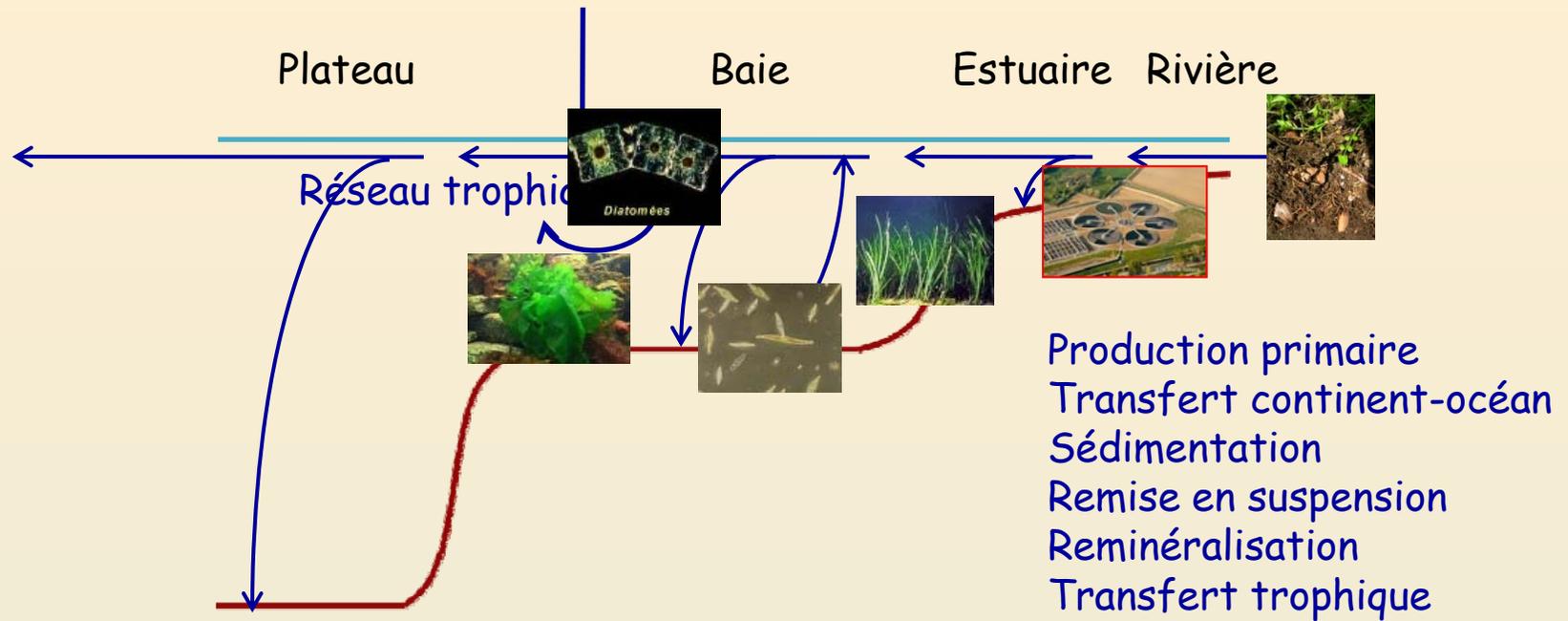


Plateau continental

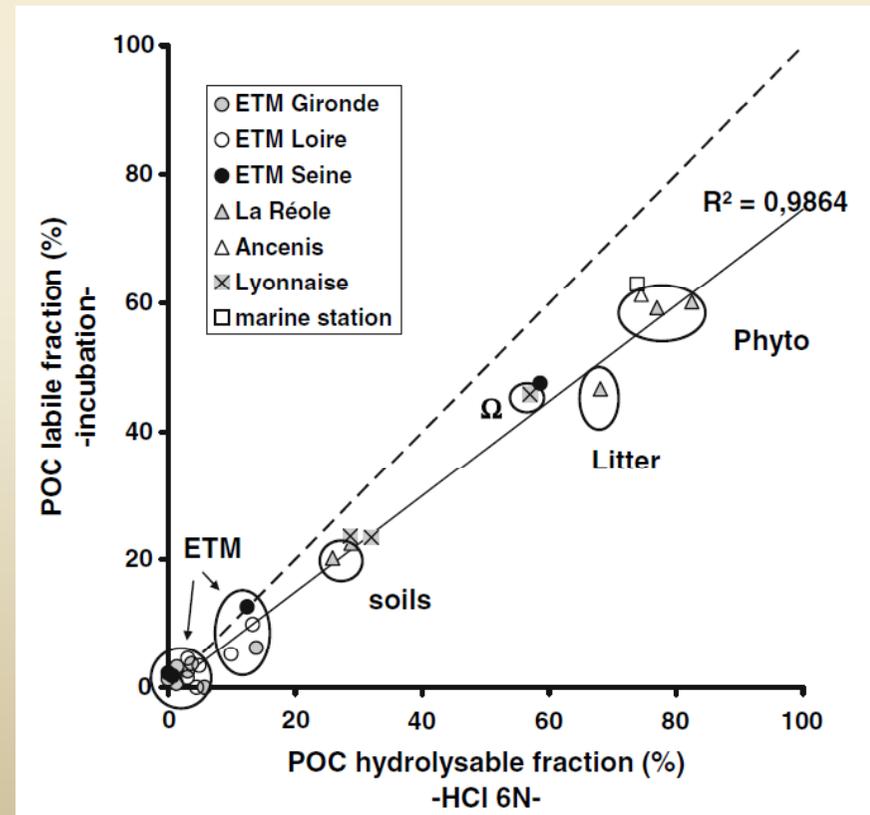
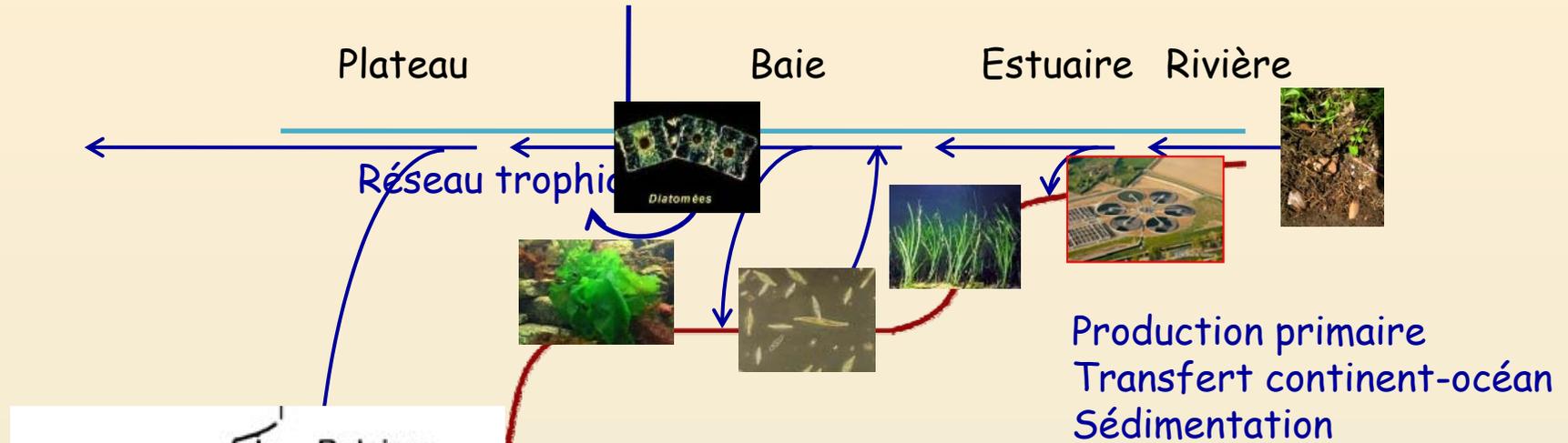


Bauer *et al.* (2013)

Grande diversité de la matière organique particulaire dans les systèmes côtiers

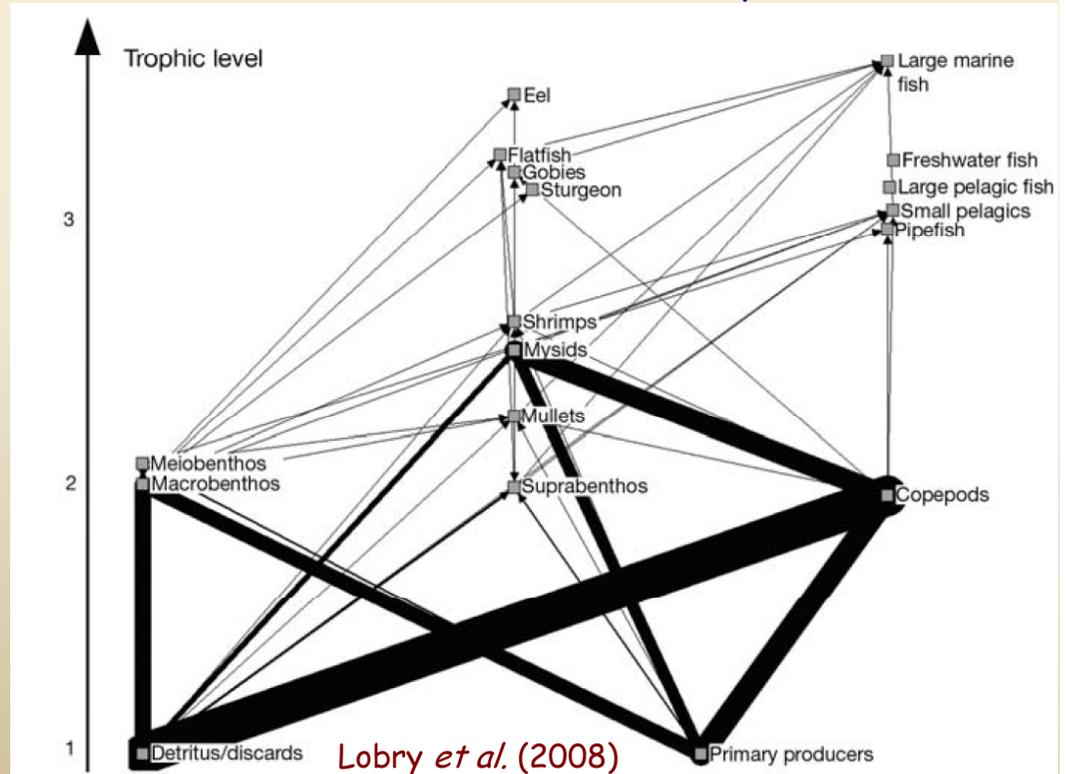
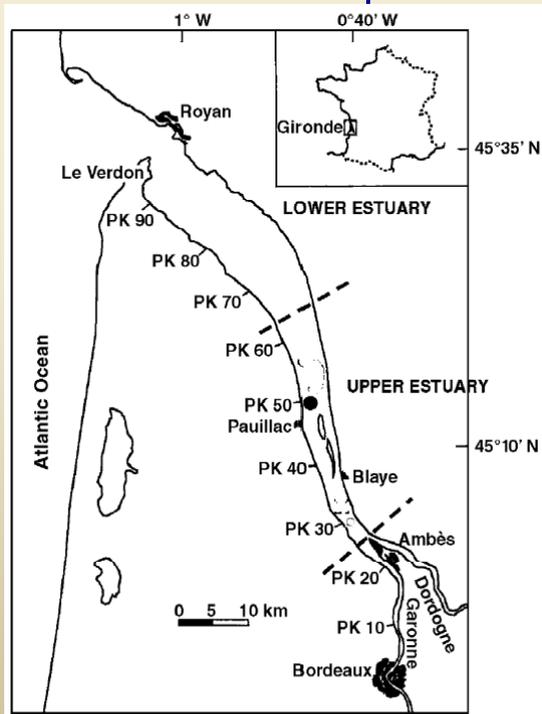
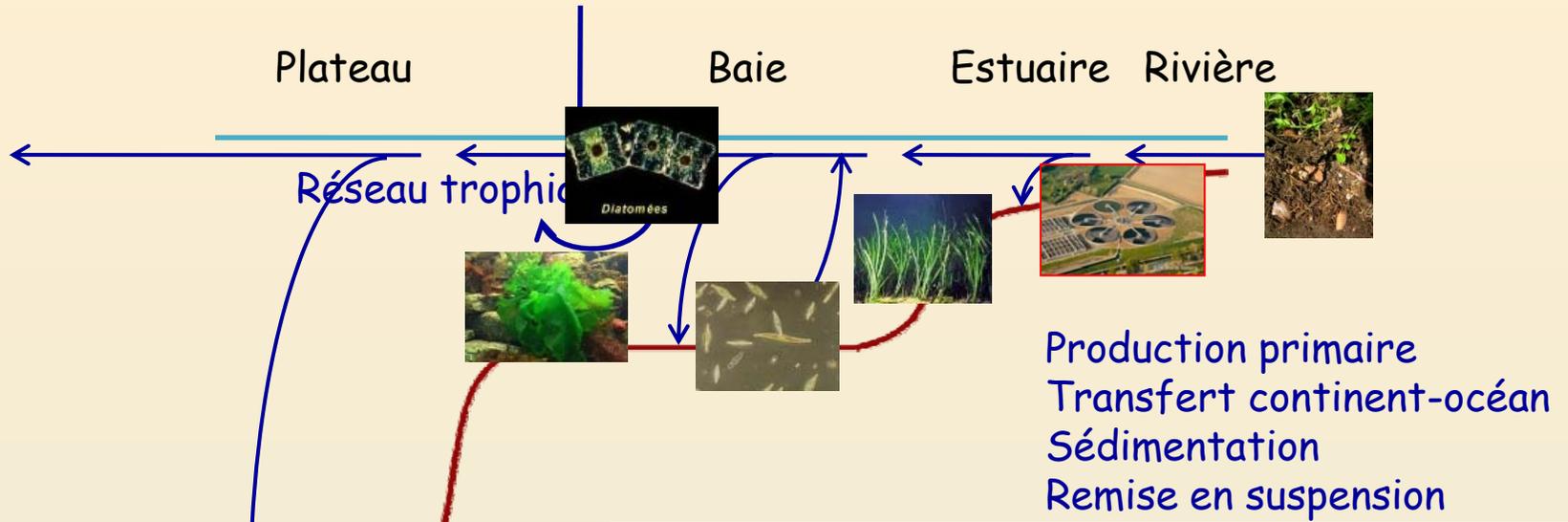


La labilité de la matière organique particulaire dépend de son origine

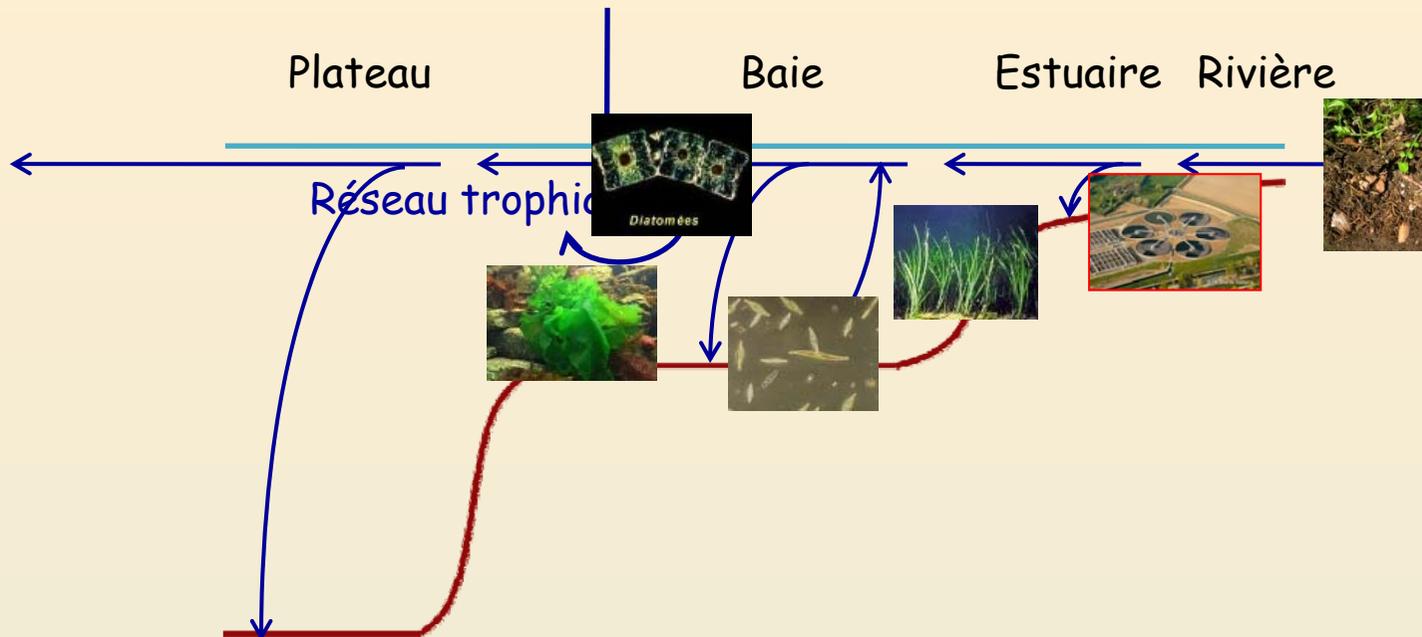


nsion
ique

La biodisponibilité de la matière organique particulaire dépend de son origine

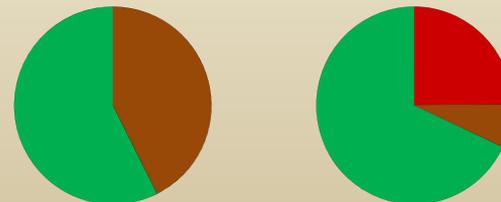


Grande diversité d'origine, de labilité et de biodisponibilité de la MOP côtière

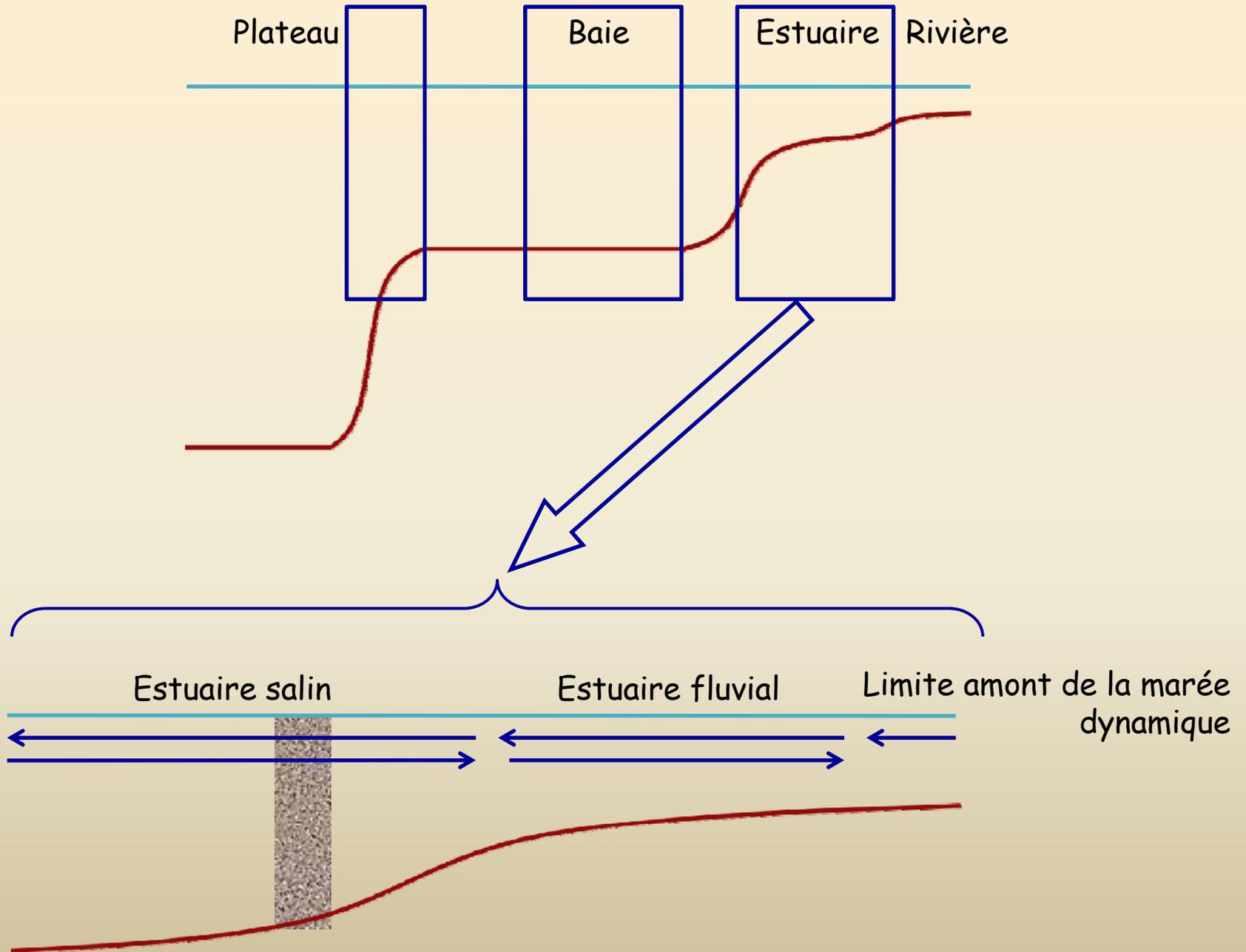


Quelles sources composent la MOP et sont impliquées dans les flux en systèmes côtiers ?

