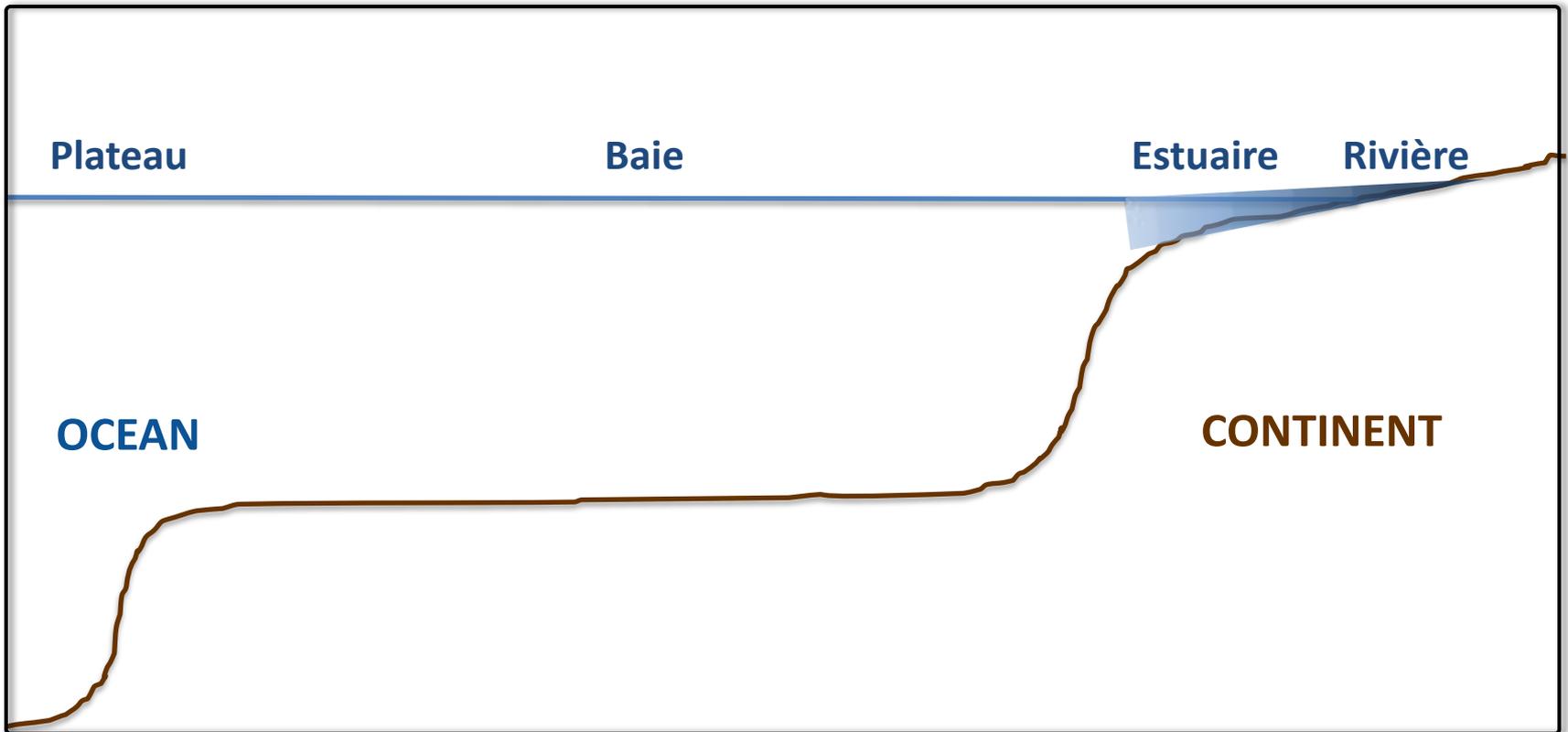




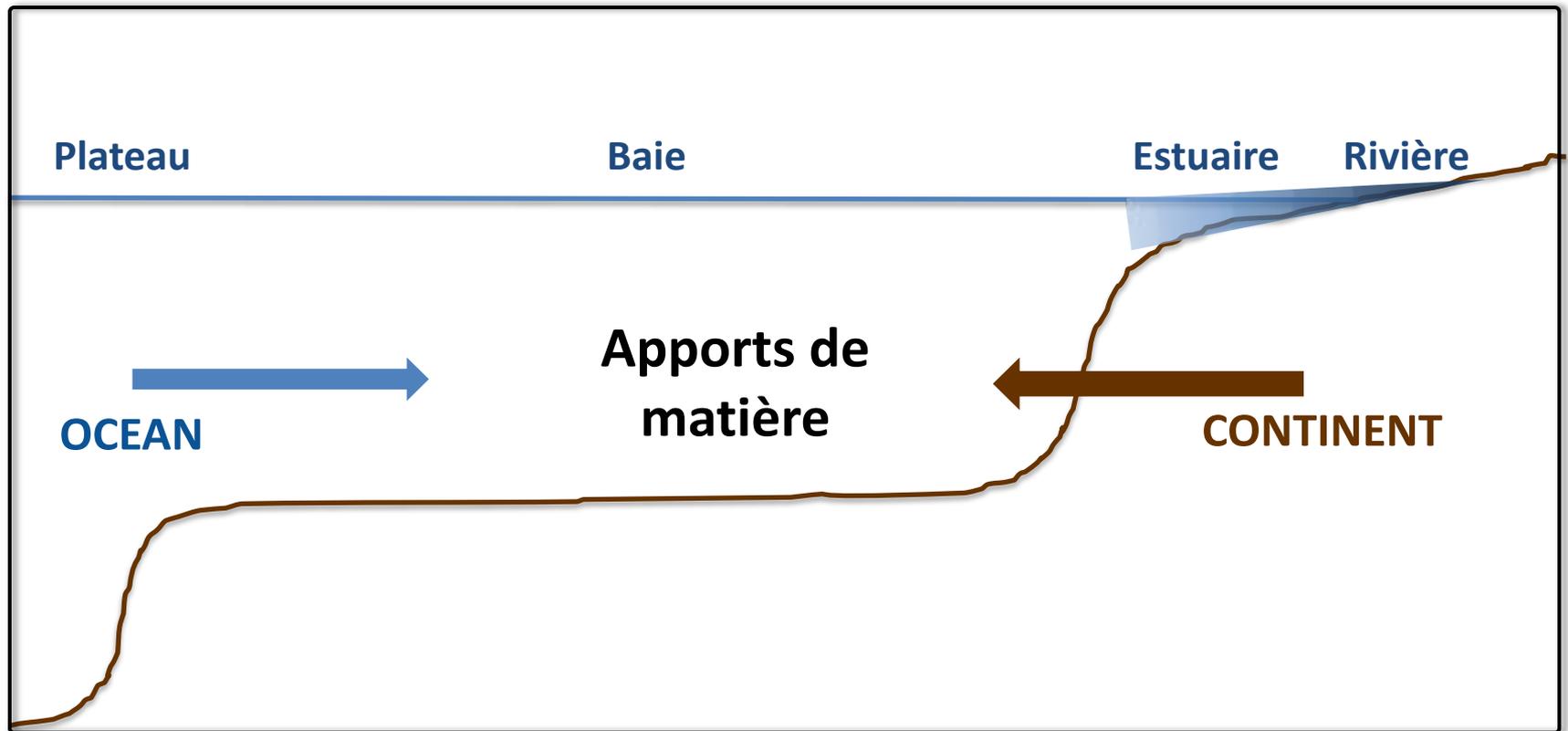
Pierre RAMOND, Camilla LIENART, Valérie DAVID,
les équipes SOMLIT, Nicolas SAVOYE.

Qualité et quantité de la matière organique particulaire dans les écosystèmes côtiers et littoraux : variabilité spatio-temporelle et forçages