Nécessité de quantifier les contributions relatives des différentes sources à la composition de la MOP côtière



Grande diversité des systèmes côtiers



Les outils d'estimation de la composition de la MOP : les rapports élémentaires

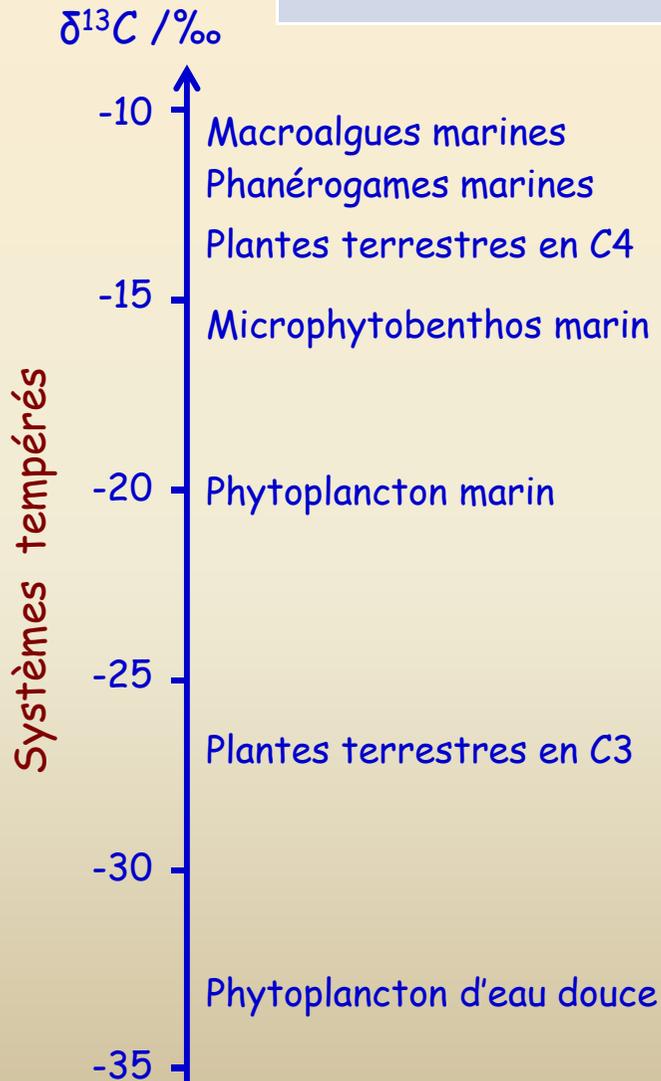
C/N (mol.mol⁻¹)

hétérotrophes	algues	végétaux supérieurs
3 - 6	5 - 10	> 12

Les outils d'estimation de la composition de la MOP : les rapports isotopiques

C/N (mol.mol⁻¹)

hétérotrophes	algues	végétaux supérieurs
3 - 6	5 - 10	> 12

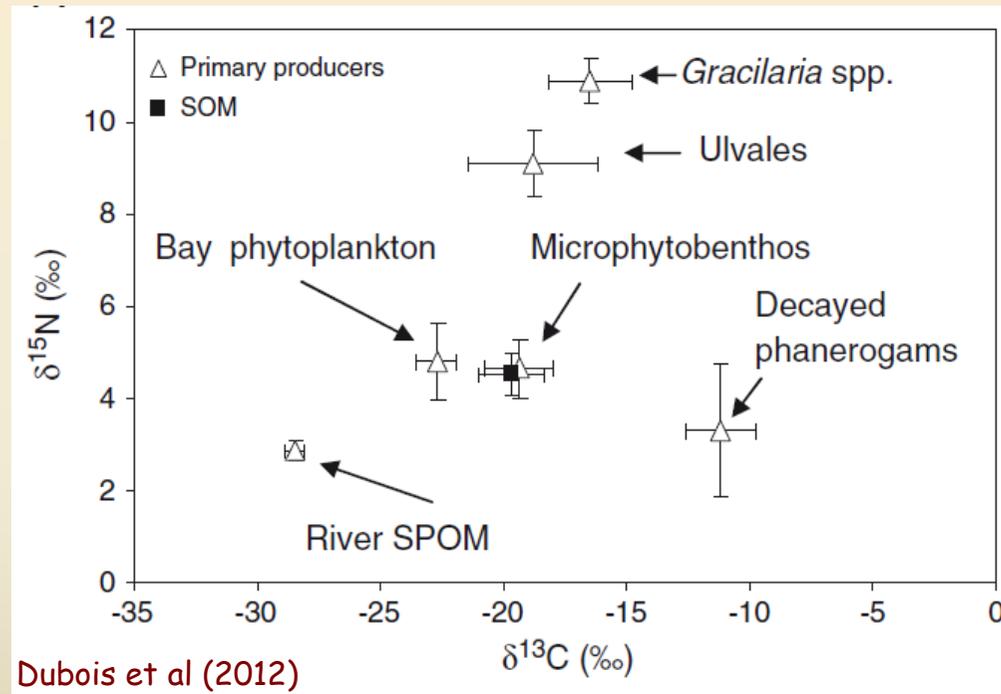
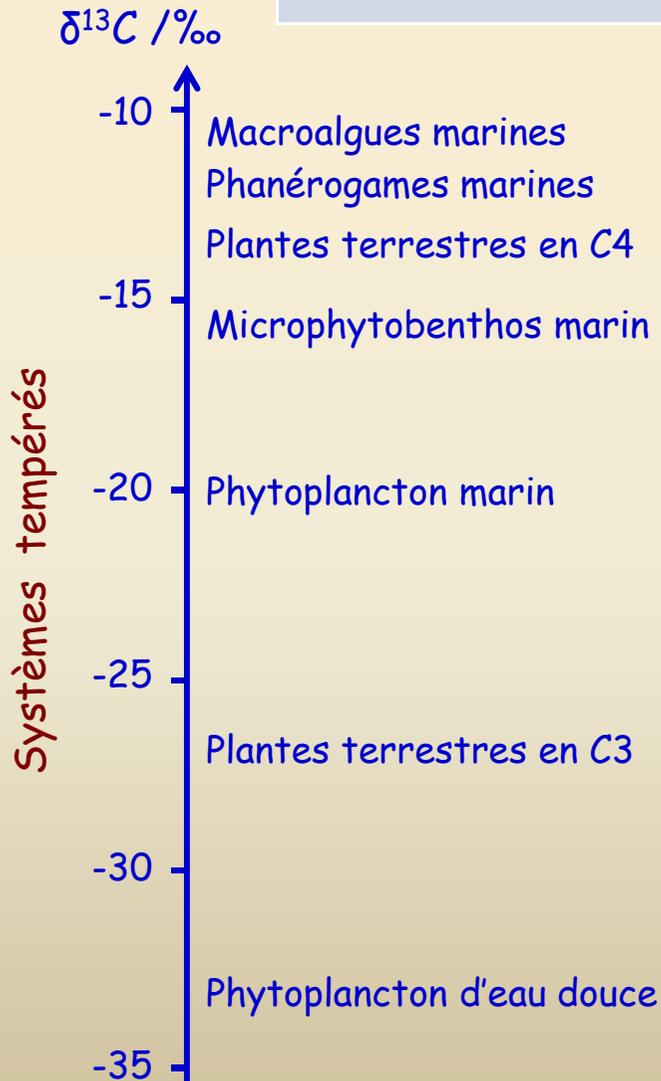


$$\delta^{13}\text{C} = \frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{échantillon}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{VPDB}}} - 1$$

Les outils d'estimation de la composition de la MOP : les rapports isotopiques

C/N (mol.mol⁻¹)

hétérotrophes	algues	végétaux supérieurs
3 - 6	5 - 10	> 12



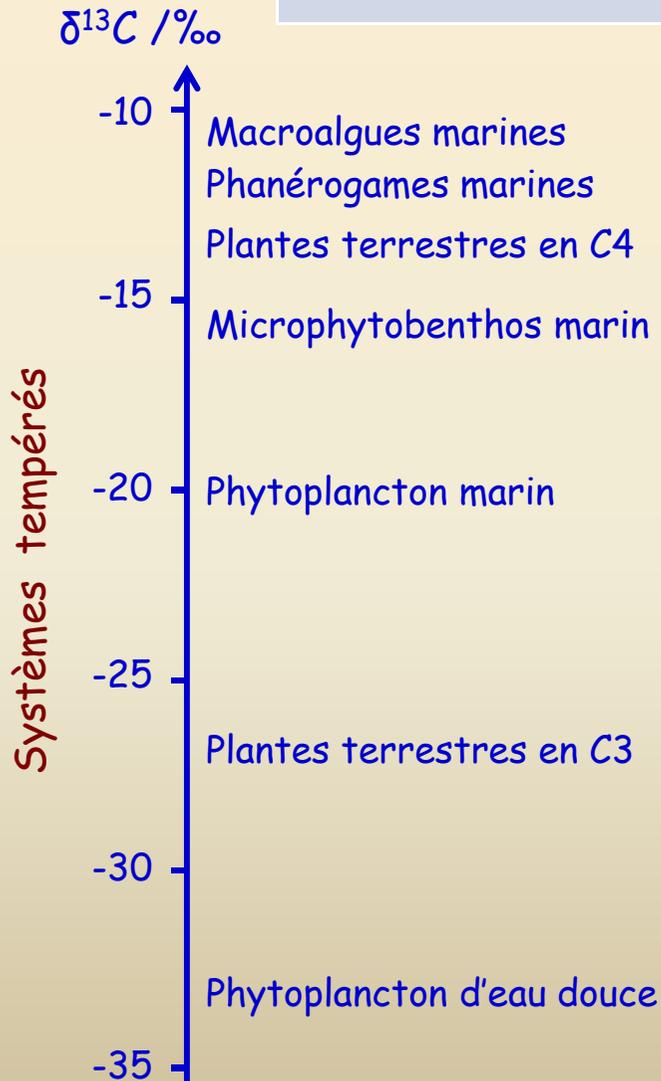
$$\delta^{13}\text{C} = \frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{échantillon}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{VPDB}}} - 1$$

$$\delta^{15}\text{N} = \frac{(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{\text{échantillon}}}{(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{\text{air-N}_2}} - 1$$

Les outils d'estimation de la composition de la MOP : les modèles de mélange

C/N (mol.mol⁻¹)

hétérotrophes	algues	végétaux supérieurs
3 - 6	5 - 10	> 12



$$N/C = f_1 N/C_{\text{source 1}} + \dots + f_n N/C_{\text{source n}}$$

$$\delta^{13}C = f_1 \delta^{13}C_{\text{source 1}} + \dots + f_n \delta^{13}C_{\text{source n}}$$

$$\delta^{15}N = f_1 \delta^{15}N_{\text{source 1}} + \dots + f_n \delta^{15}N_{\text{source n}}$$

$$f_1 + \dots + f_n = 1$$

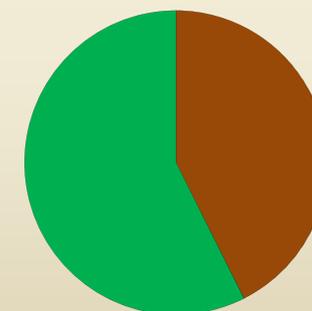
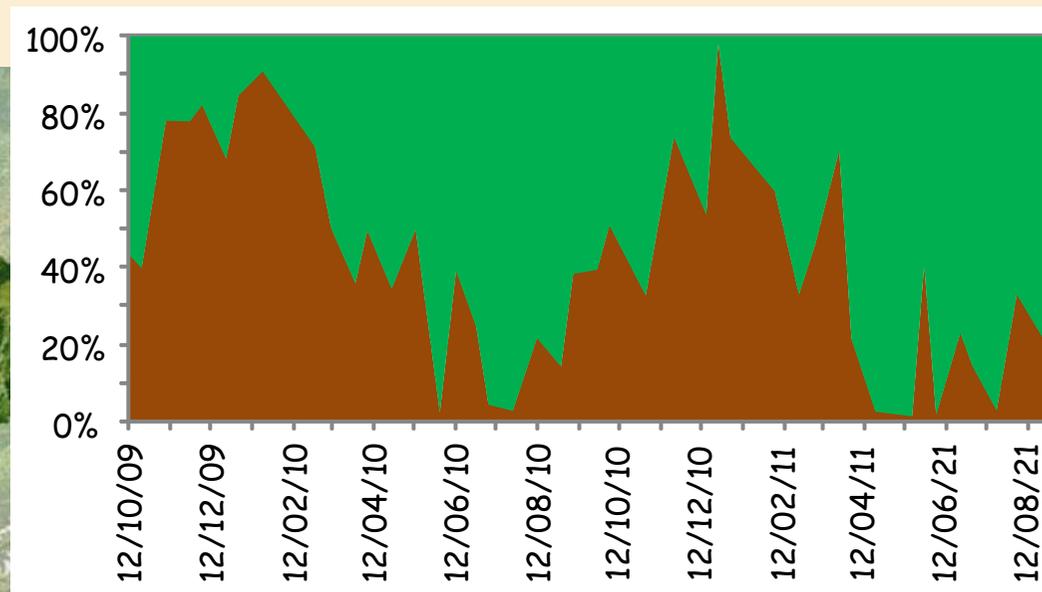
$$\delta^{13}C = \frac{(^{13}C/^{12}C)_{\text{échantillon}}}{(^{13}C/^{12}C)_{\text{VPDB}}} - 1$$

$$\delta^{15}N = \frac{(^{15}N/^{14}N)_{\text{échantillon}}}{(^{15}N/^{14}N)_{\text{air-N}_2}} - 1$$

Composition de la matière organique particulaire dans les systèmes côtiers

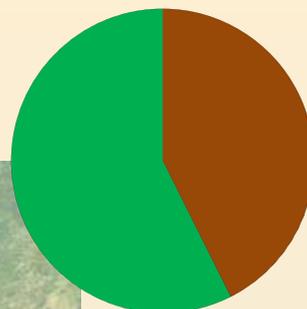
- Phytoplancton
- MOP terrestre

Estuaire de la Loire (limite amont)



Composition de la matière organique particulaire dans les systèmes côtiers

- Phytoplancton
- MOP terrestre

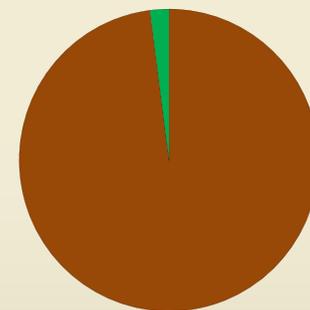
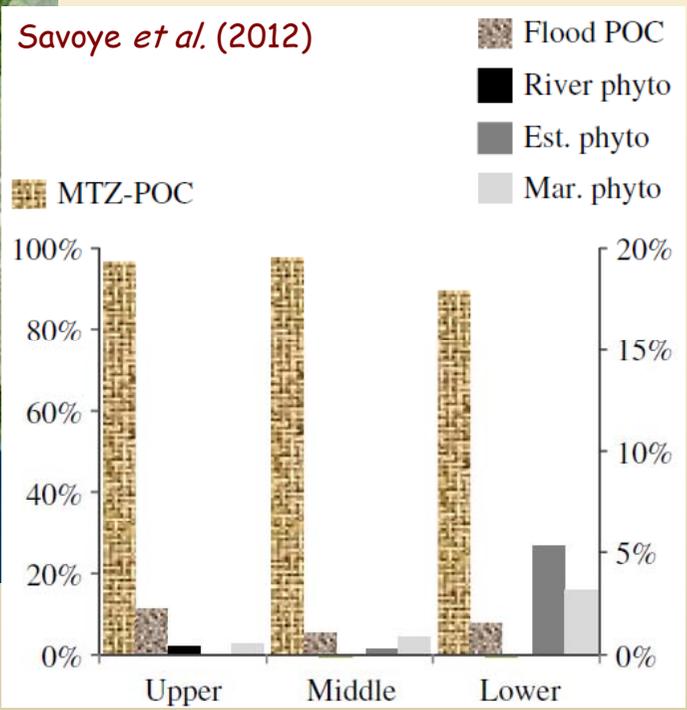


Estuaire de la Loire (limite amont)

Estuaire de la Gironde (estuaire halin)

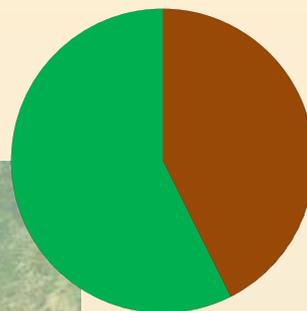


Savoie *et al.* (2012)

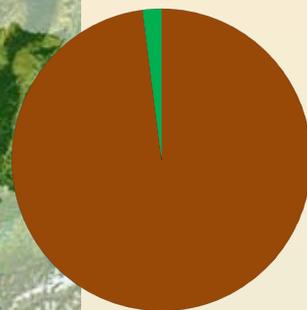


Composition de la matière organique particulaire dans les systèmes côtiers

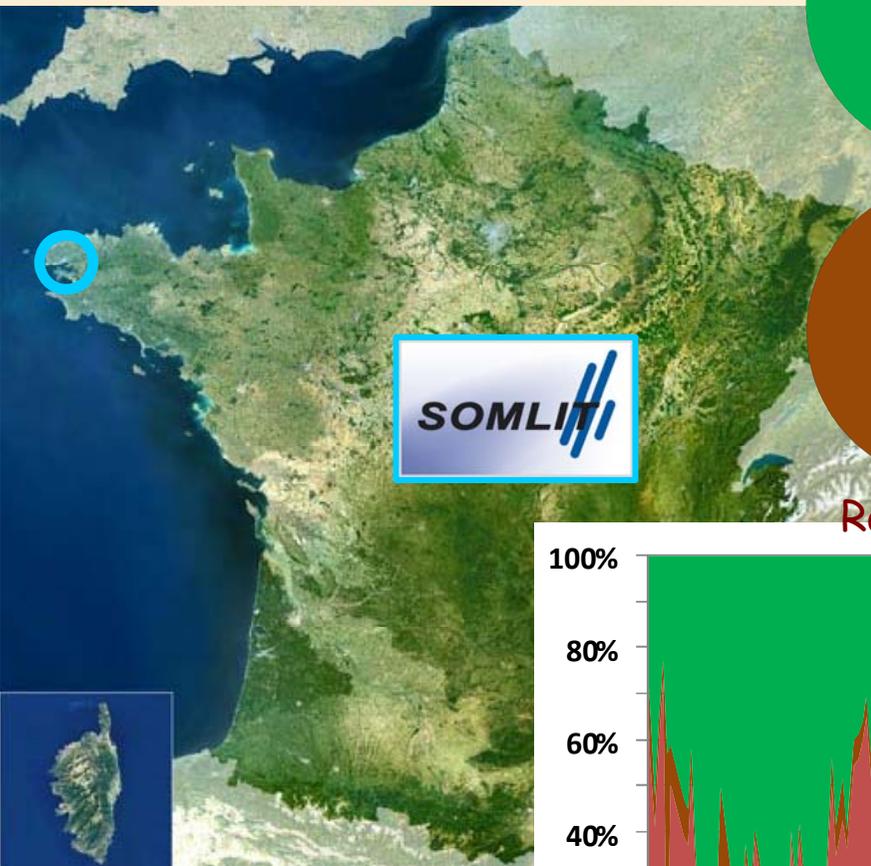
- Phytoplancton
- MOP terrestre



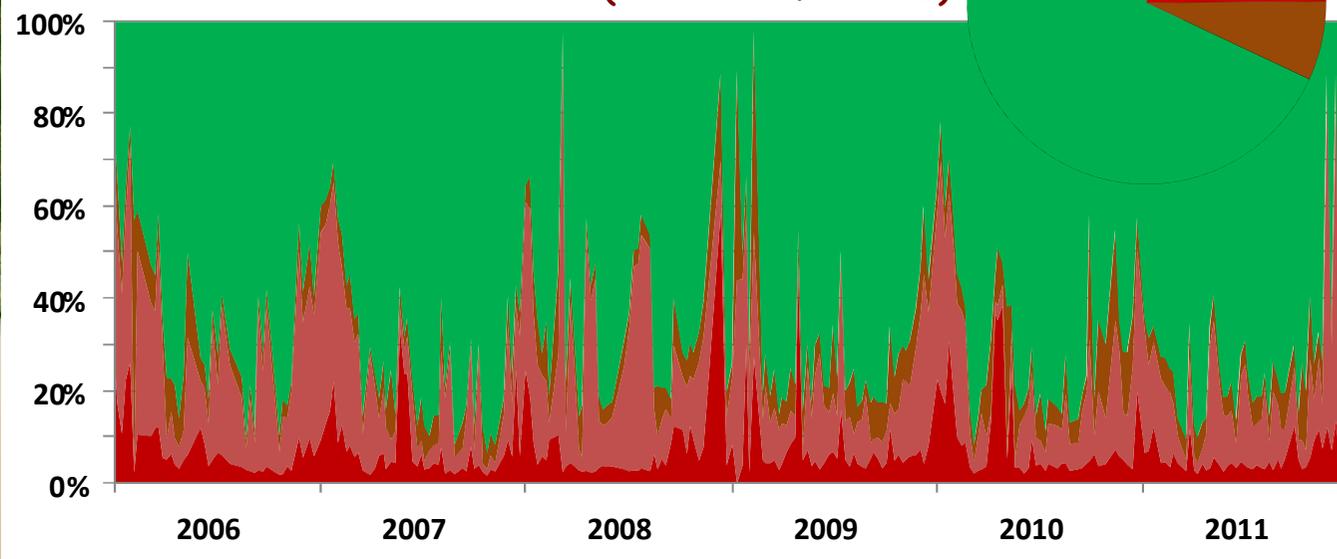
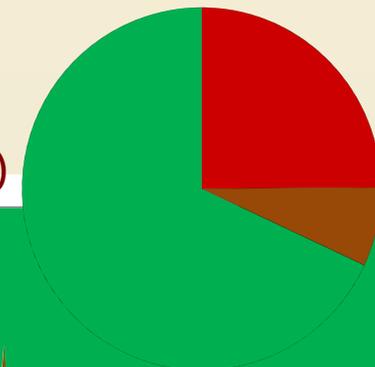
Estuaire de la Loire (limite amont)



Estuaire de la Gironde (estuaire halin)



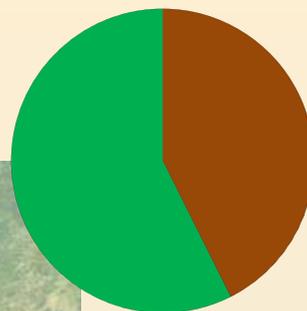
Rade de Brest (ria semi-fermée)



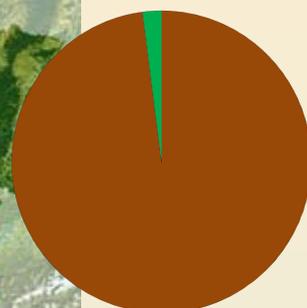
- Macroalgue 1
- Macroalgue 2
- MOP terrestre
- Phytoplancton

Composition de la matière organique particulaire dans les systèmes côtiers

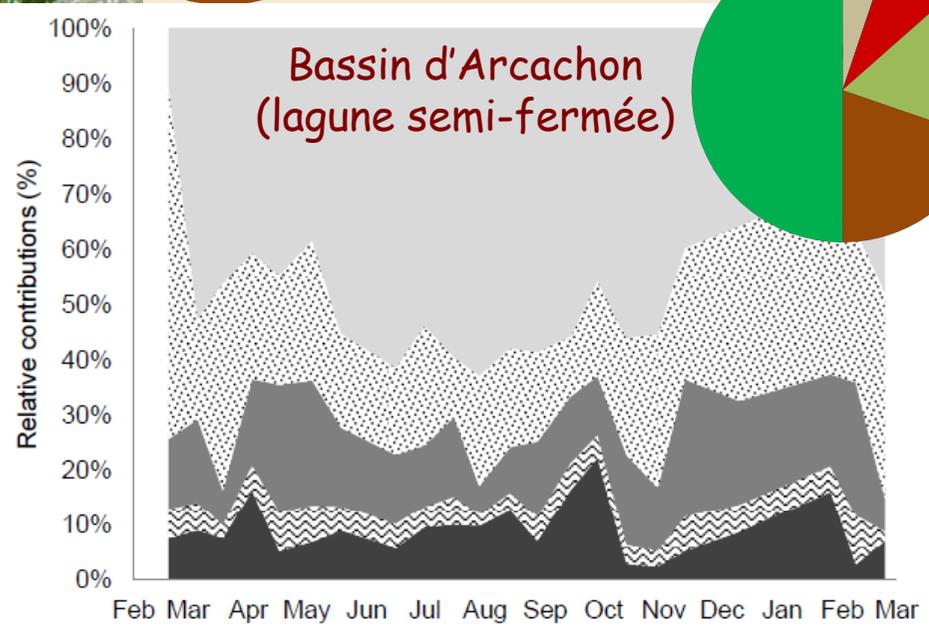
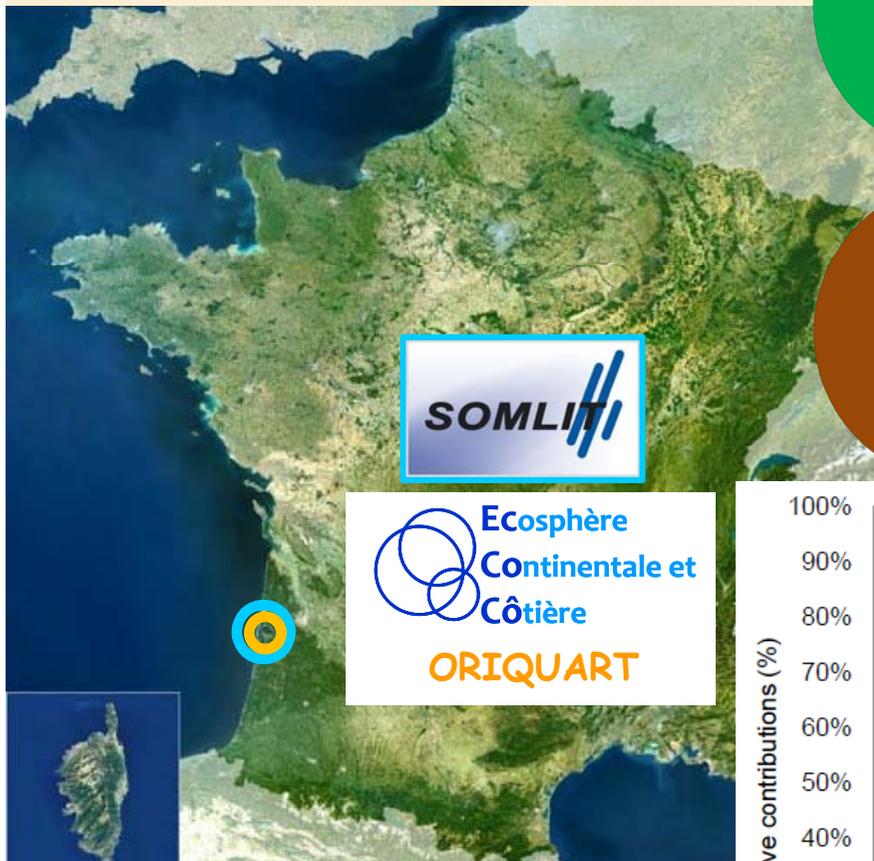
- Phytoplancton
- MOP terrestre
- Macroalgues
- Herbiier marin
- Microphytobenthos



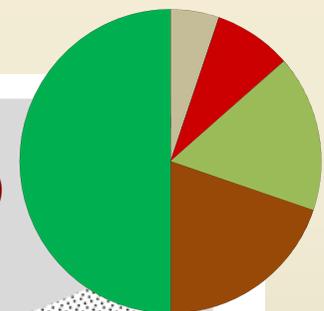
Estuaire de la Loire (limite amont)



Estuaire de la Gironde (estuaire halin)



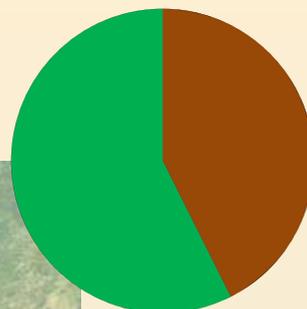
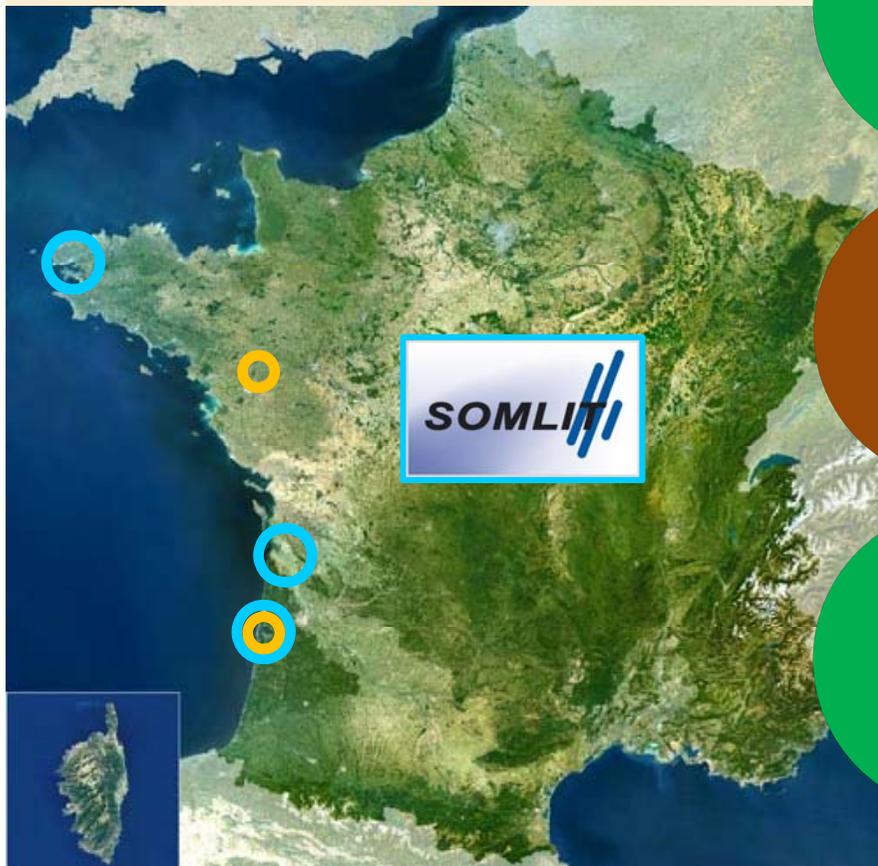
Bassin d'Arcachon (lagune semi-fermée)



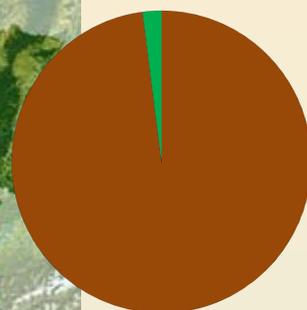
Dubois *et al.* (subm.) ■ Macroalgae ▨ Decayed seagrass ■ MPB ▨ River SPOM ■ Phytoplankton

Composition de la matière organique particulaire dans les systèmes côtiers

- Phytoplancton
- MOP terrestre
- Macroalgues
- Herbier marin
- Microphytobenthos



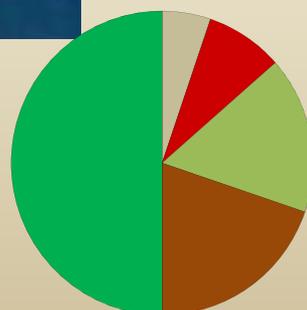
Estuaire de la Loire (limite amont)



Estuaire de la Gironde (estuaire halin)

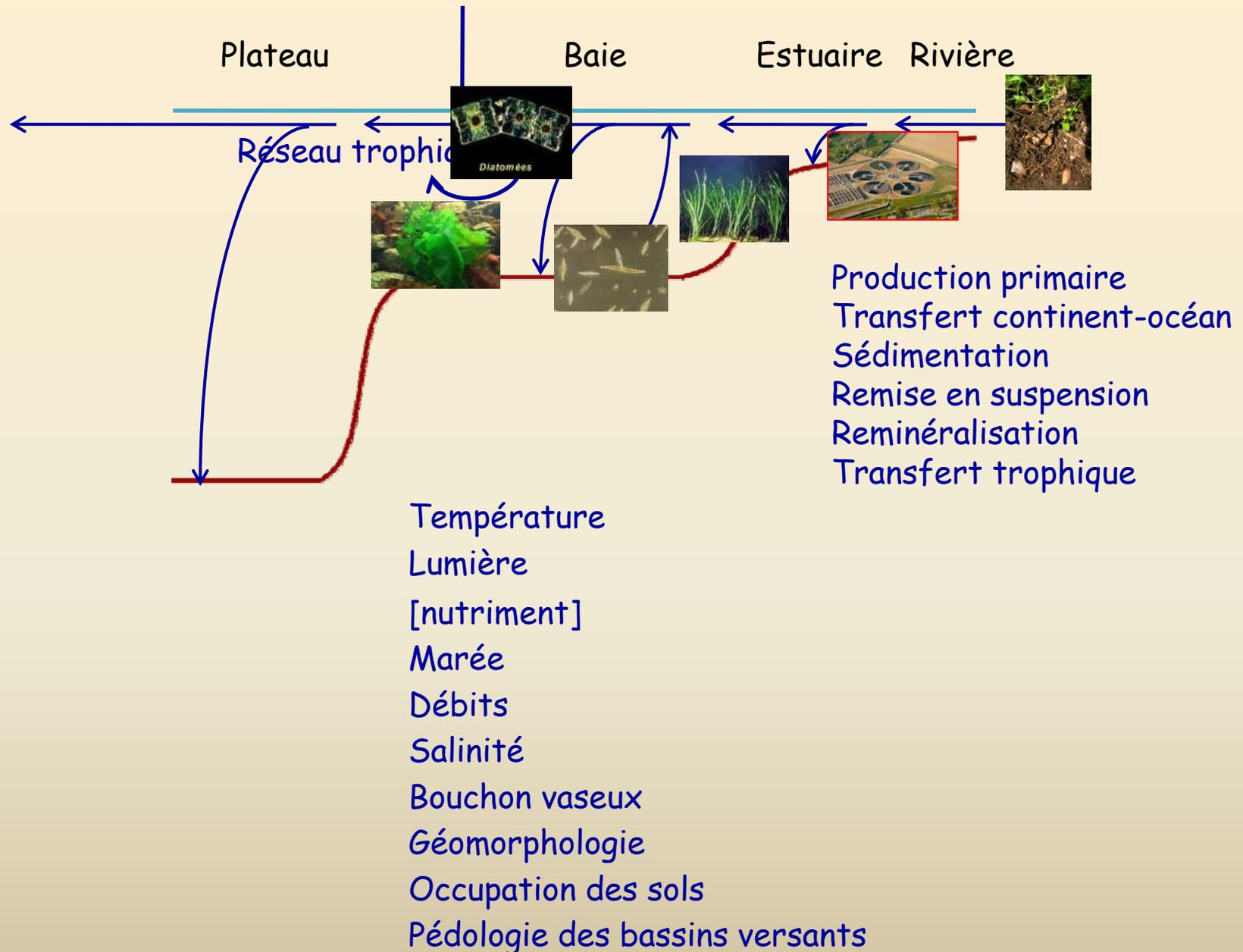


Rade de Brest (ria semi-fermée)

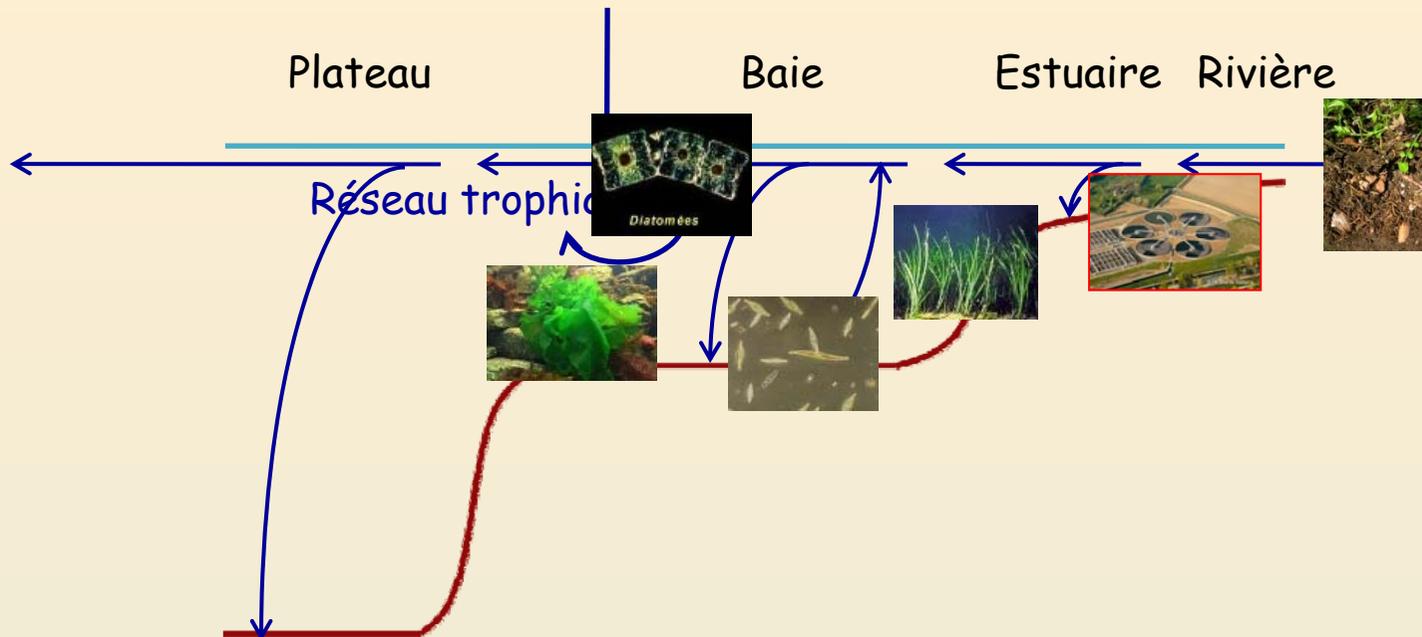


Bassin d'Arcachon (lagune semi-fermée)

Les forçages à la composition de la MOP dans les systèmes côtiers

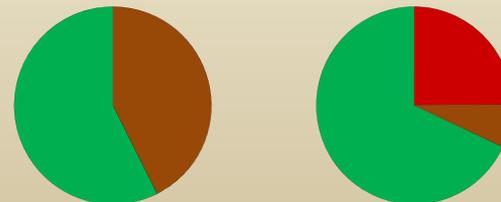


Grande diversité d'origine, de labilité et de biodisponibilité de la MOP côtière



Quelles sources composent la MOP et sont impliquées dans les flux en systèmes côtiers ?

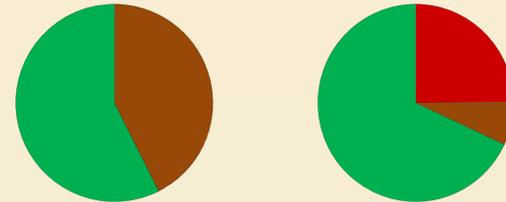
Nécessité de quantifier les contributions relatives des différentes sources à la composition de la MOP côtière



La matière organique particulaire : composition et forçages

Quelles sources composent la MOP et sont impliquées dans les flux en systèmes côtiers ?

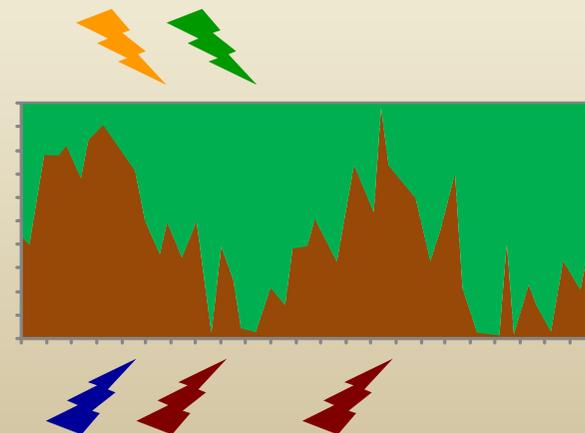
Nécessité de quantifier les contributions relatives des différentes sources à la composition de la MOP côtière



Quels sont les forçages à la composition de la MOP dans les systèmes côtiers ?

Nécessité d'identifier les forçages environnementaux pouvant expliquer les variations spatio-temporelles de cette composition

à l'échelle intra-systémique
à l'échelle multi-systémique



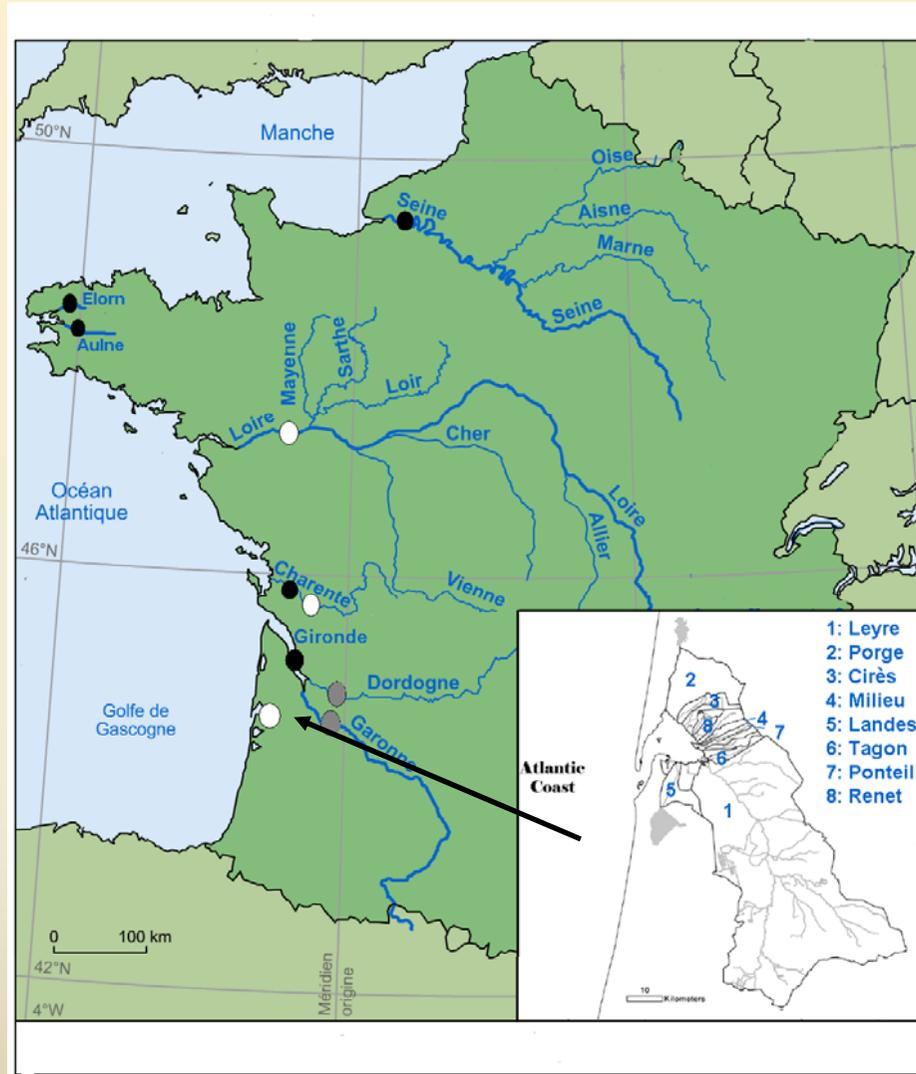
La matière organique particulaire : composition et forçages en milieu estuarien

Estuaires salins



Seine
Elorn
Aulne
Charente
Gironde

Gradient salin
Echantillonnage
mensuel à saisonnier



Estuaires
Fluviaux



Loire
Charente
Dordogne
Garonne
Leyre, Porge, Lanton,
Milieu, Canal des
Landes, Cirès, Tagon,
Ponteil, Renet