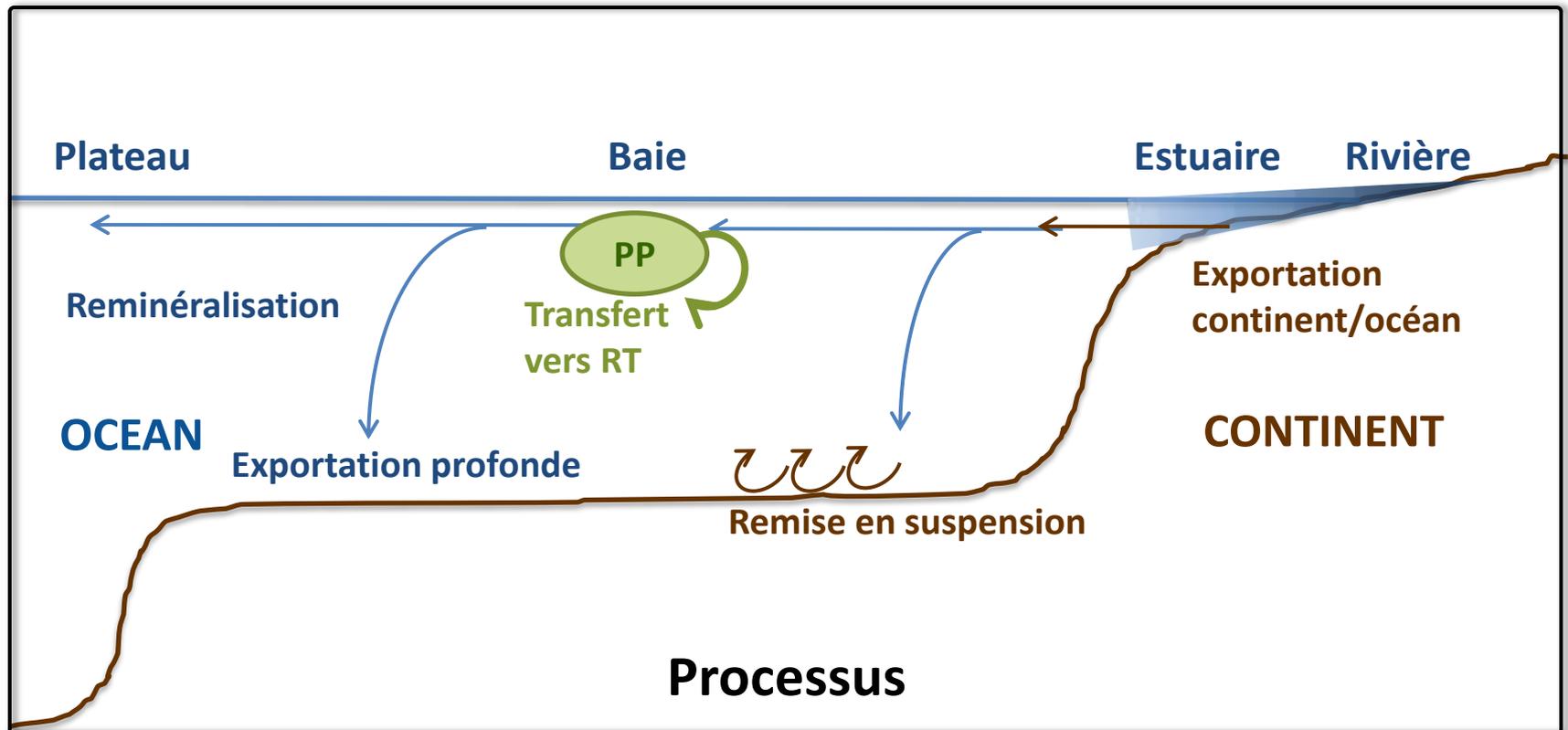
Contexte : Les systèmes littoraux



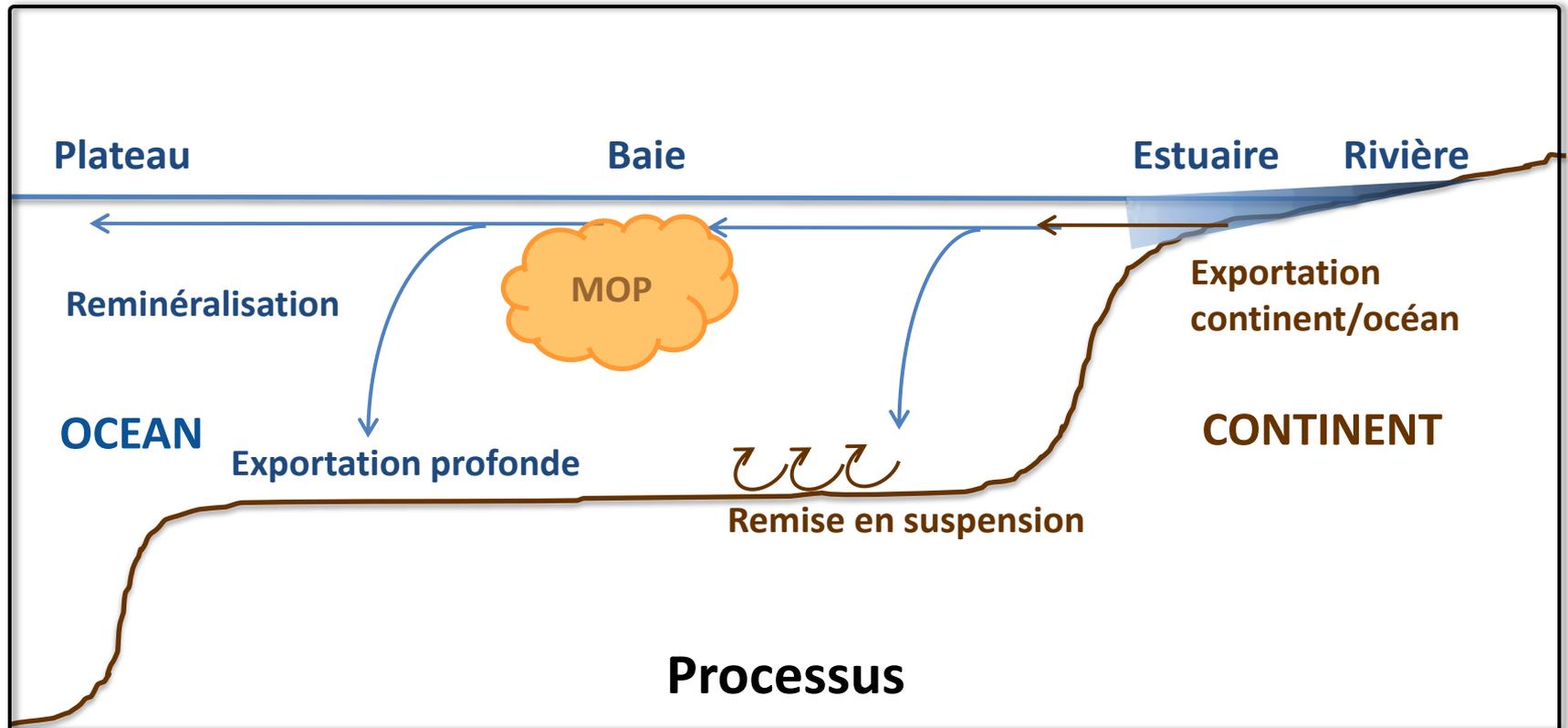
Contexte : Les systèmes littoraux



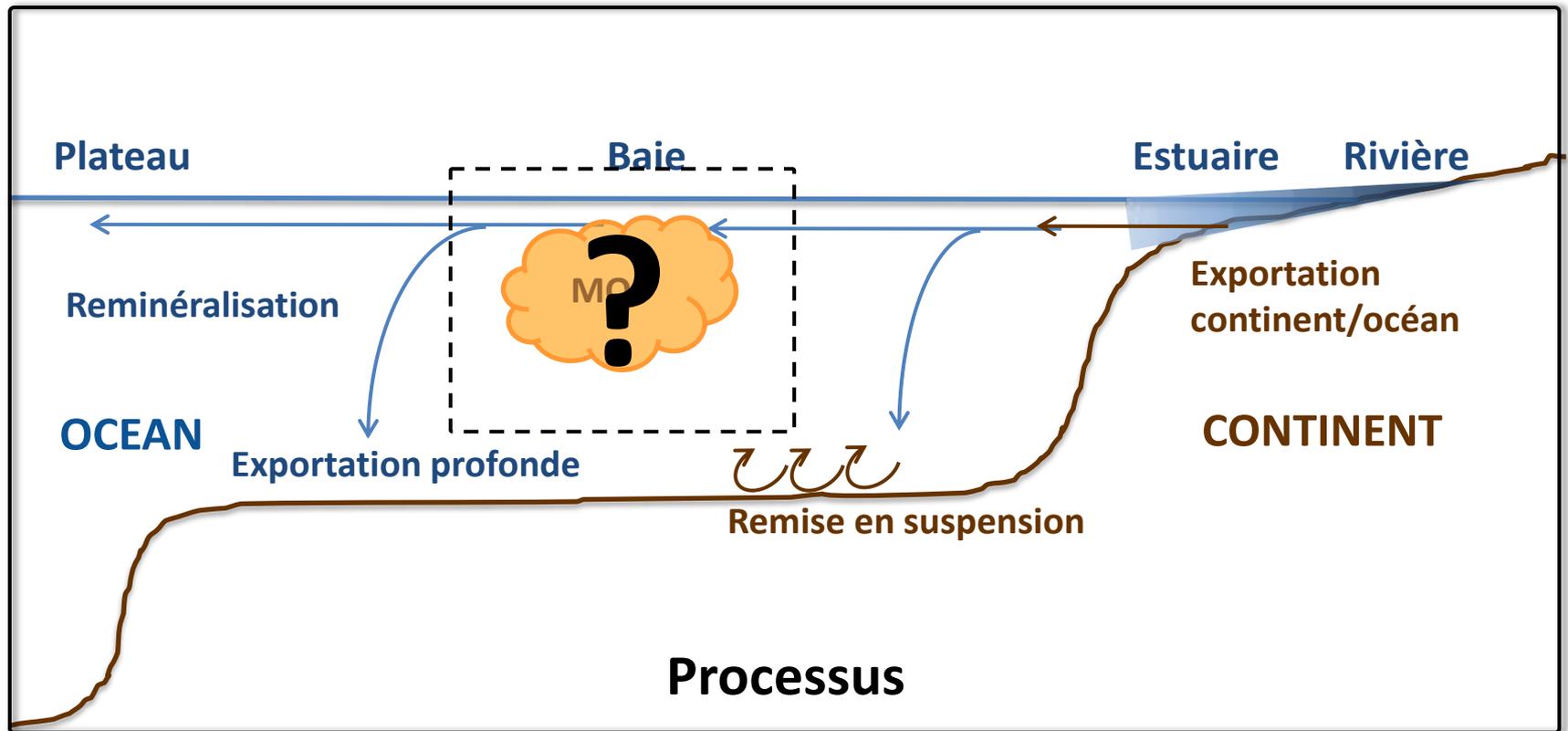
Contexte : Les systèmes littoraux

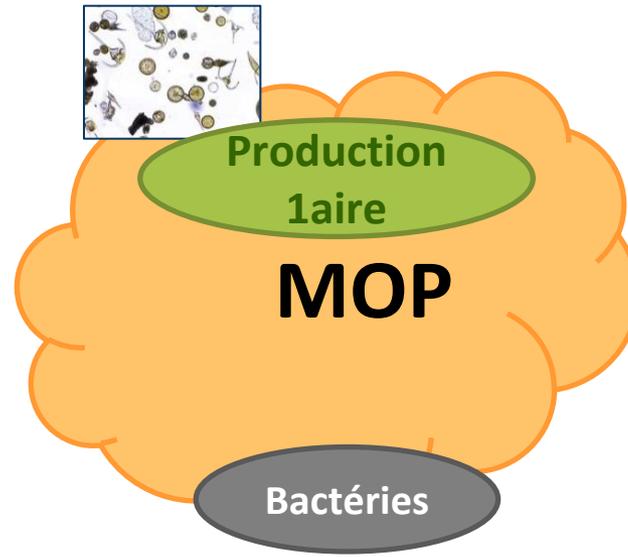


Contexte : Les systèmes littoraux

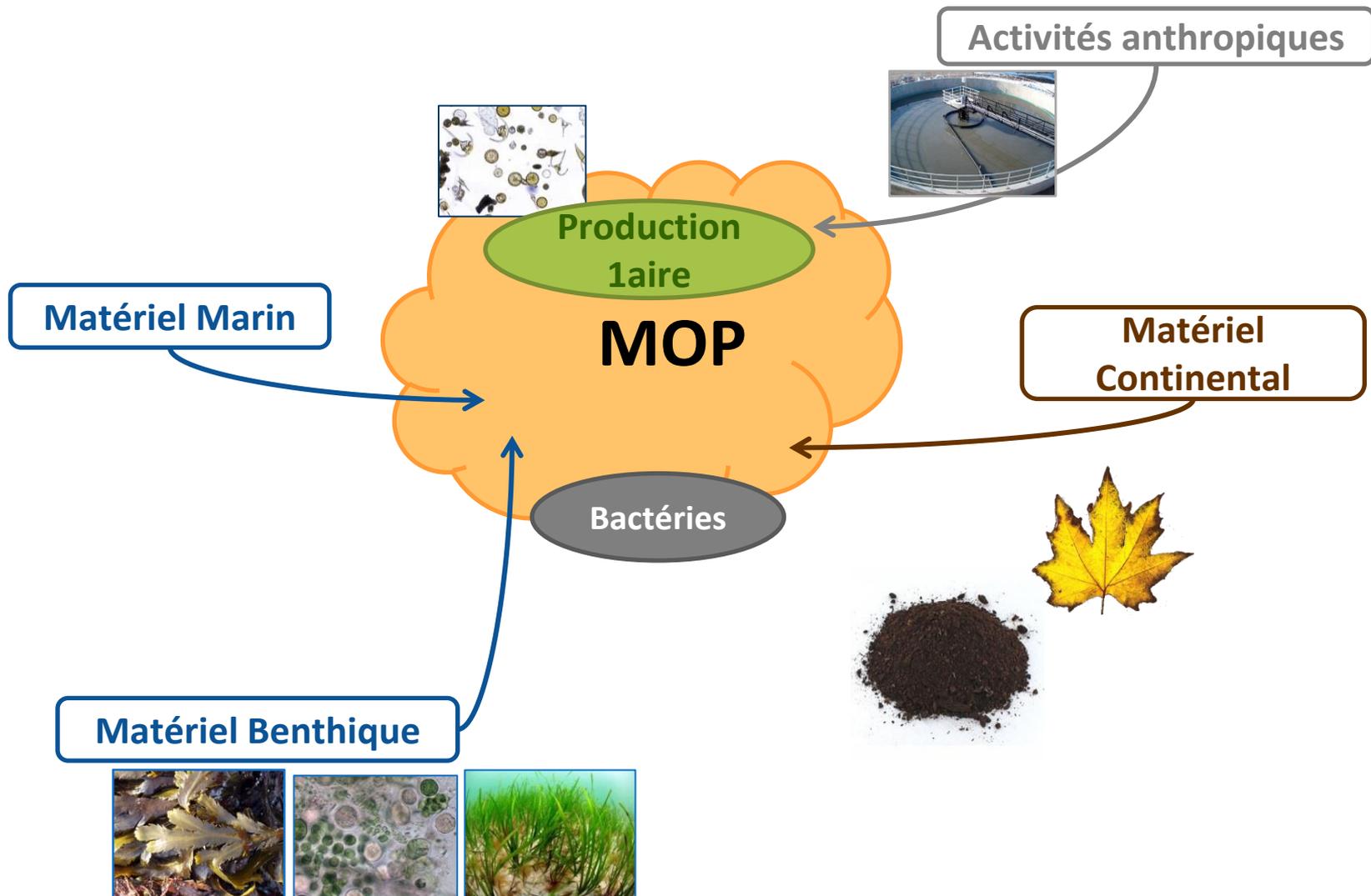


Contexte : Les systèmes littoraux

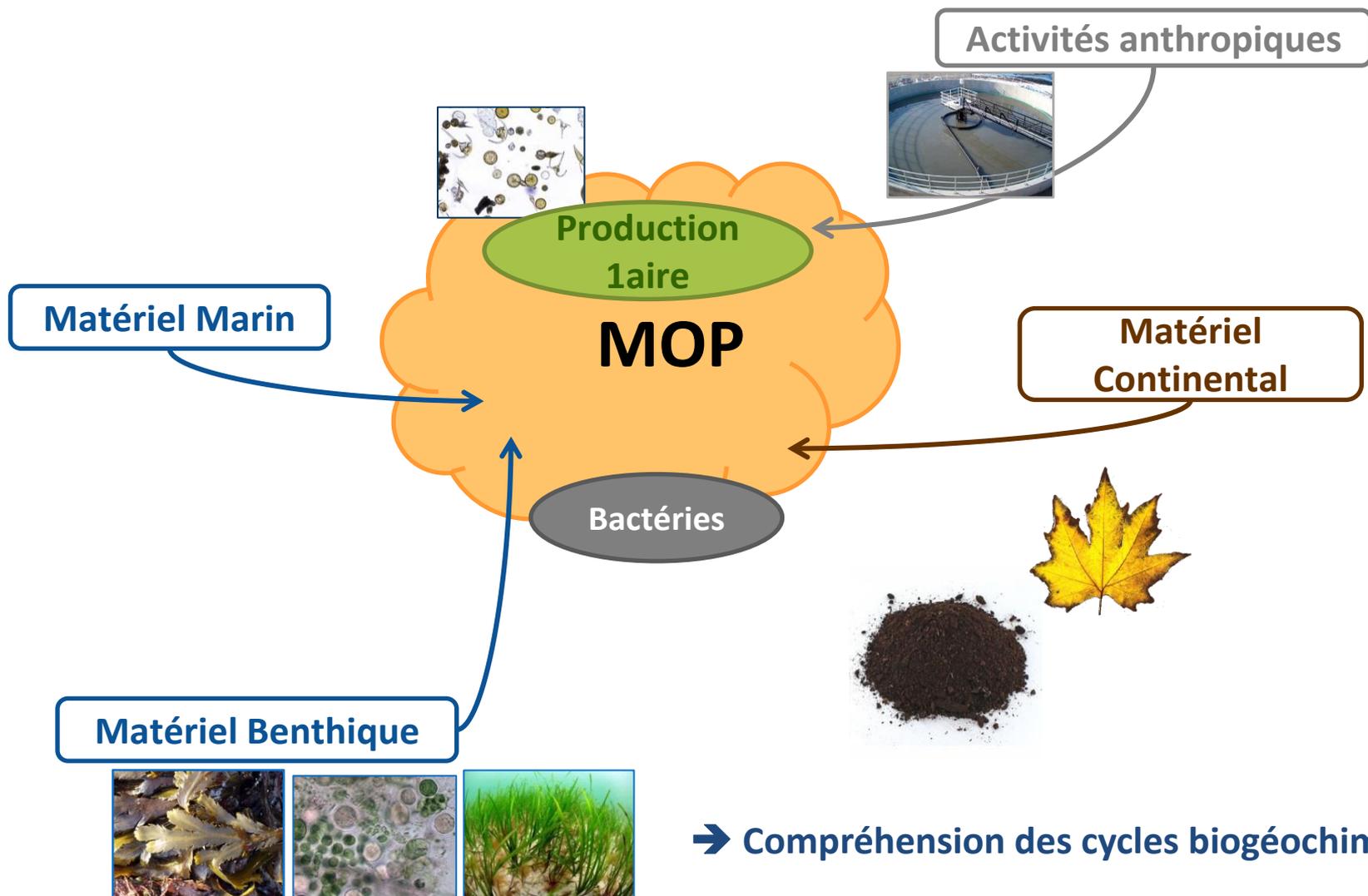




Contexte : La Matière Organique Particulaire

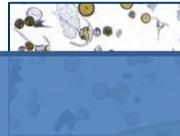


Contexte : La Matière Organique Particulaire



→ Compréhension des cycles biogéochimiques et du fonctionnement du réseau trophique

Activités anthropiques



Quelle est la **variabilité spatio-temporelle** de la **quantité** et de la **qualité** de la MOP dans les systèmes côtiers et quels en sont les **forçages** ?