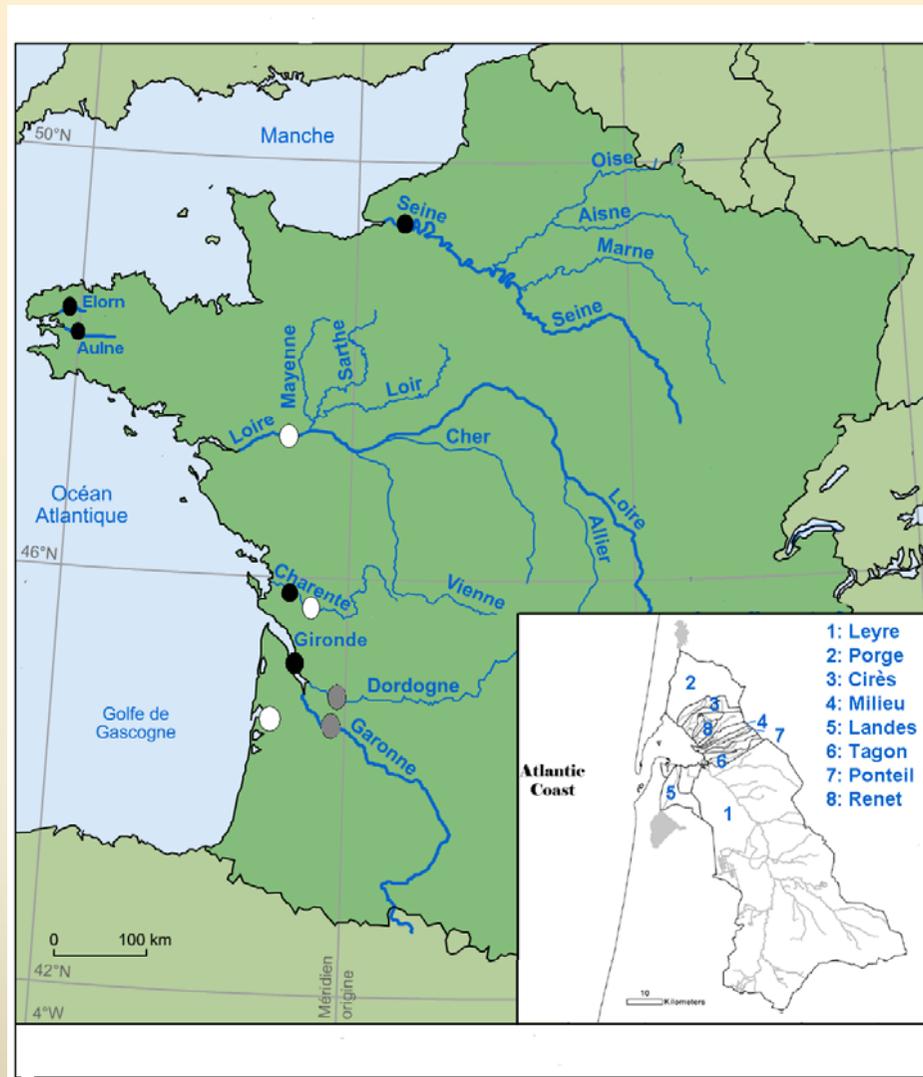
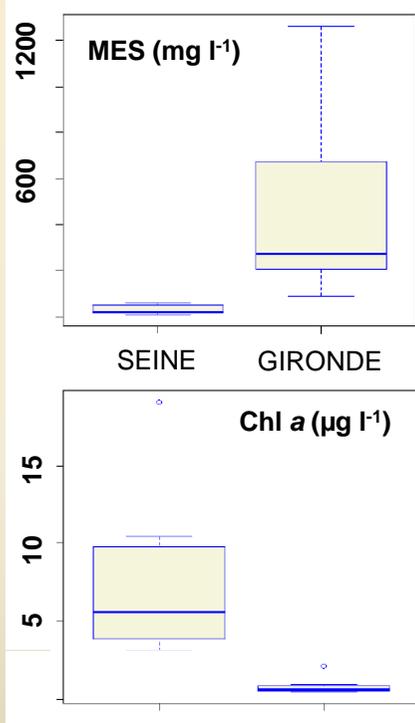
Une station
Echantillonnage
mensuel à di-mensuel

Données issues des thèses de

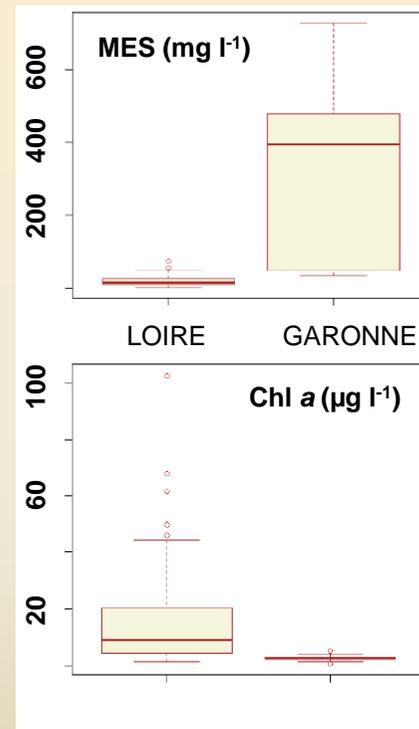
Sophie Dubois, Pierre Polsenare, François Dindinaud, Julien Modéran, Nicolas Savoye

16 systèmes présentant de nombreux gradients

Estuaires salins

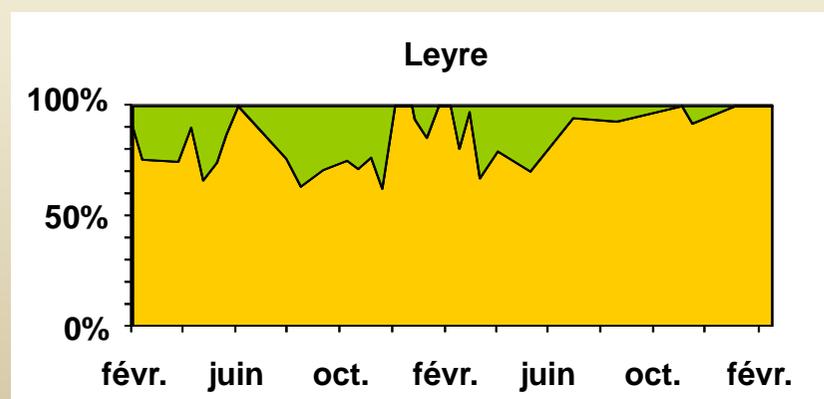
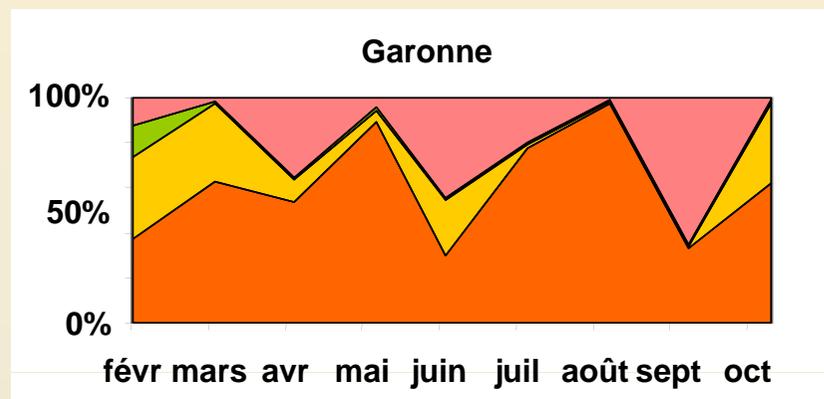
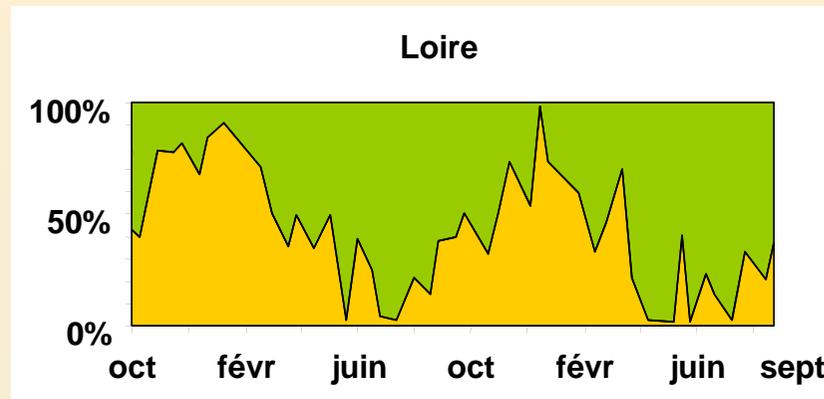
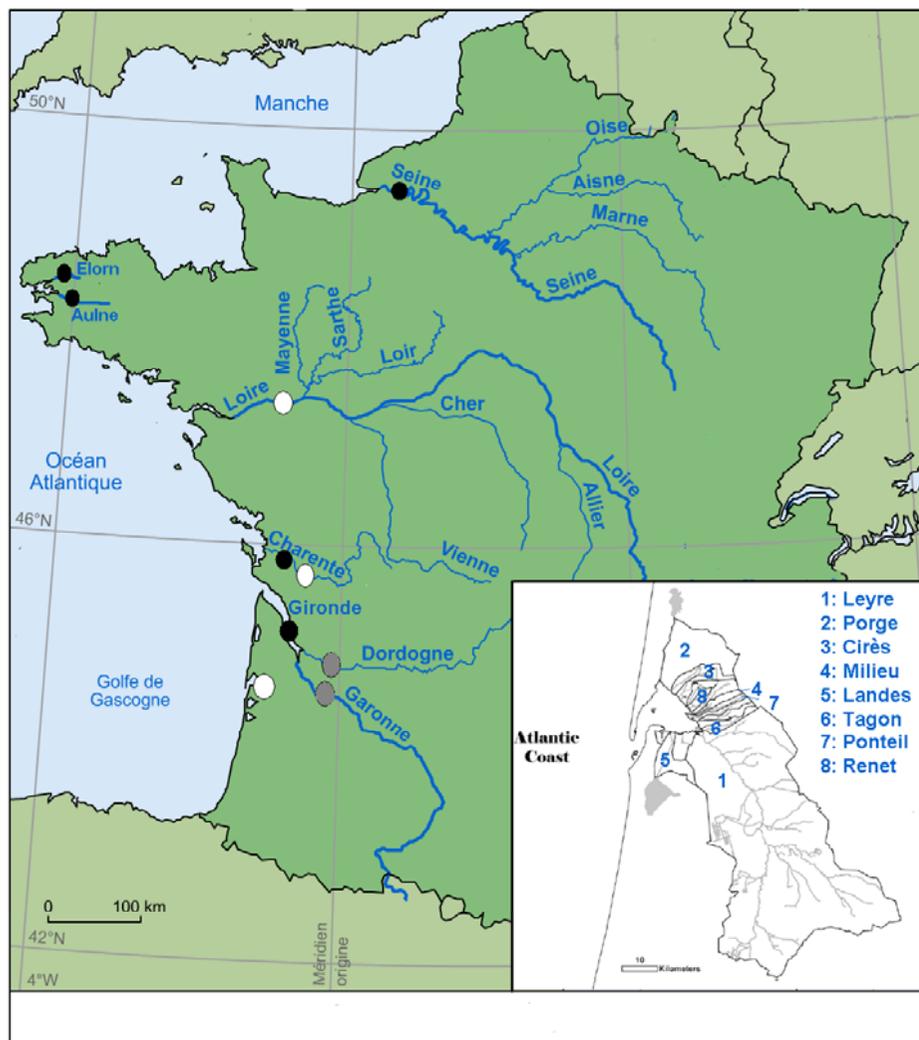


Estuaires Fluviaux



Turbidité, chlorophylle a, débits, climat, etc.

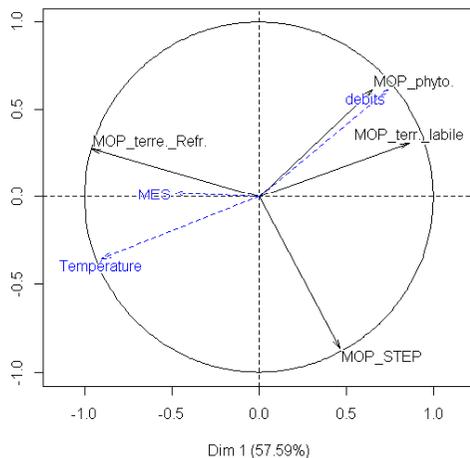
Composition de la MOP dans les estuaires fluviaux



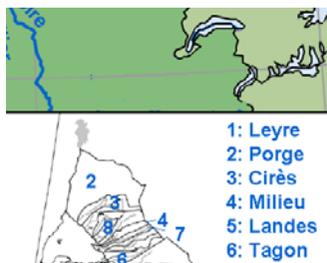
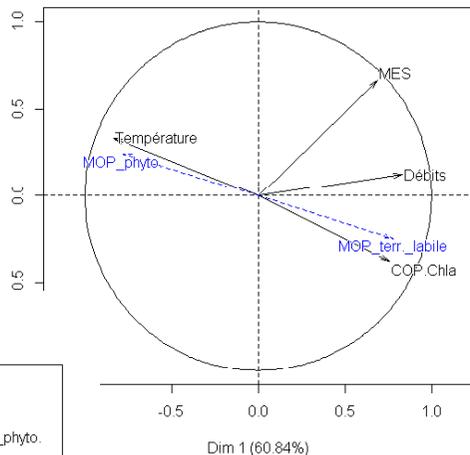
Forçages à la composition de la MOP - échelle intra-systémique



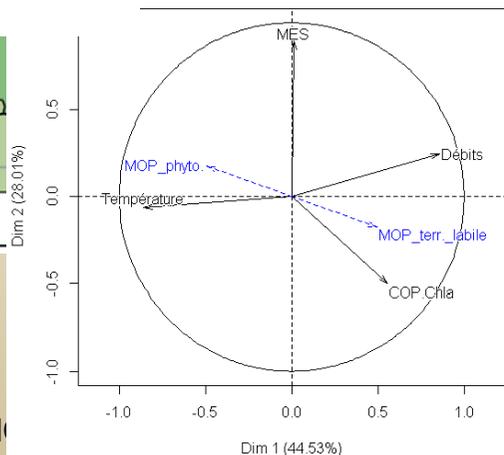
Variables factor map (PCA)



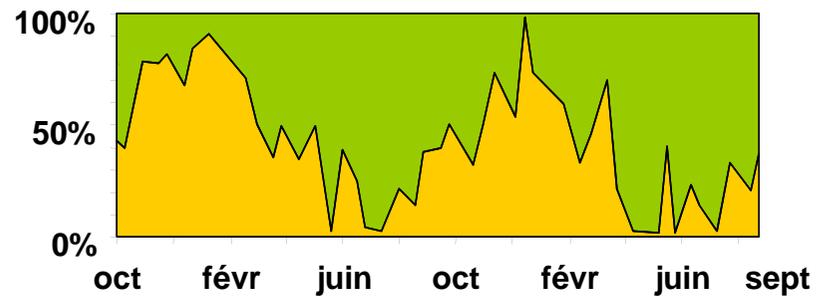
Variables factor map (PCA)



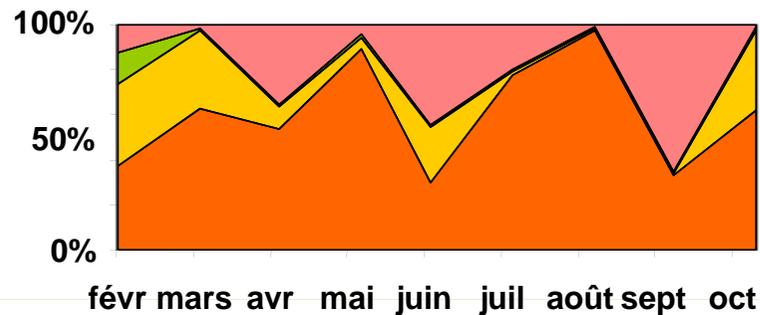
Variables factor map (PCA)



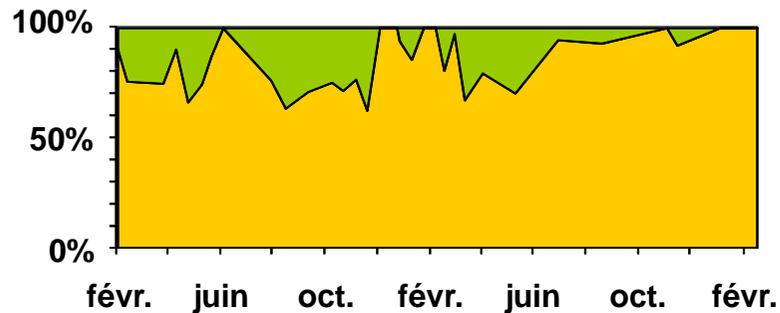
Loire



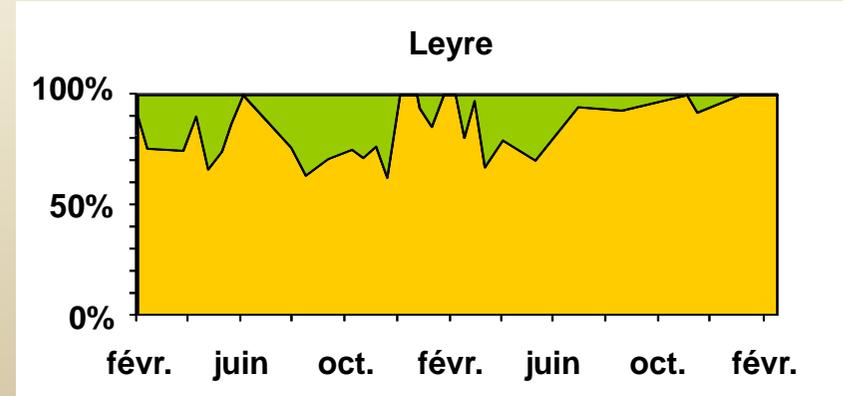
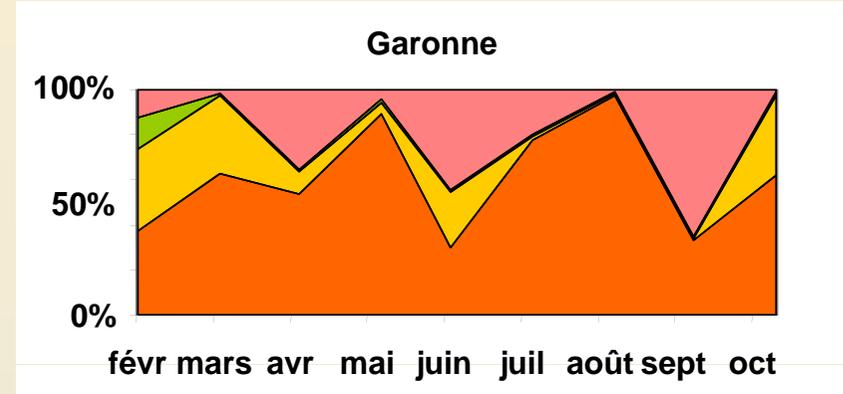
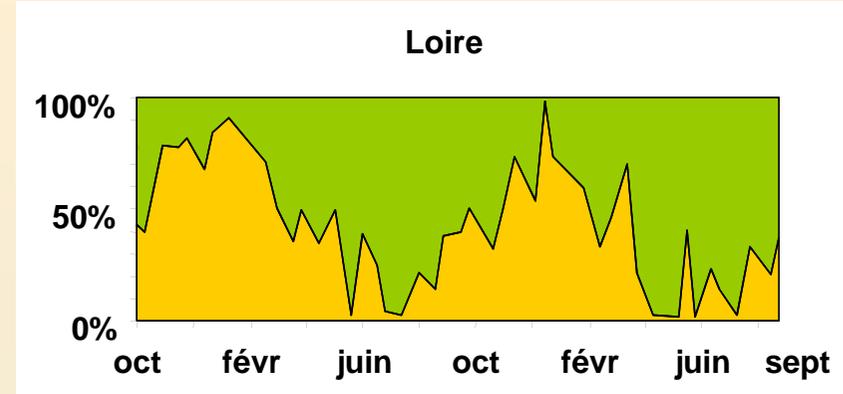
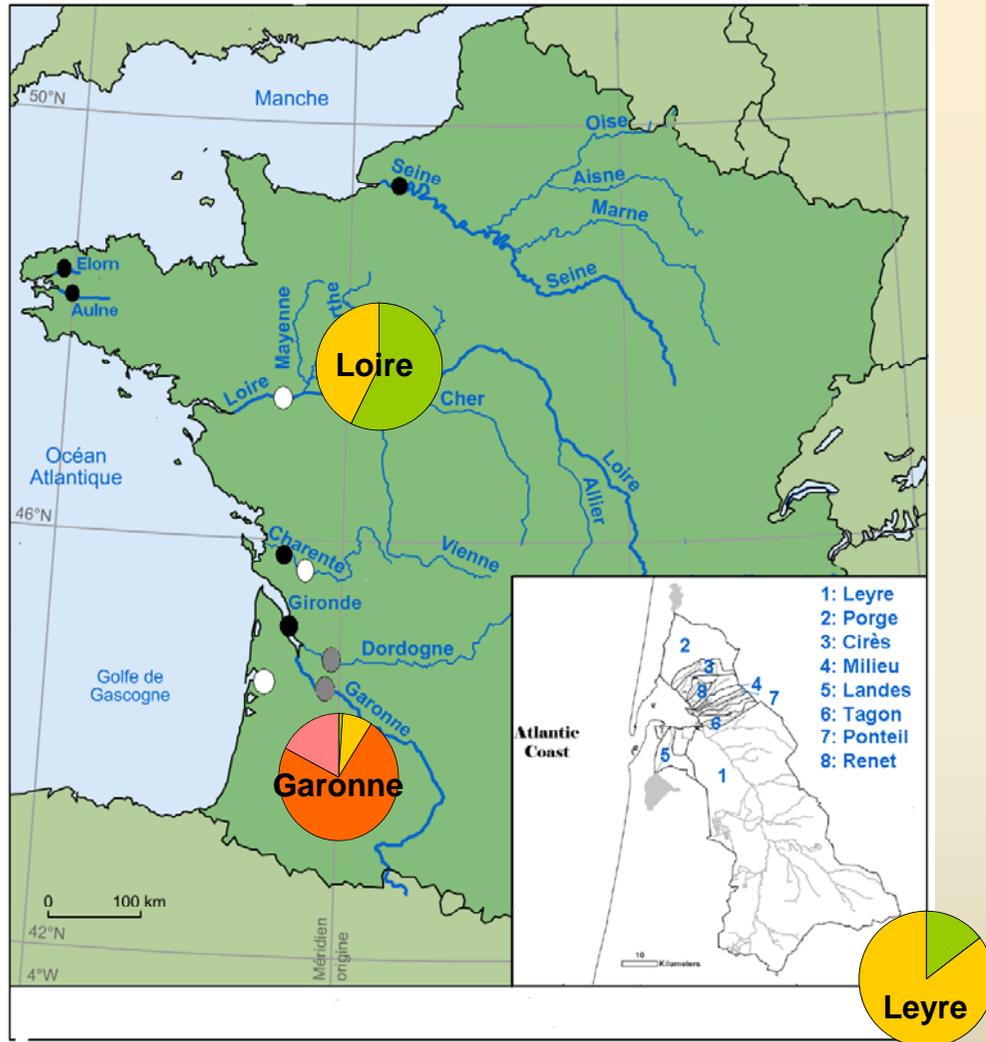
Garonne