- à faible échelle spatiale (intra-système) ?
- à large échelle spatiale (multi-systèmes) ?

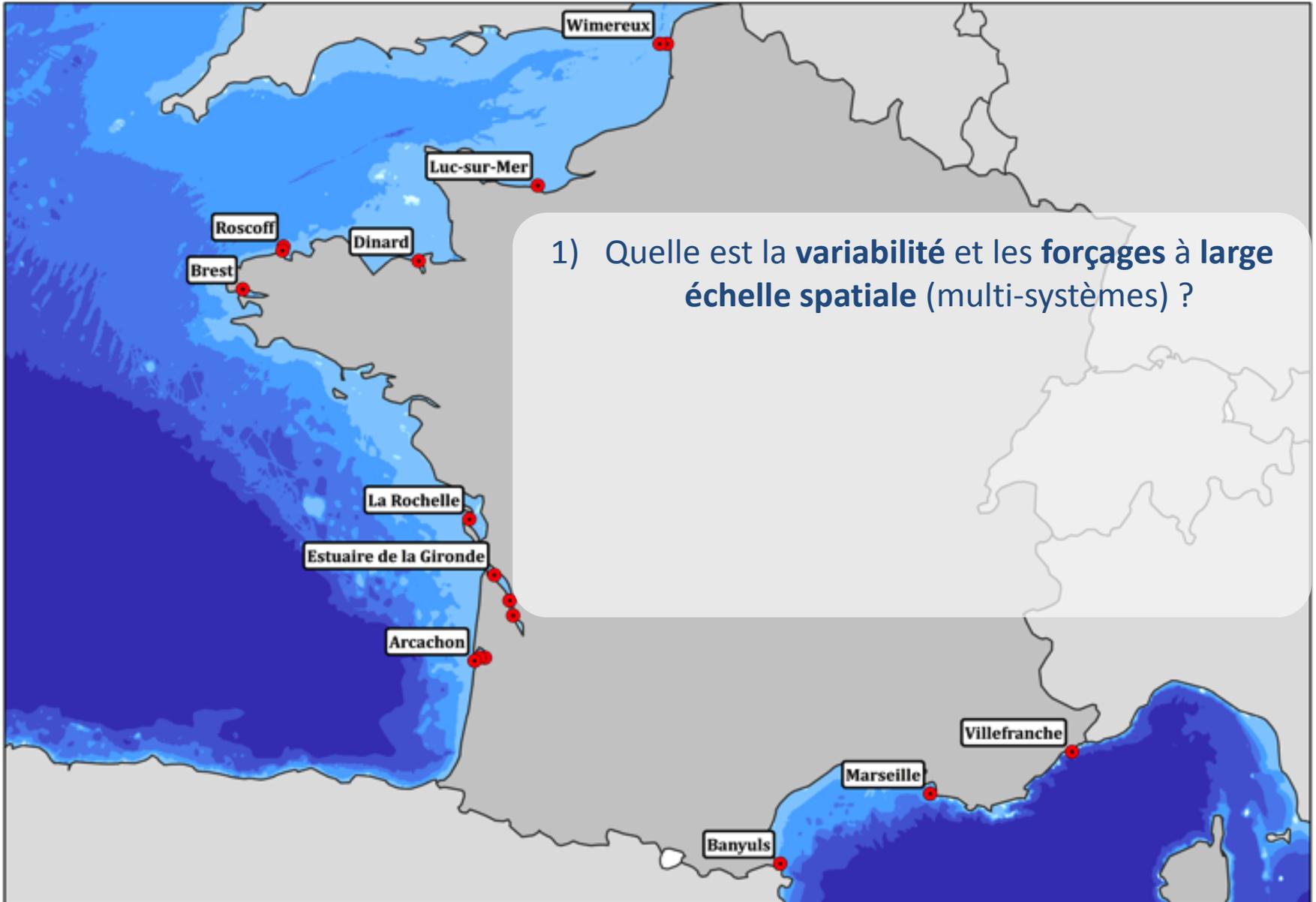
Matériel Benthique



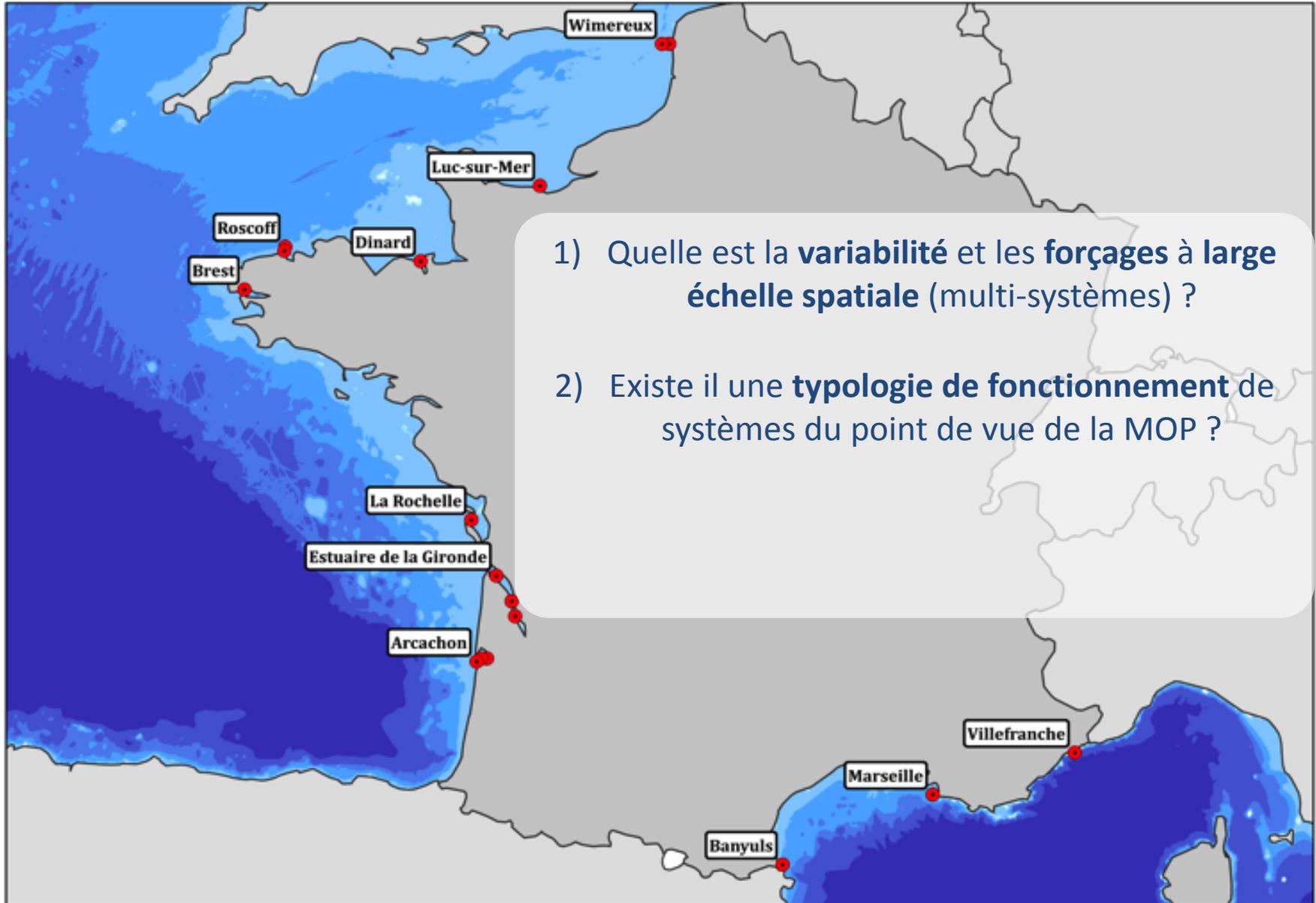
➔ Compréhension des cycles biogéochimiques et du fonctionnement du réseau trophique

Objectifs

1) Quelle est la **variabilité** et les **forçages** à **large échelle spatiale** (multi-systèmes) ?

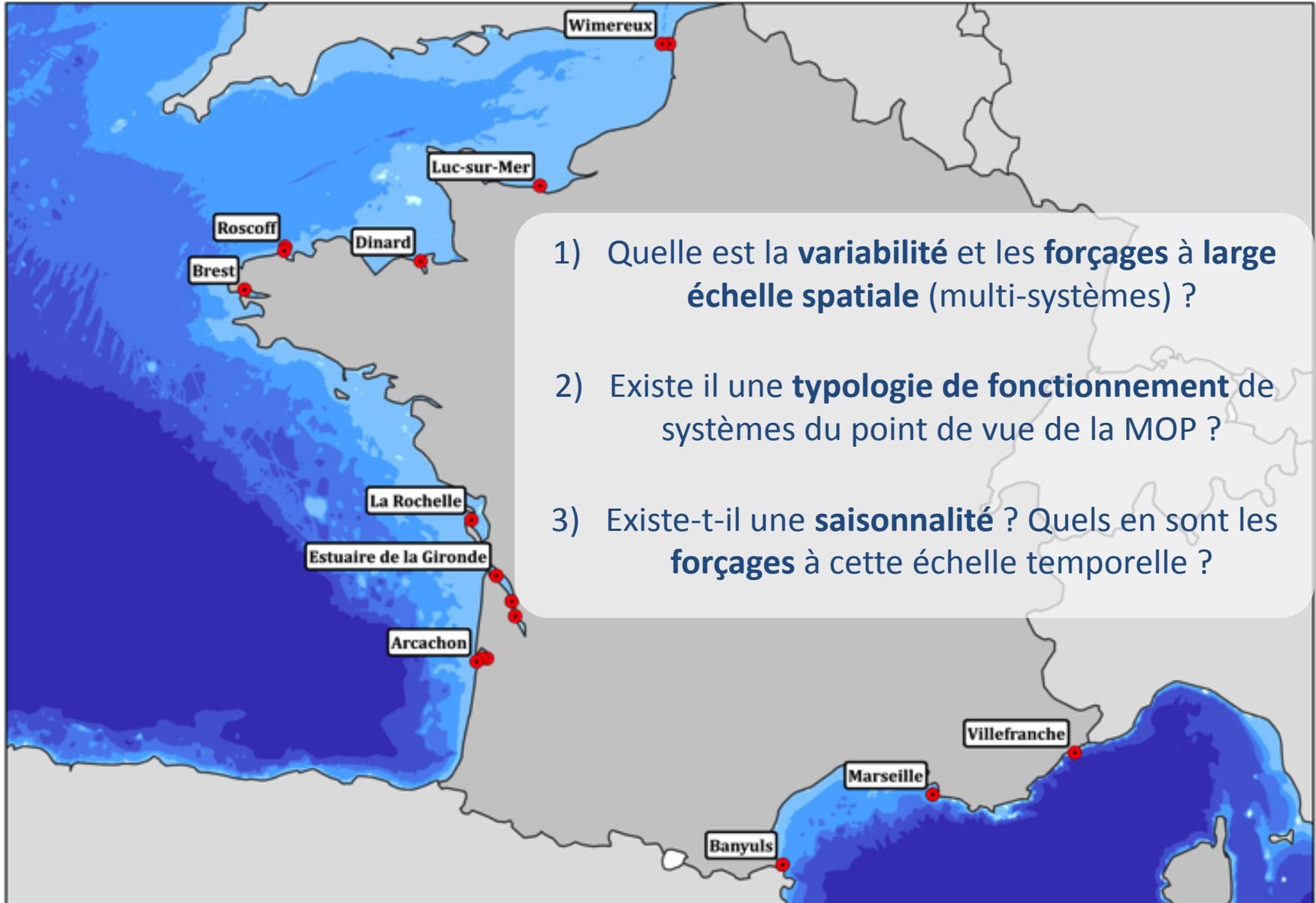


Objectifs



- 1) Quelle est la **variabilité** et les **forçages** à **large échelle spatiale** (multi-systèmes) ?
- 2) Existe il une **typologie de fonctionnement** de systèmes du point de vue de la MOP ?

Objectifs



- 1) Quelle est la **variabilité** et les **forçages** à **large échelle spatiale** (multi-systèmes) ?
- 2) Existe il une **typologie de fonctionnement** de systèmes du point de vue de la MOP ?
- 3) Existe-t-il une **saisonnalité** ? Quels en sont les **forçages** à cette échelle temporelle ?

Quels paramètres permettent de décrire la MOP ?

Proxy qualitatifs/quantitatifs ?

Les paramètres de la MOP : quantifier

Carbone organique particulaire (COP) :

Décrit tous les types de MOP sans distinction de source ou de réservoir

Chlorophylle *a* (Chl*a*) :

Décrit l'ensemble des autotrophes (et les mixotrophes) non ou peu dégradés

Les paramètres de la MOP : qualifier

Rapport COP/Chl α :

Indicateur de la dominance de phytoplancton dans la MOP (quand $\leq 100-200$)