Leyre

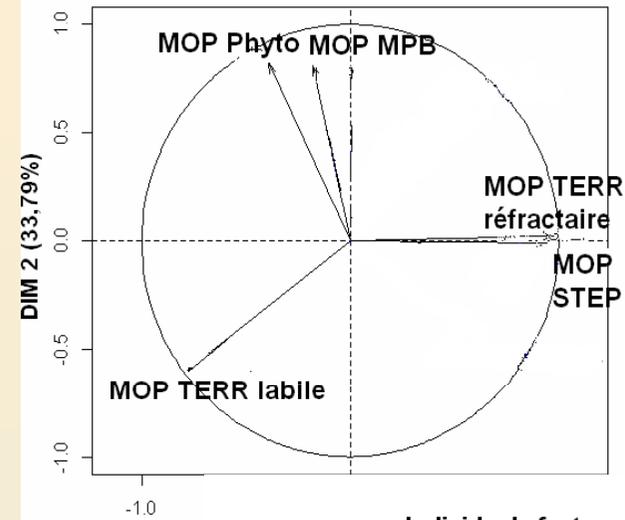


Composition de la MOP dans les estuaires fluviaux

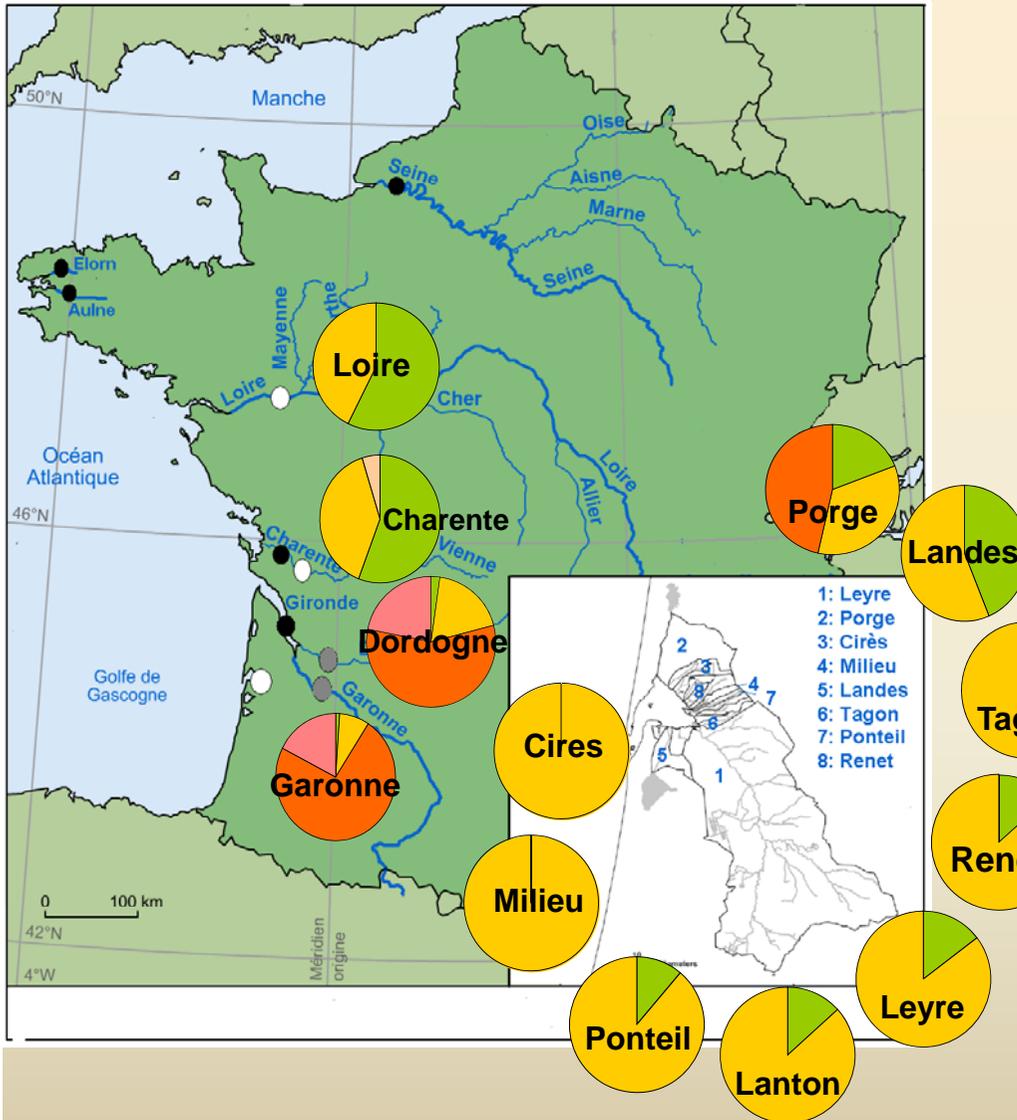
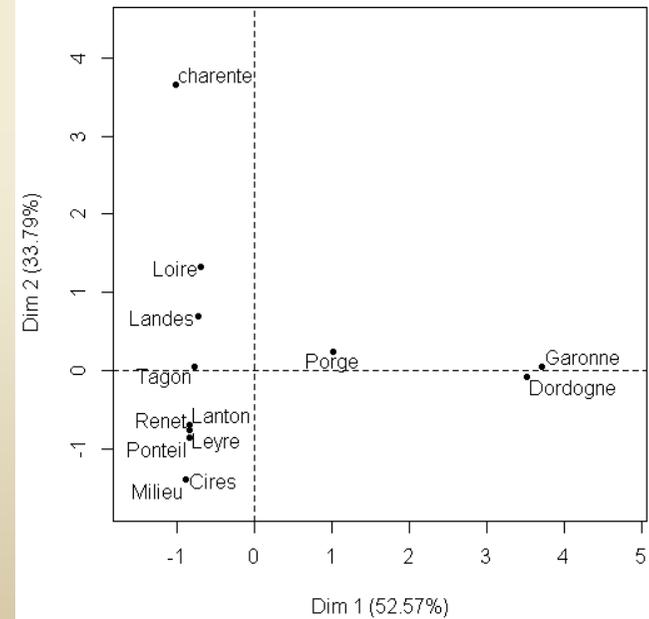


Composition de la MOP dans les estuaires fluviaux

Variables factor map (PCA)

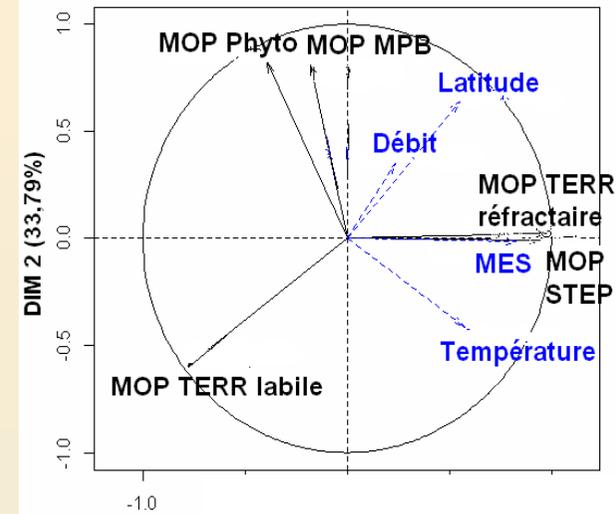


Individuals factor map (PCA)

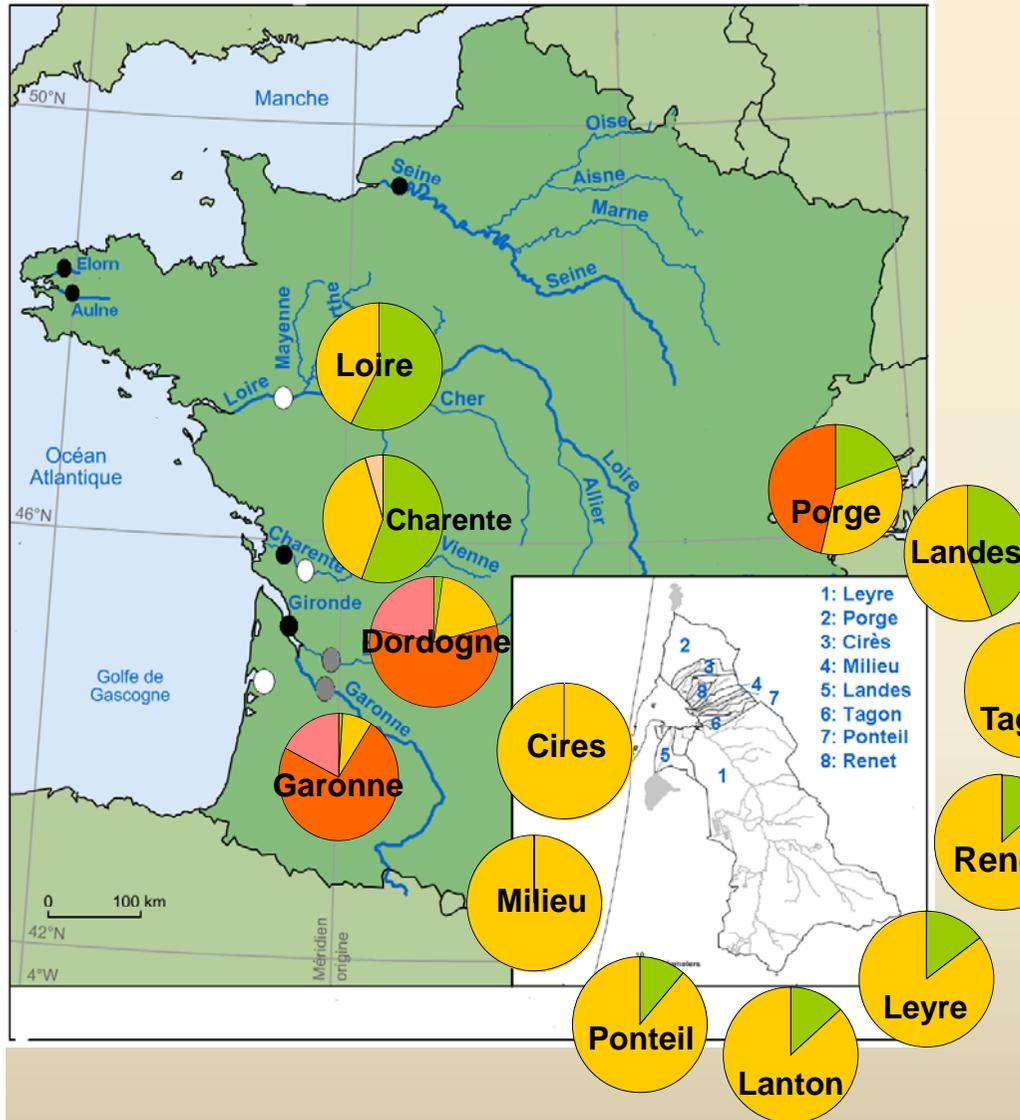
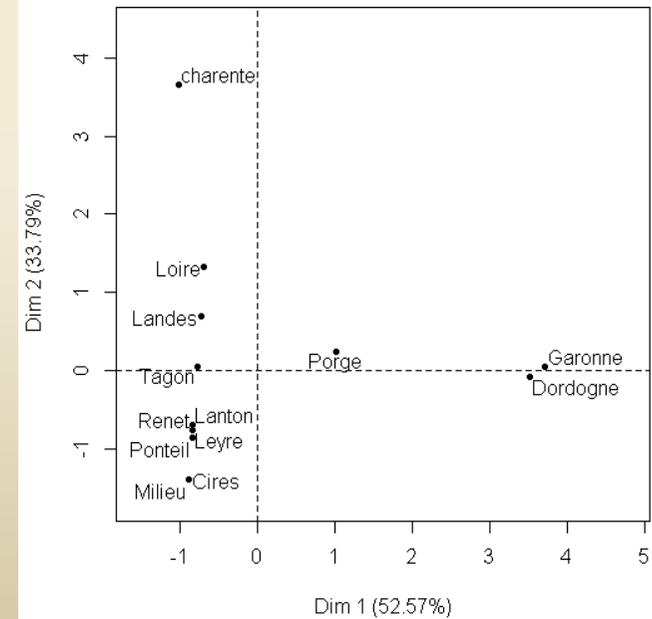


Forçages à la composition de la MOP - échelle multi-systémique

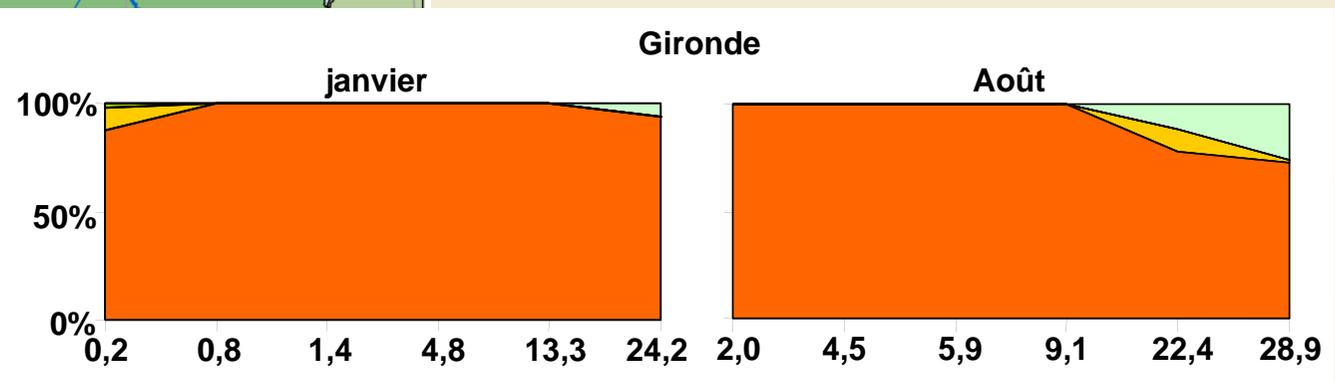
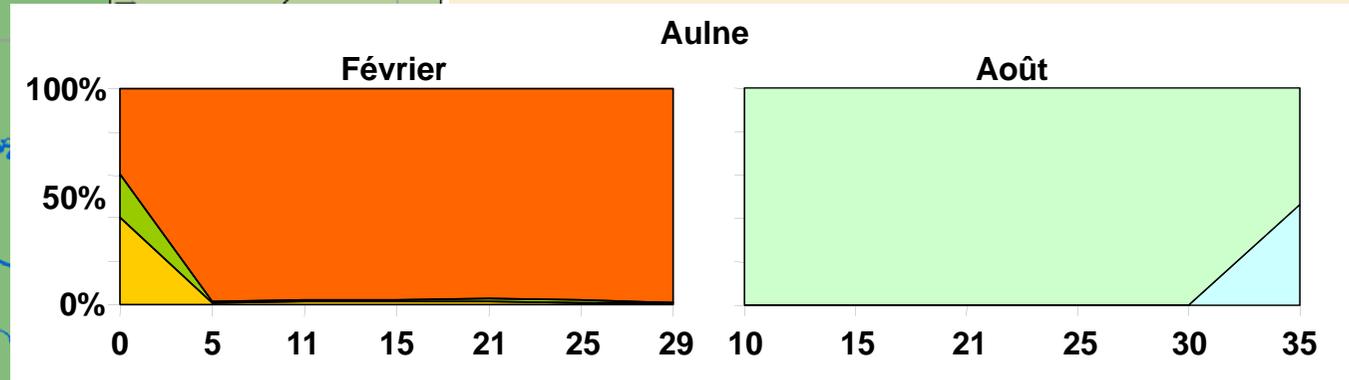
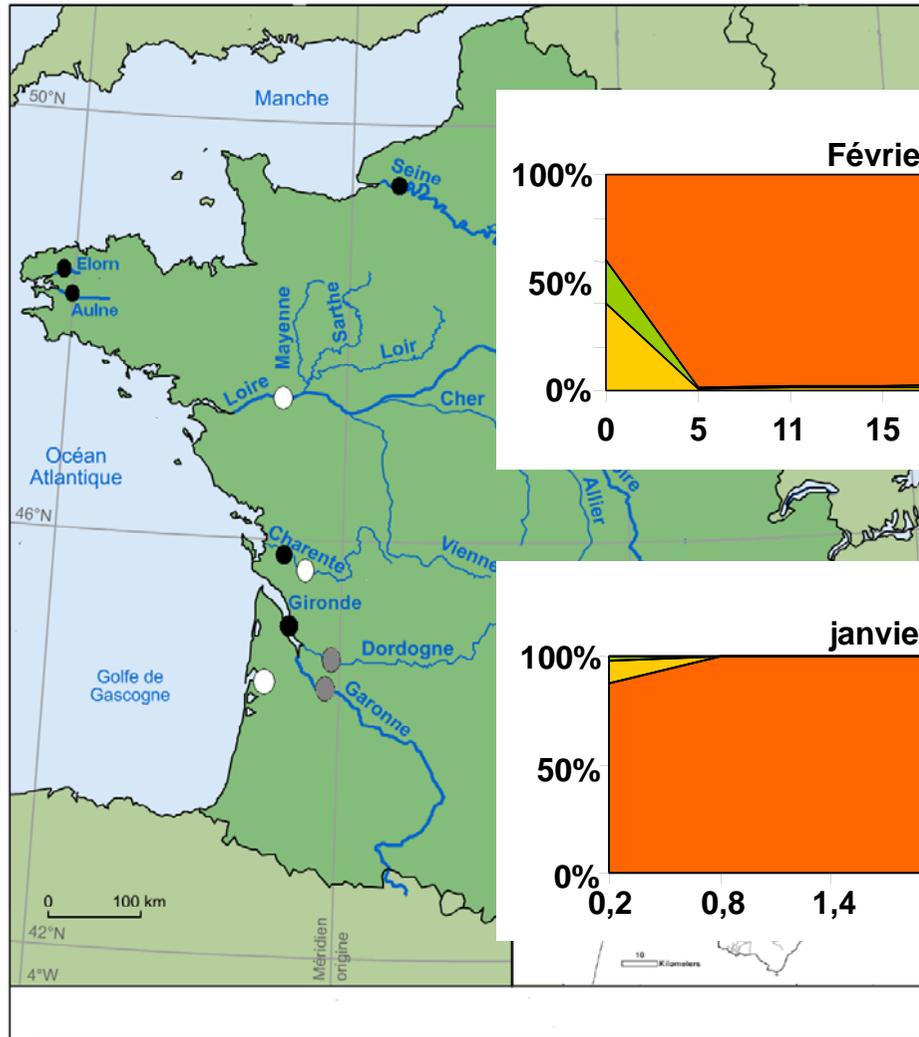
Variables factor map (PCA)



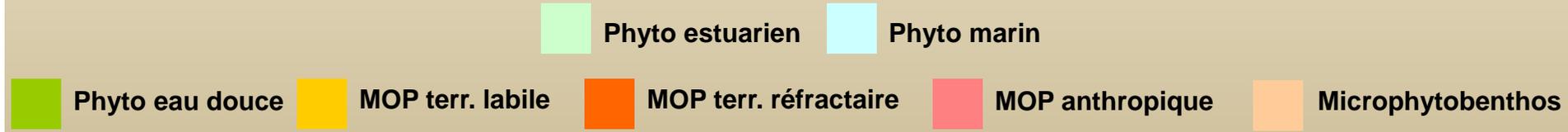
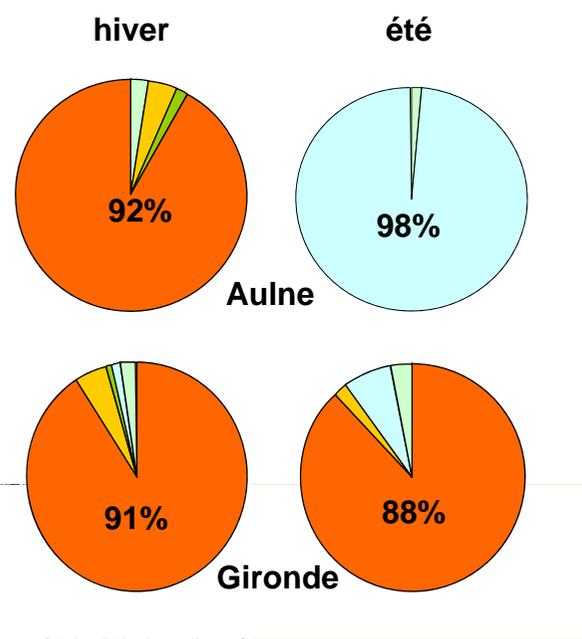
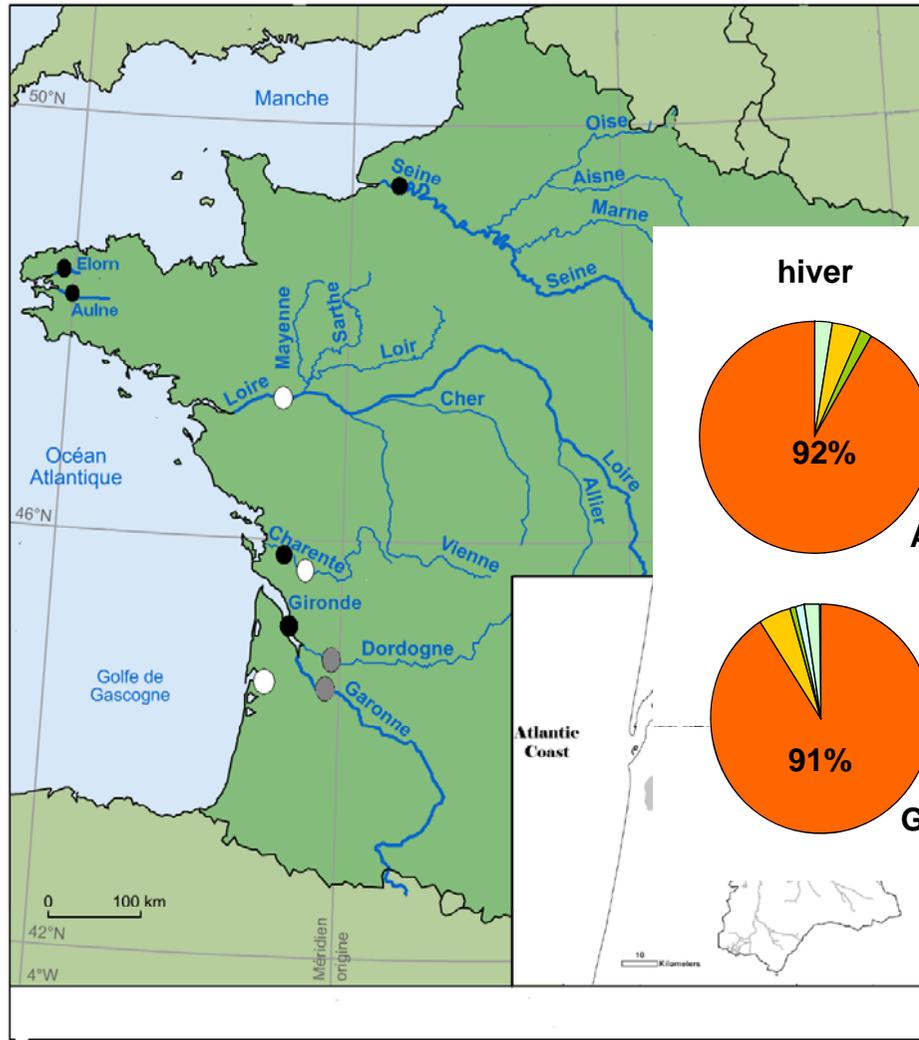
Individuals factor map (PCA)



Composition de la MOP dans les estuaires salins

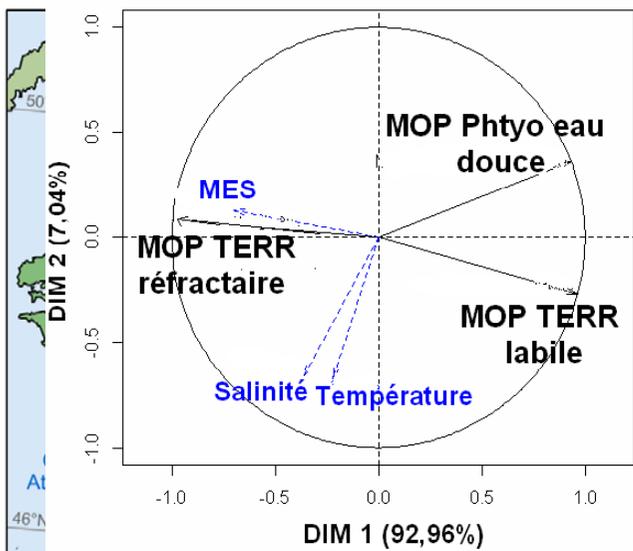


Composition de la MOP dans les estuaires salins

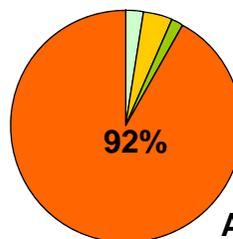


Forçages à la composition de la MOP - échelle intra-systémique

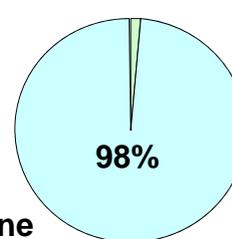
Variables factor map (PCA)



hiver

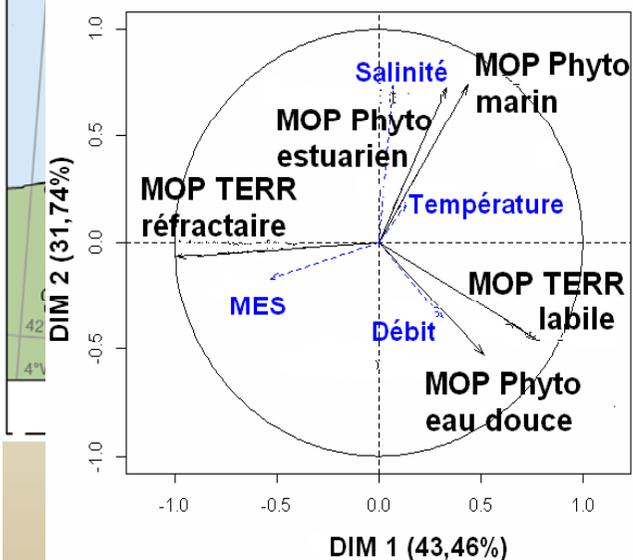


été

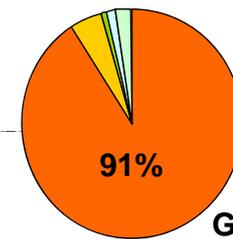


Aulne

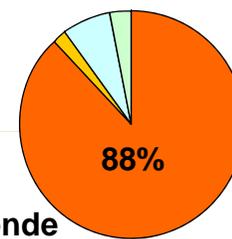
Variables factor map (PCA)



hiver

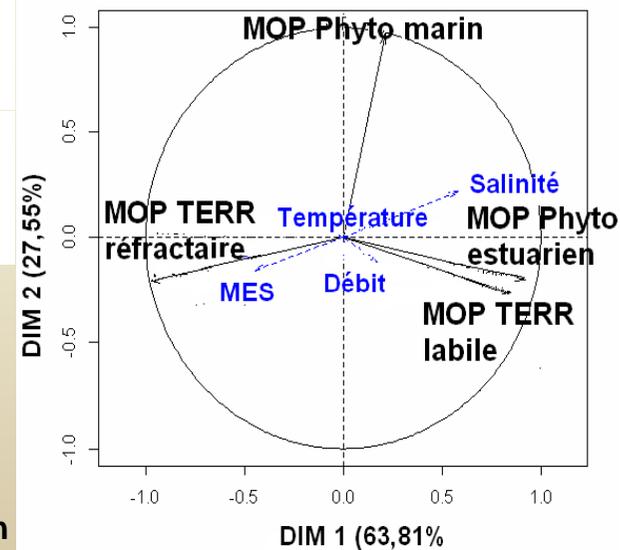


été



Gironde

Variables factor map (PCA)



Phyto estuarien

Phyto marin

Phyto eau douce

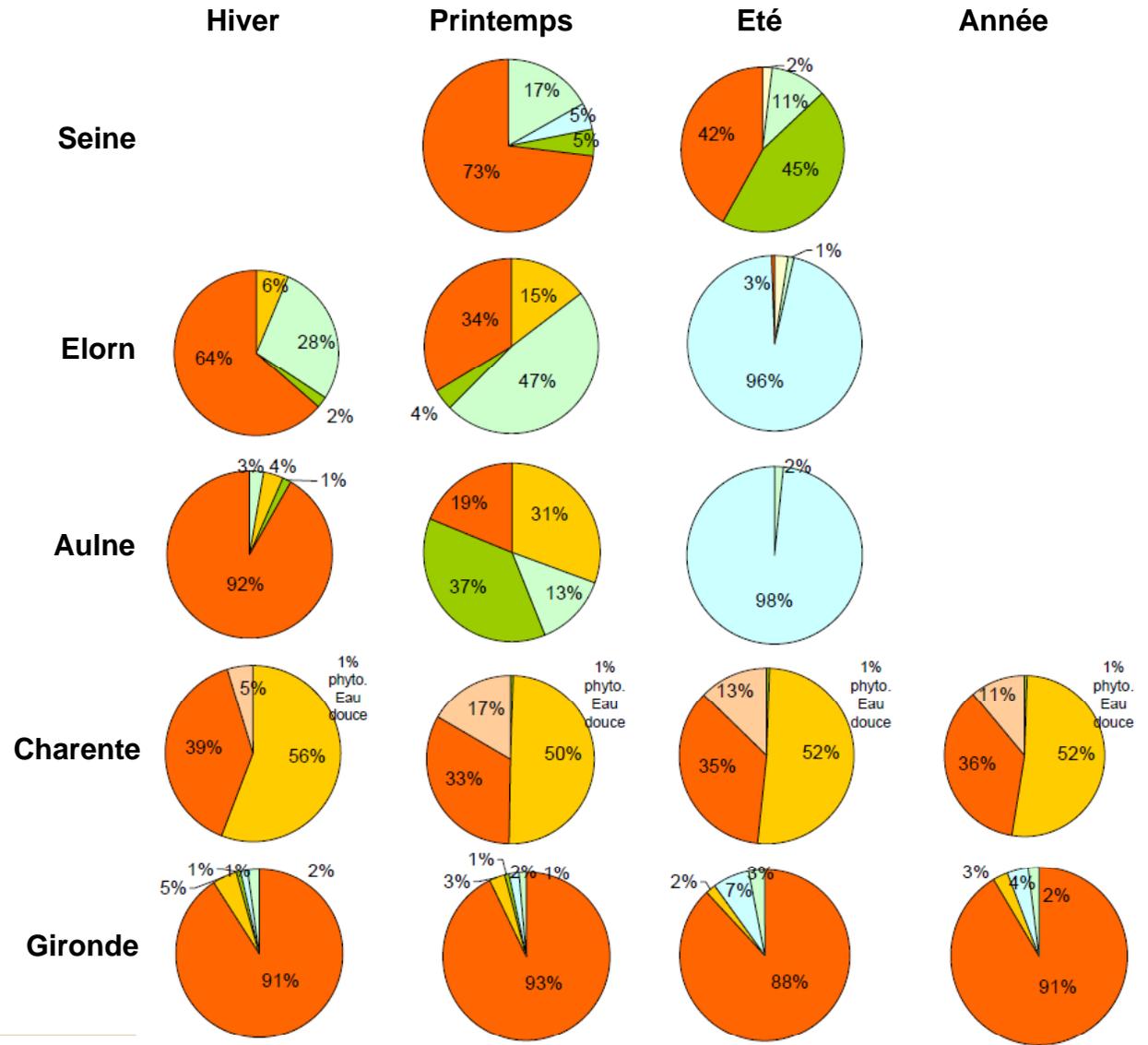
MOP terr. labile

MOP terr. réfractaire

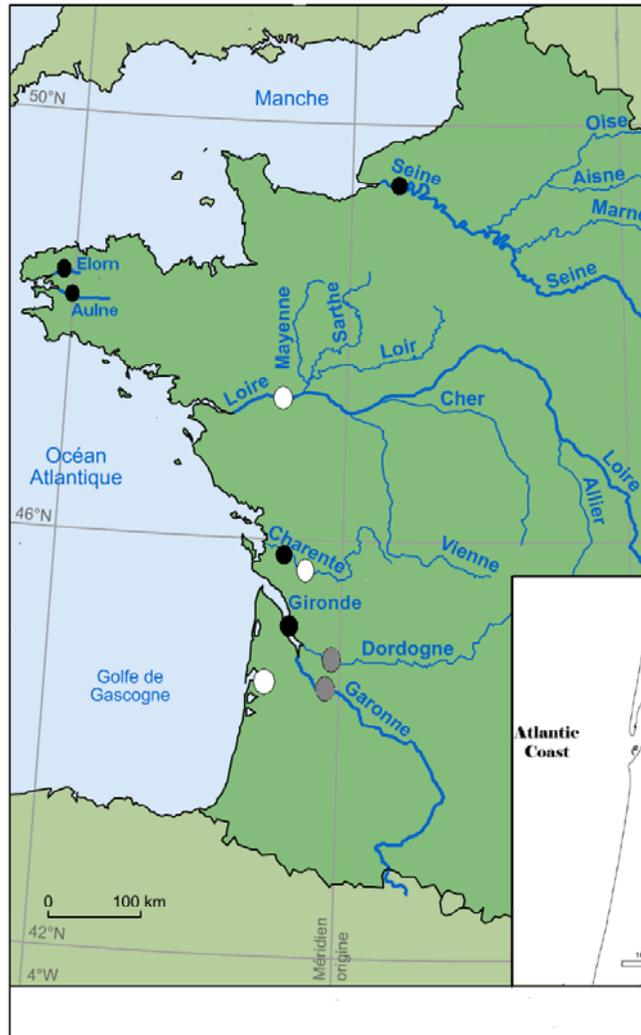
MOP anthropique

Microphytobenthos

Composition de la MOP dans les estuaires salins



Forçages à la composition de la MOP - échelle intra-systémique



Seine

Elorn

Aulne

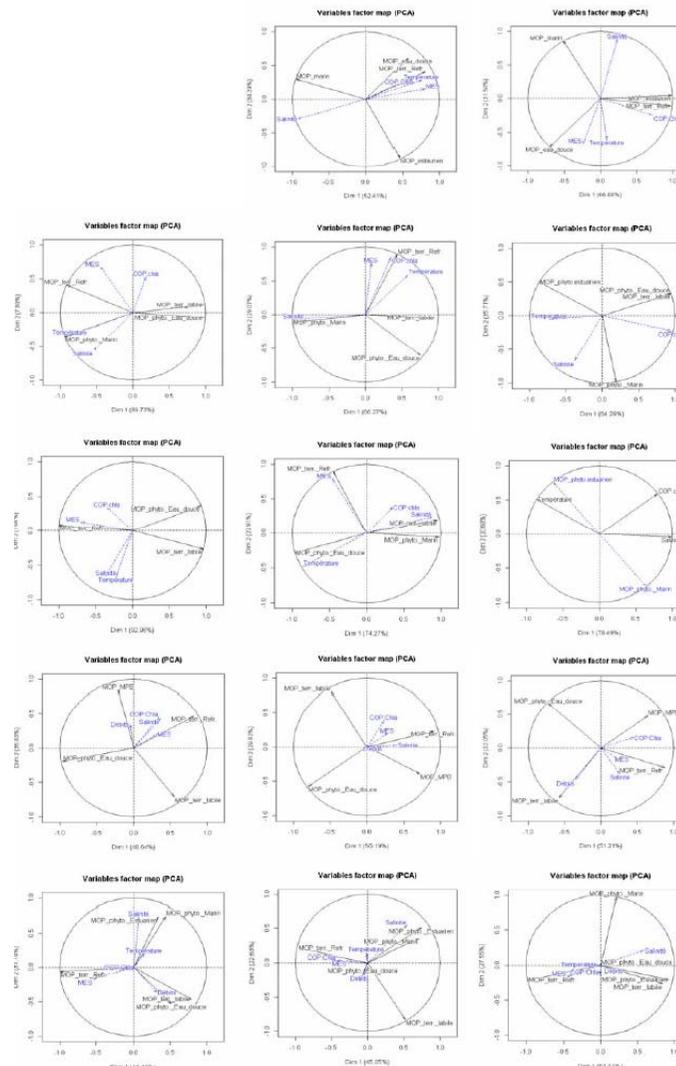
Charente

Gironde

Hiver

Printemps

Été



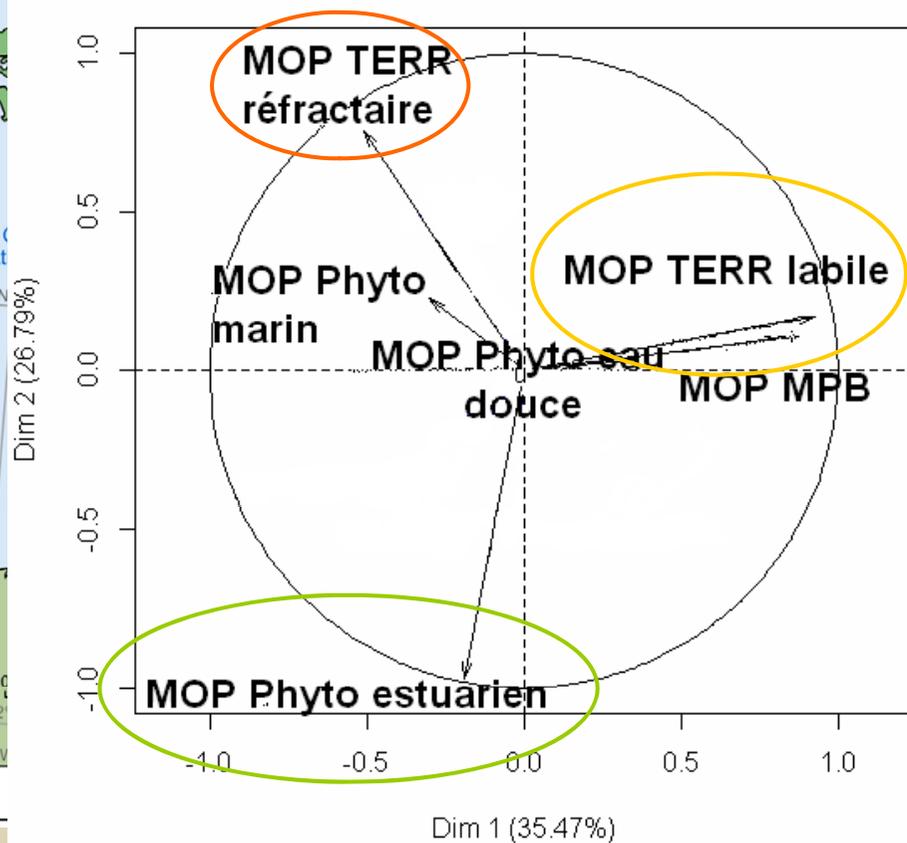
Phyto estuarien Phyto marin

Phyto eau douce MOP terr. labile MOP terr. réfractaire MOP anthropique Microphytobenthos

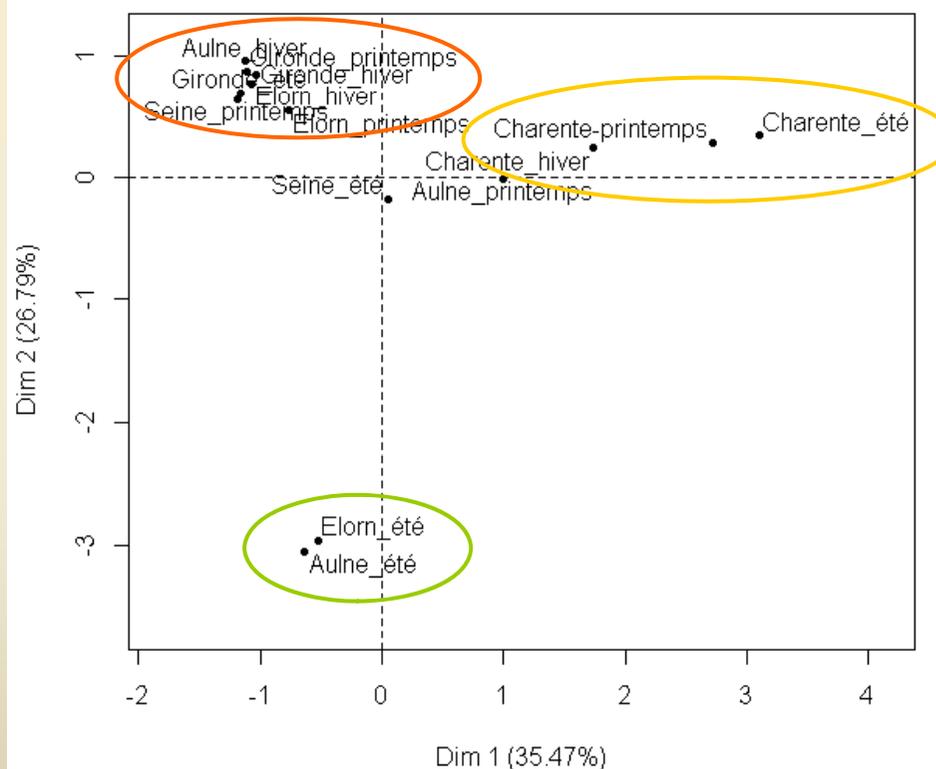
Composition de la MOP dans les estuaires salins - échelle multi-systémique



Variables factor map (PCA)



Individuals factor map (PCA)

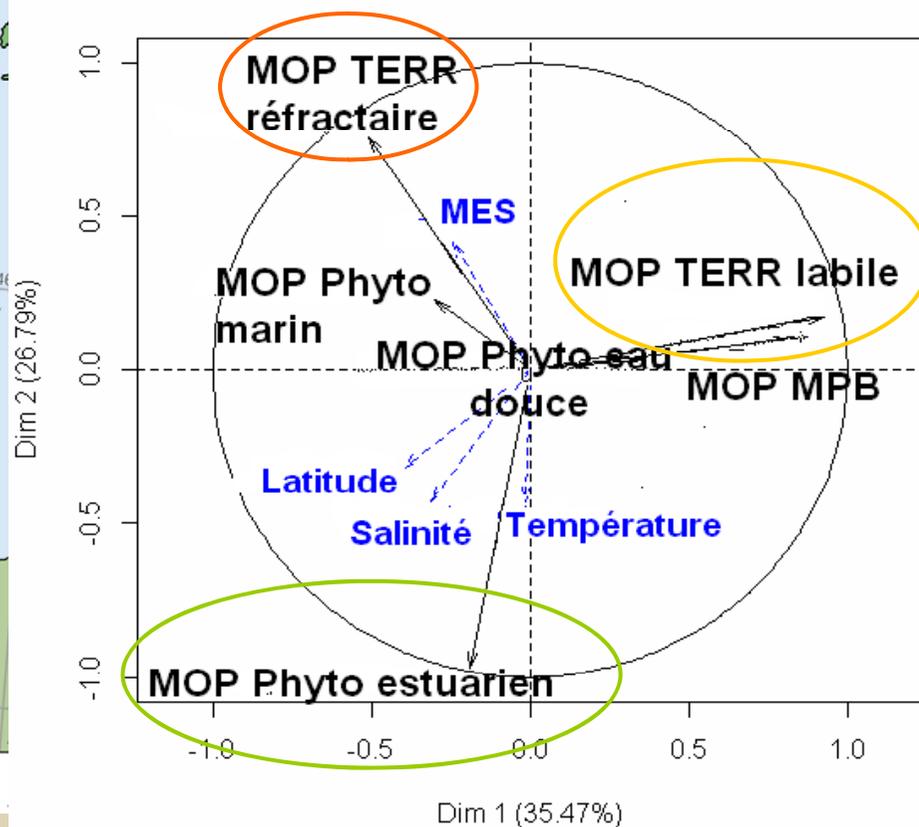


➔ Typologies

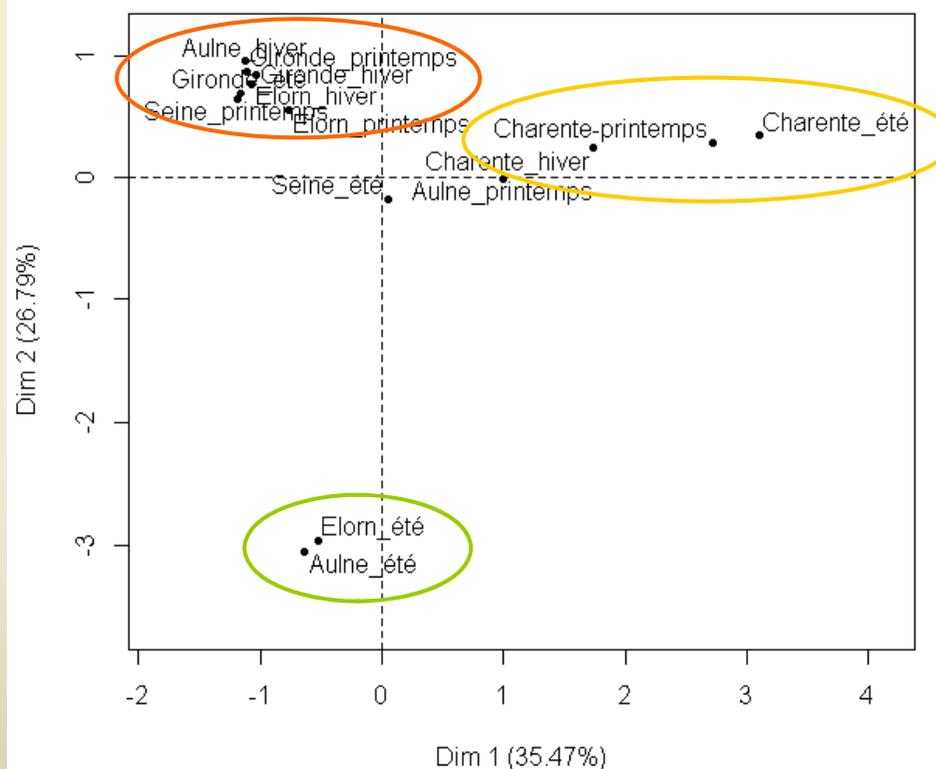
Forçages à la composition de la MOP - échelle multi-systémique



Variables factor map (PCA)



Individuals factor map (PCA)



→ Données hétérogènes

Composition et forçage de la MOP dans les estuaires : une typologie

Estuaires peu turbides.

Seine, Aulne, Elorn,
Loire, tributaires bassin
d'Arcachon, Charente

FORTE SAISONALITE



phytoplancton
en été

MOP terrestre
labile en hiver



Températures



Hydrodynamique
(Débits)

mélange des masses d'eaux
(estuaires halins)

Estuaires turbides.

Gironde, Charente,
Garonne, Dordogne,

FAIBLE SAISONALITE



MOP terrestre
labile

MOP terrestre
réfractaire



Hydrodynamique
(Débits)

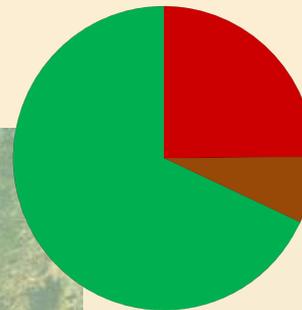


Hydrodynamique
sédimentaire

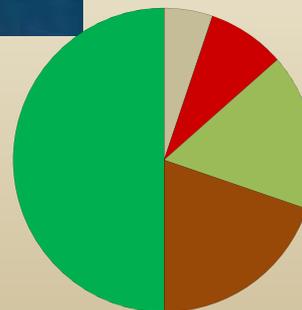
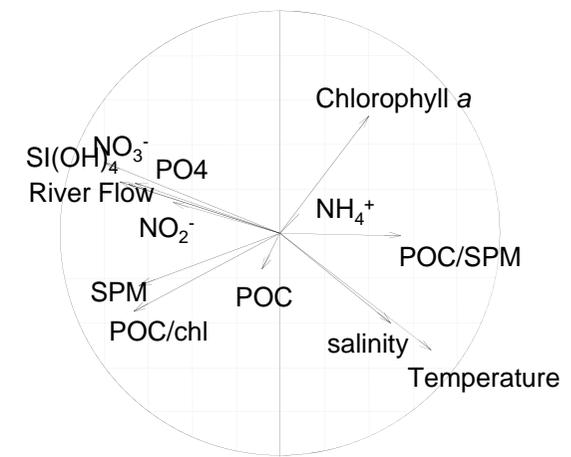
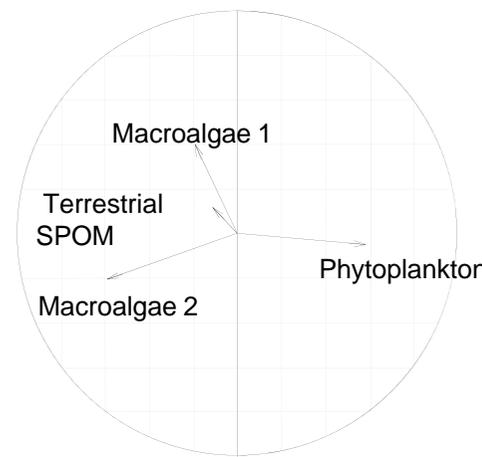
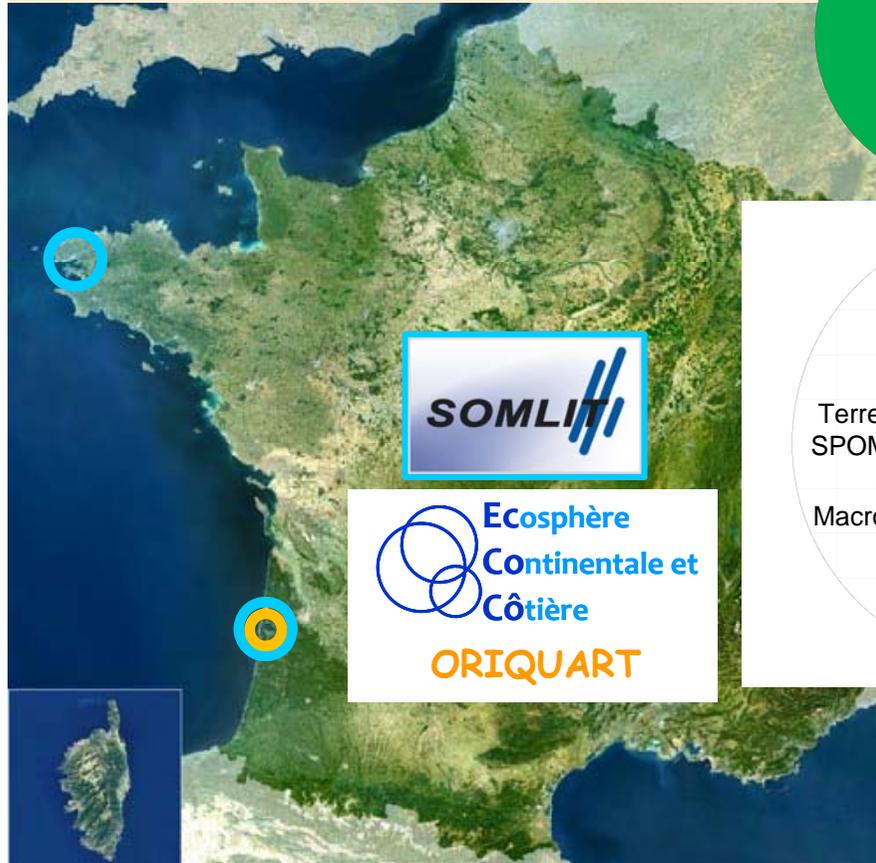
mélange des masses d'eaux
négligeable

La MOP: composition et forçages en systèmes côtiers semi-fermés

- Phytoplancton
- Macroalgues
- MOP terrestre
- Herbiier marin
- Microphytobenthos



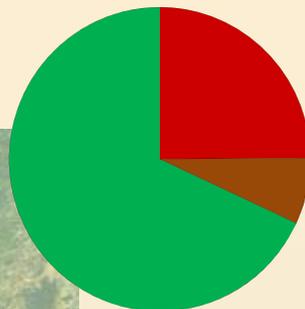
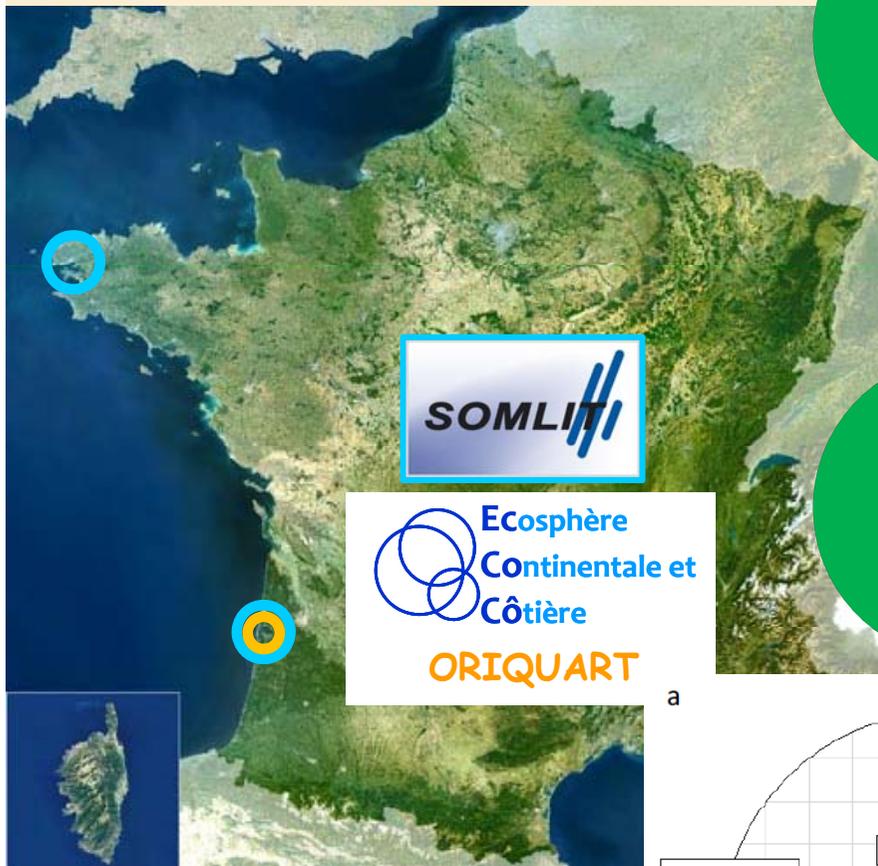
Rade de Brest (ria semi-fermée)



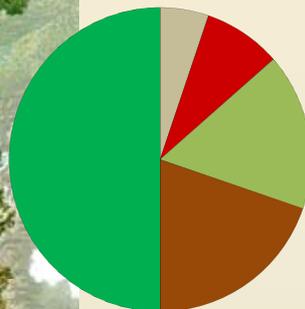
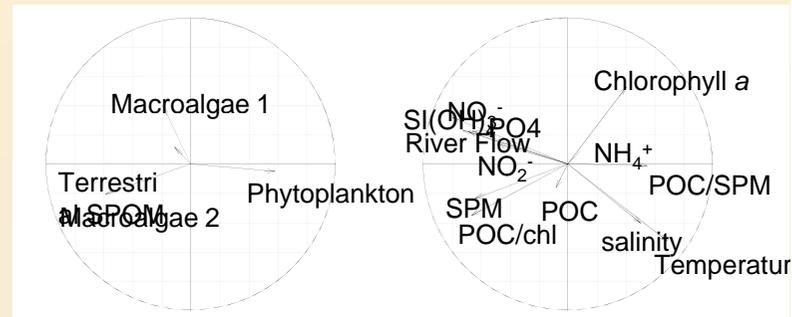
Bassin d'Arcachon (lagune semi-fermée)

La MOP: composition et forçages en systèmes côtiers semi-fermés

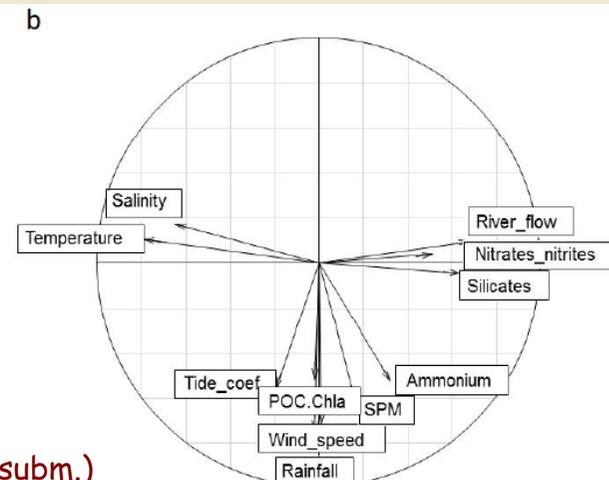
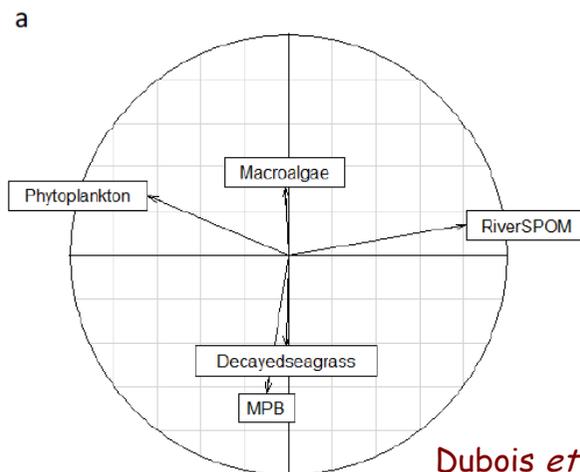
- Phytoplancton
- Macroalgues
- MOP terrestre
- Herbiier marin
- Microphytobenthos



Rade de Brest (ria semi-fermée)



Bassin d'Arcachon (lagune semi-fermée)

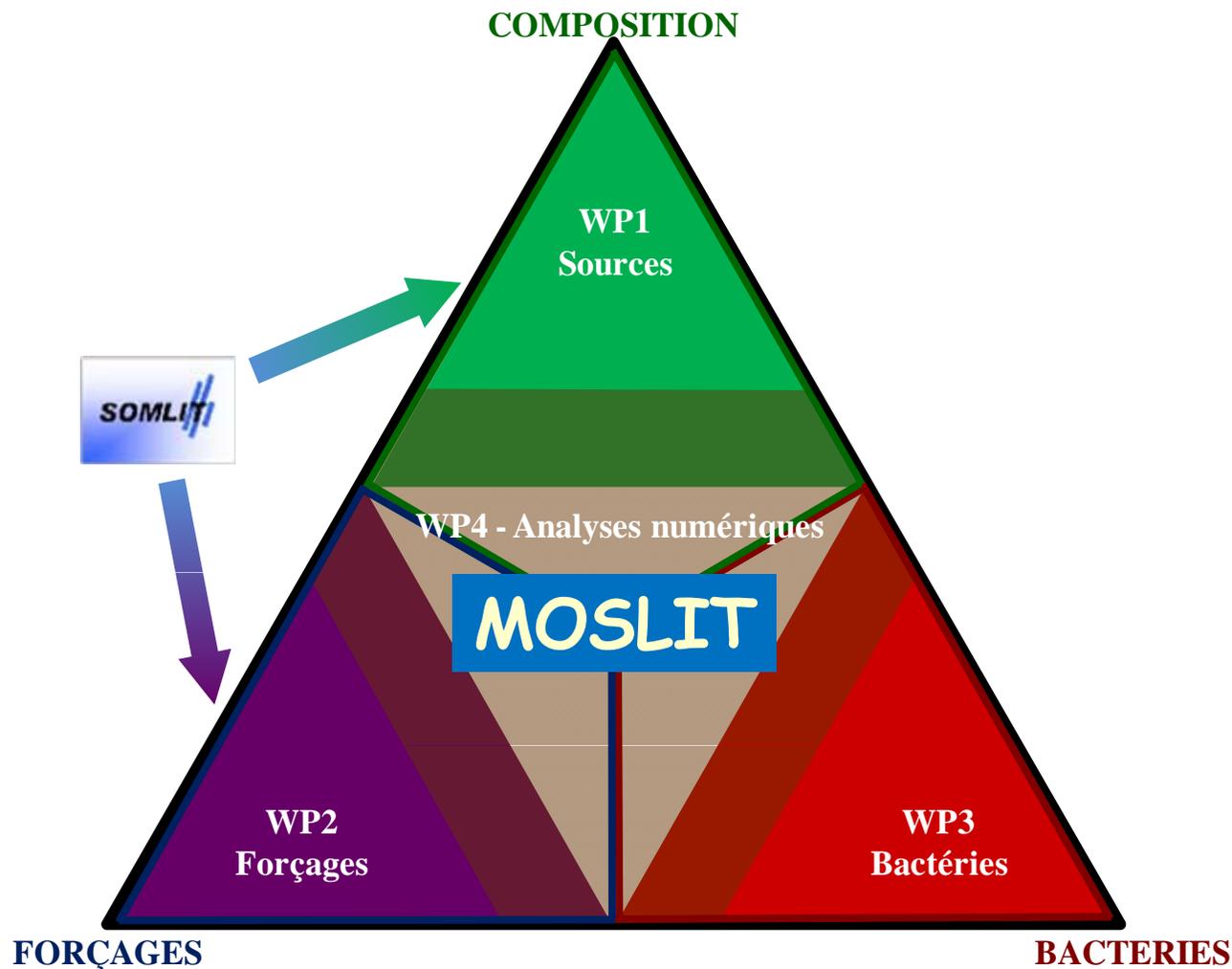


Dubois *et al.* (subm.)

La MOP dans les Systèmes LITtoraux : composition, dynamique et forçages



Ecosphère
Continentale et
Côtière



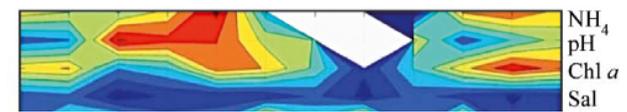
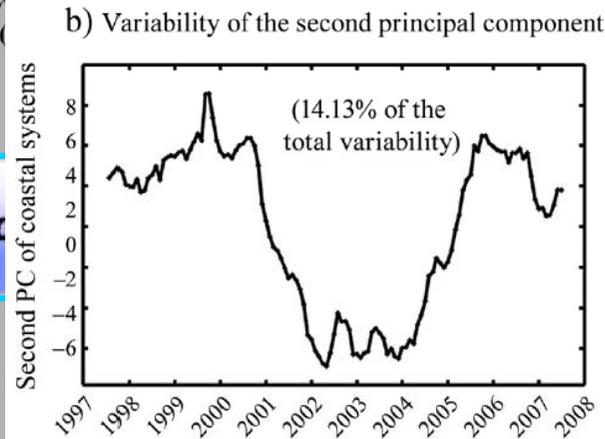
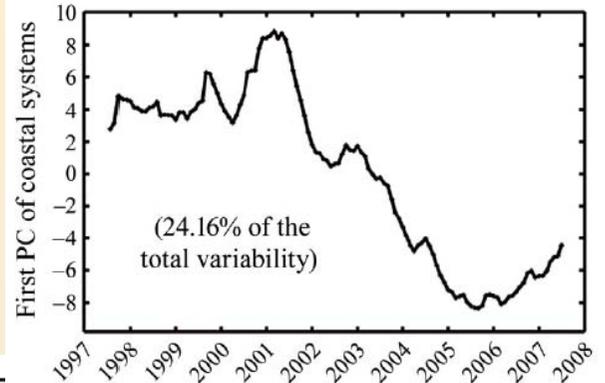
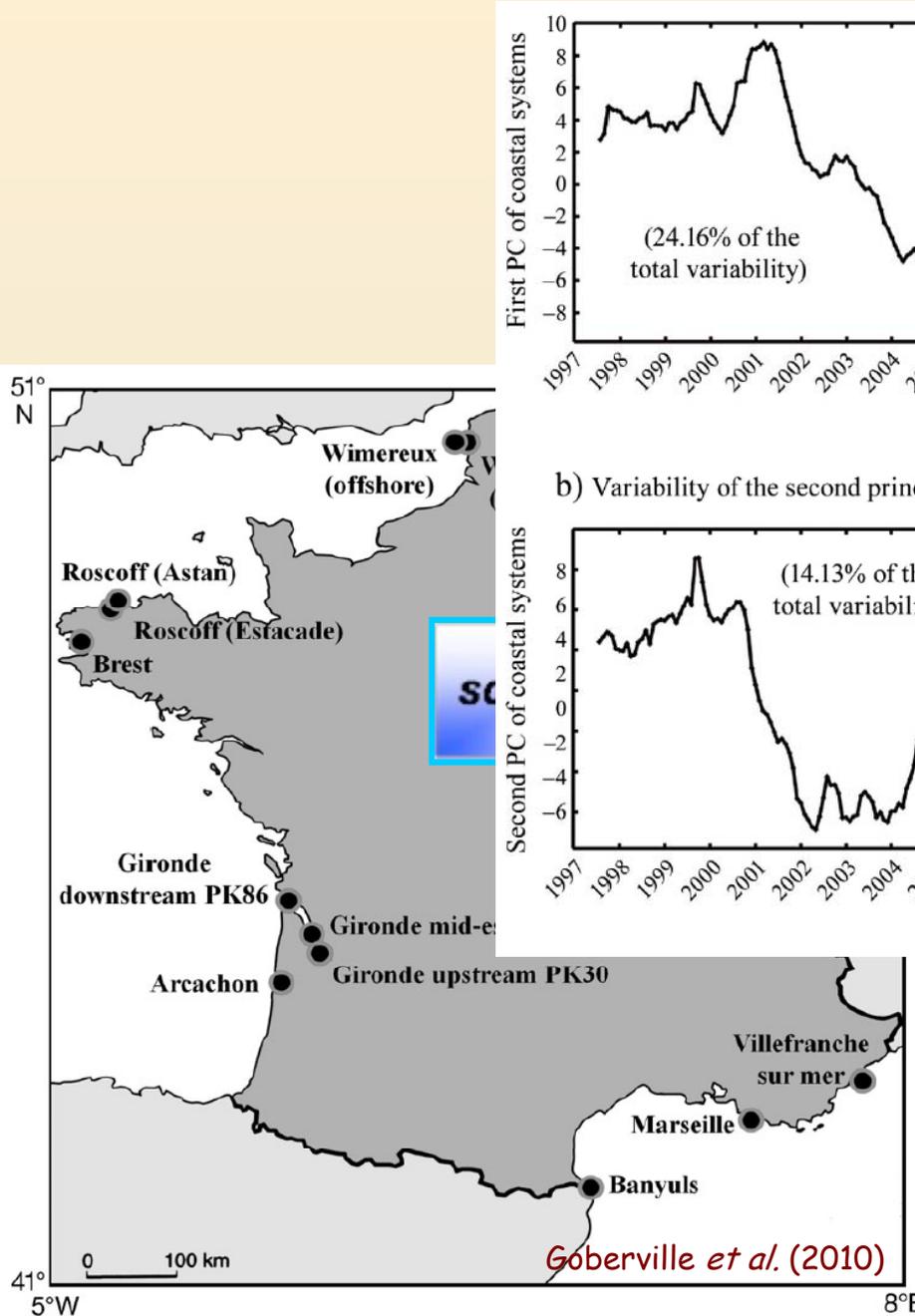
La MOP dans les Systèmes LITtoraux : composition, dynamique et forçages

COMPOSITION

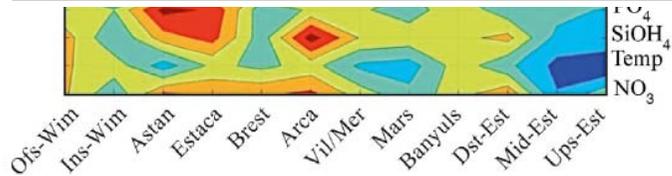
WPI

Station / Laboratoire	Système étudié (type)	Superficie du système (km ²)	Débit annuel moyen (m ³ s ⁻¹)	Superficie du bassin versant (km ²)	Marée	Profondeur aux points de prélèvement (m)	Température de l'eau (°C)	Salinité	[Nitrate] _{hiver} (μM)	Matière en suspension (mg l ⁻¹)	Chlorophylle <i>a</i> (μg l ⁻¹)
Wimereux	Manche orientale (mer épicontinentale)	-	35 ⁽¹⁾	6 550 ⁽¹⁾	mégatidal	21 ; 50	5-20	33-35	5-30	0,5-5	0,5-10
Luc/Mer	Baie de Seine (baie ouverte)	4 000	450 ⁽²⁾ 27 ⁽³⁾	75 000 ⁽²⁾ 2 900 ⁽³⁾	macrotidal	5	5-20	30-34	30-45	1-100	0,3-15
Dinard	Golfe normand-breton (golfe)	14 000	12 ⁽⁴⁾	1 195 ⁽⁴⁾	macrotidal	25	8-19	33-35	~30	0,4-20	0,3-5
Roscoff	Manche occidentale (mer épicontinentale)	-	- ⁽⁵⁾	- ⁽⁵⁾	macrotidal	60 ; 11	8-17	34,5-35,5	9-12	0,2-13	0,2-4
Brest	Rade de Brest (ria semi-fermé)	180	26 ⁽⁶⁾	2 200 ⁽⁶⁾	macrotidal	10	8-18	33-35,5	20-30	0,4-10	0,2-5
La Rochelle	Bassin de Marennes-Oléron (semi-fermé)	175	140 ⁽⁷⁾	10 549 ⁽⁷⁾	macrotidal	40	6-21	30-35	20-25	1-15	0,5-5
Arcachon	Estuaire de la Gironde (estuaire)	500	500 ⁽⁸⁾	71 000 ⁽⁸⁾	macrotidal	8 ; 7 ; 8	5-25	0-32	60-200	5-1000	0,3-10
	Bassin d'Arcachon (lagune semi-fermée)	156	25 ⁽⁹⁾	4 138 ⁽⁹⁾	mésotidal	6 ; 8 ; 25	5-25	20-35,5	7-50	0,3-20	0,1-7
Arcachon/Anglet	Golfe de Gascogne - littoral Basque (système ouvert)	-	150 ⁽¹⁰⁾	16 880 ⁽¹⁰⁾	mésotidal	30	11-24	28-35,5	~30	0,3-15	0,2-7
Banyuls/Mer	Baie de Banyuls (baie ouverte)	35	0,2 ⁽¹¹⁾	18 ⁽¹¹⁾	microtidal	27	8-25	34-38,5	2-6	0,1-7	0,05-4
Marseille	Baie de Marseille (système ouvert)	35	1 700 ⁽¹²⁾	98 000 ⁽¹²⁾	microtidal	60	12-26	34,5-38,5	0-6	0,1-5	0-3
Villefranche/Mer	Rade de Villefranche (Baie profonde)	4,8	- ⁽¹³⁾	- ⁽¹³⁾	microtidal	80	12,5-28	36,8-38,5	0,5-4	0,5-40	0,05-2,5

Composition de la MOP en systèmes côtiers: : quelle évolution à long terme ?

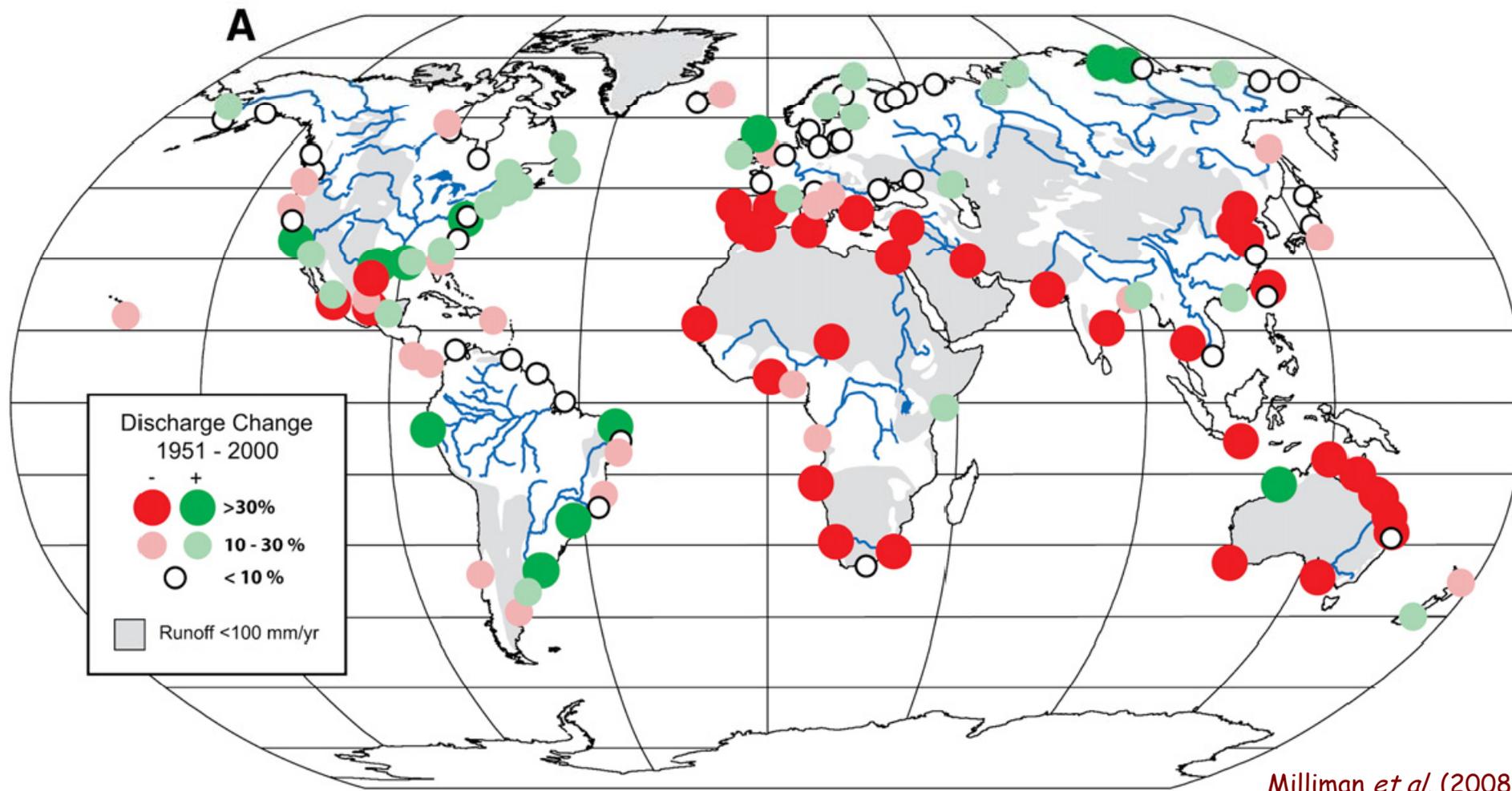


Variable	PC	SOMLIT PC			
		1		2	
		r	p	r	p
SLP	1	0.462	0.012	0.046	0.809
	2	-0.692	0.128	0.333	0.420
UWIND	1	-0.704	0.034	-0.064	0.870
	2	0.295	0.409	-0.512	0.195
VWIND	1	-0.451	0.031	-0.233	0.336
	2	0.658	0.156	-0.375	0.407
IWIND	1	0.751	0.086	-0.193	0.678
	2	0.224	0.218	0.233	0.285
SST	1	0.320	0.137	-0.405	0.045
	2	0.315	0.606	-0.709	0.114
MP	1	-0.657	0.229	0.574	0.233
	2	0.094	0.592	0.019	0.952



Variable	PC	North Atlantic Oscillation		Atlantic Multidecadal Oscillation		Northern Hemisphere temperature	
		r	p	r	p	r	p
SOMLIT	1	-0.344	0.330	0.708	0.022	0.871	0.001
	2	-0.275	0.442	0.063	0.862	-0.150	0.679

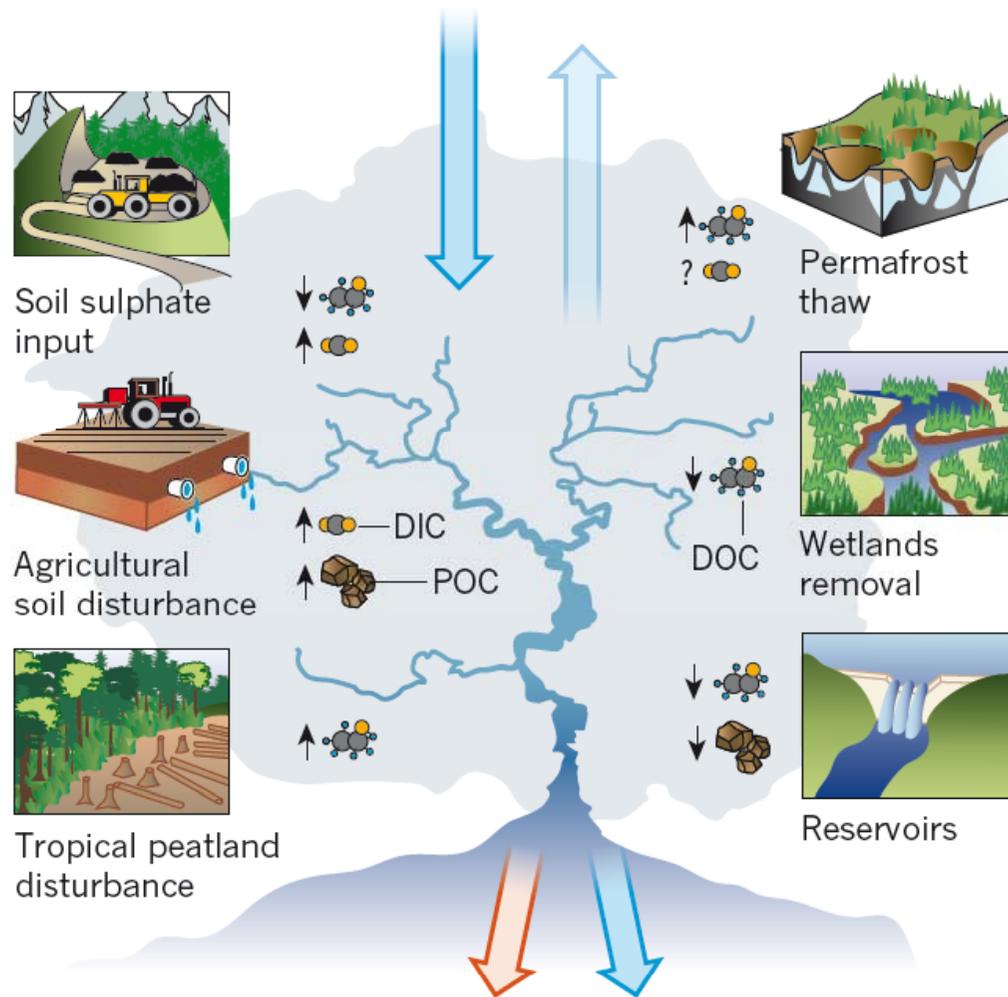
Evolution décennale des débits



Forçages à l'exportation de MOP du continent à l'océan

- | Precipitation | Evapotranspiration |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Frequency of storms • Amount of rainfall | <ul style="list-style-type: none"> • Vegetation cover • Temperature regulation • Irrigation |

Très affecté par le changement climatique
le changement d'utilisation des sols

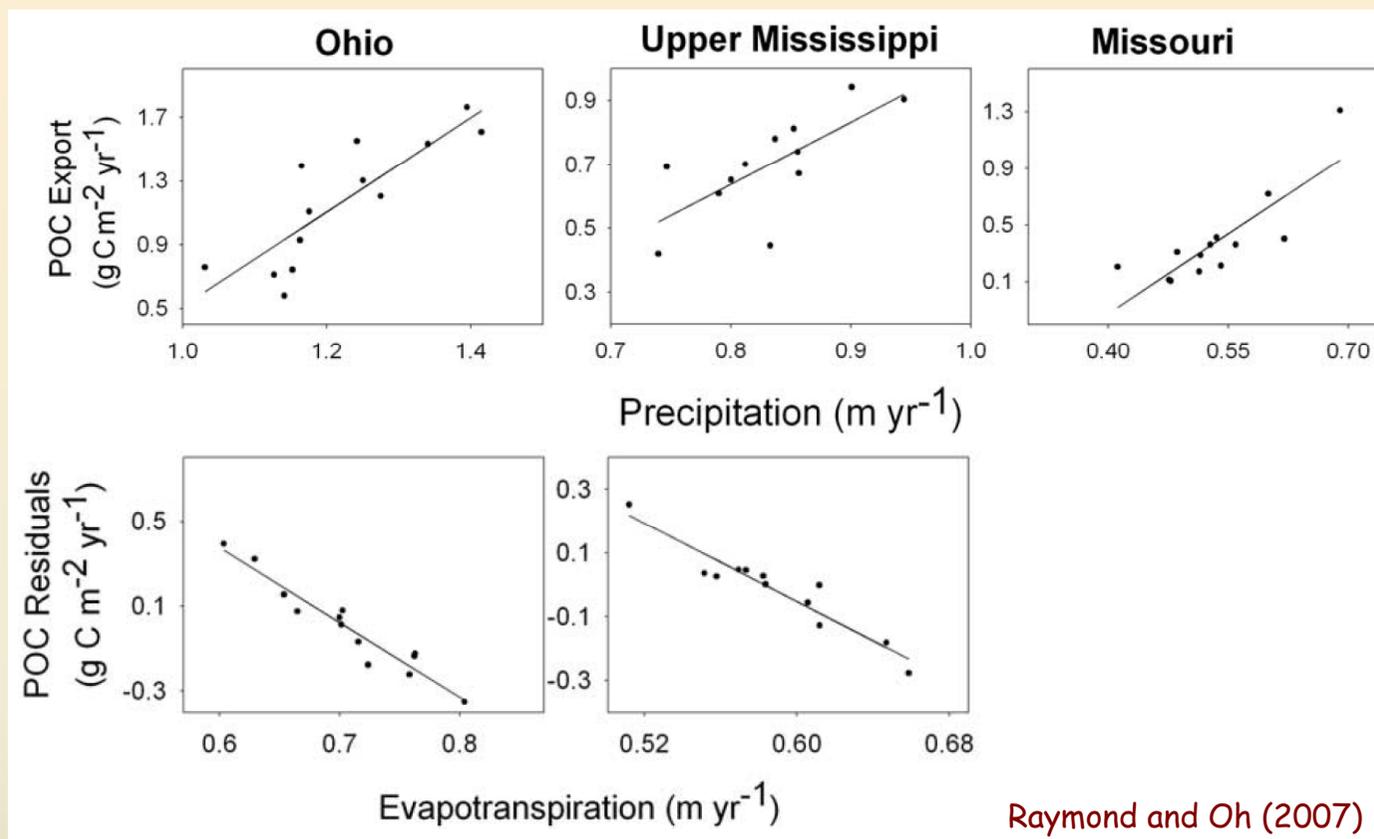


$$\text{Carbon concentration} \times \text{Discharge} =$$

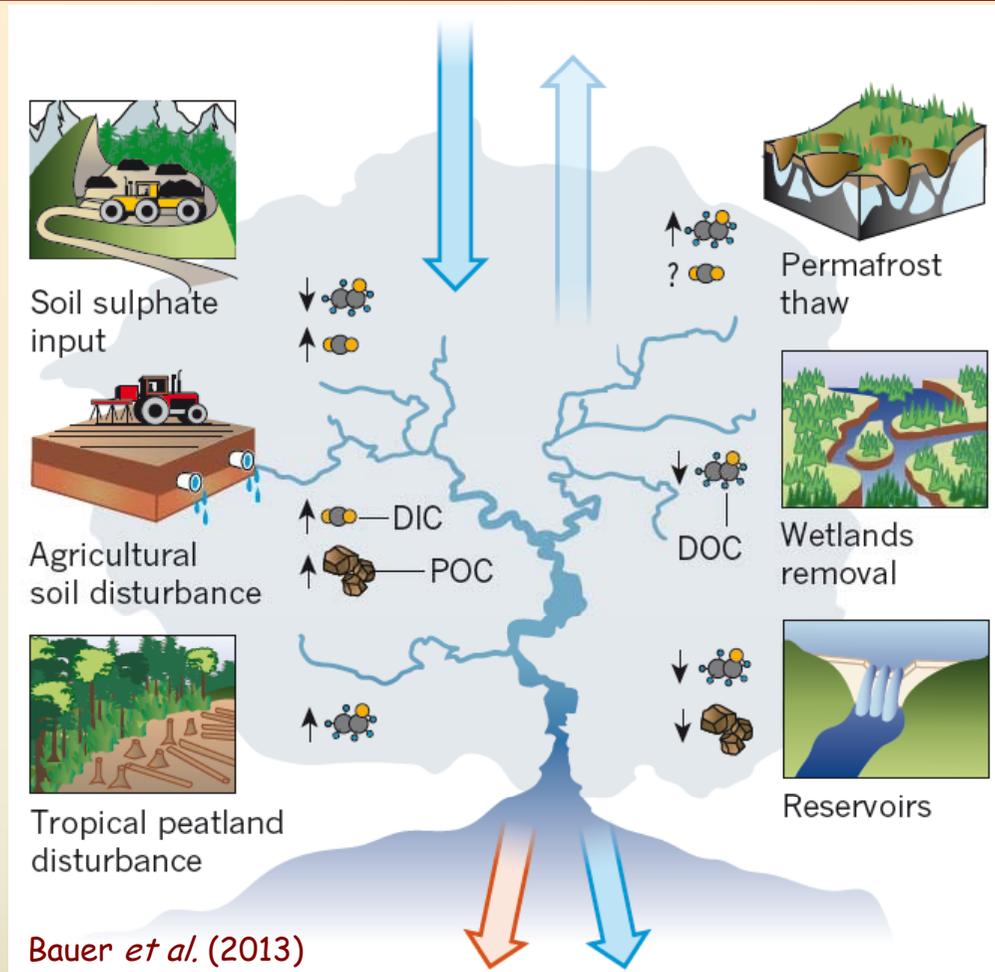
Carbon flux

Bauer *et al.* (2013)

Forçages à l'exportation de MOP du continent à l'océan

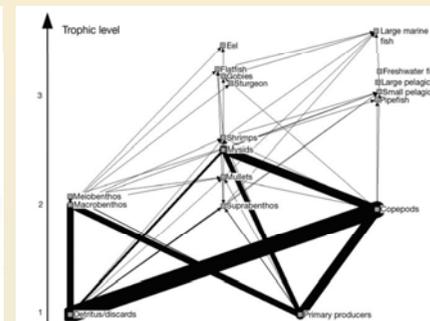
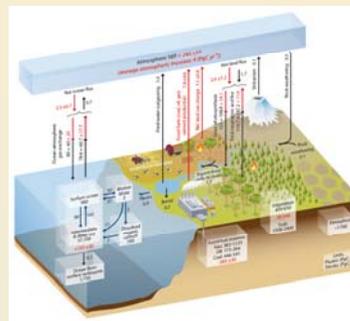


Quel impact du changement global sur la composition de la MOP ?



Cycles biogéochimiques

Réseau trophique



Changement de l'exportation du COP

Changement des apports en nutriments

Changement de la production primaire côtière