Proportion de pheopigment (pheao/(chl α +pheao)) :

Indicateur de l'état de dégradation du phytoplancton

Rapport COP/NOP (C/N) :

Indicateur de l'origine de la MOP

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

Les paramètres de la MOP : qualifier

Rapport COP/Chl α :

Indicateur de la dominance de phytoplancton dans la MOP (quand $\leq 100-200$)

Proportion de pheopigment (pheao/(chl α +pheao)) :

Indicateur de l'état de dégradation du phytoplancton

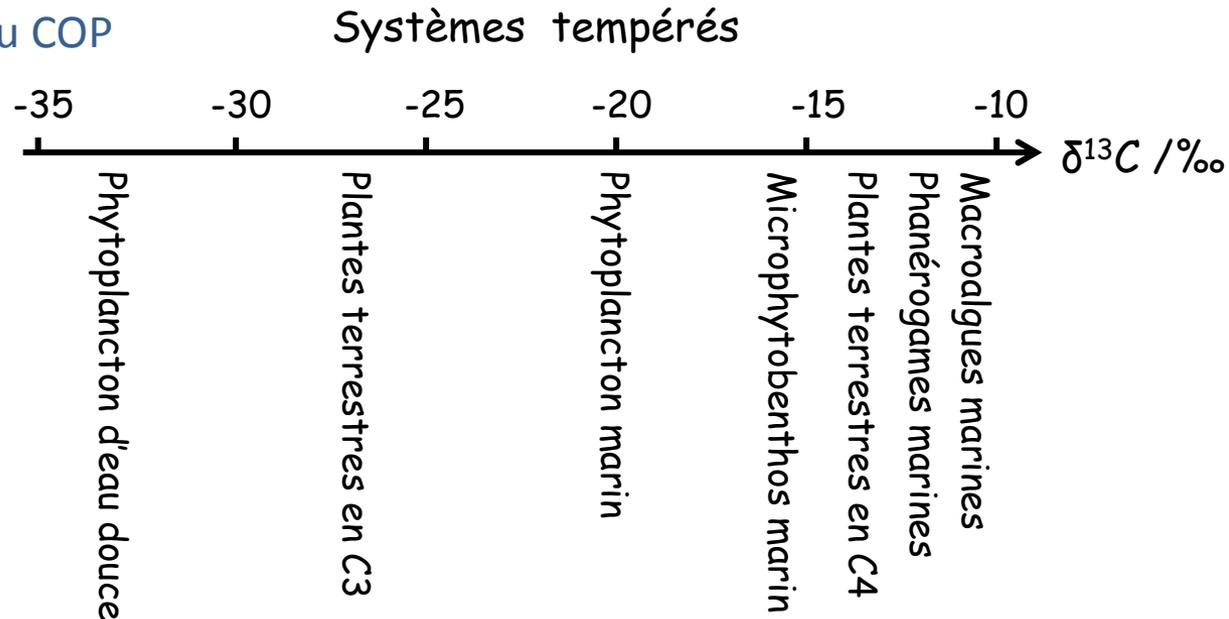
Rapport COP/NOP (C/N) :

Indicateur de l'origine de la MOP

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

Rapport isotopique du COP ($\delta^{13}\text{C}$) :

Indicateur de l'origine du COP



Les paramètres de la MOP : qualifier

Rapport COP/Chl α :

Indicateur de la dominance de phytoplancton dans la MOP (quand $\leq 100-200$)

Proportion de pheopigment (pheao/(chl α +pheao)) :

Indicateur de l'état de dégradation du phytoplancton

Rapport COP/NOP (C/N) :

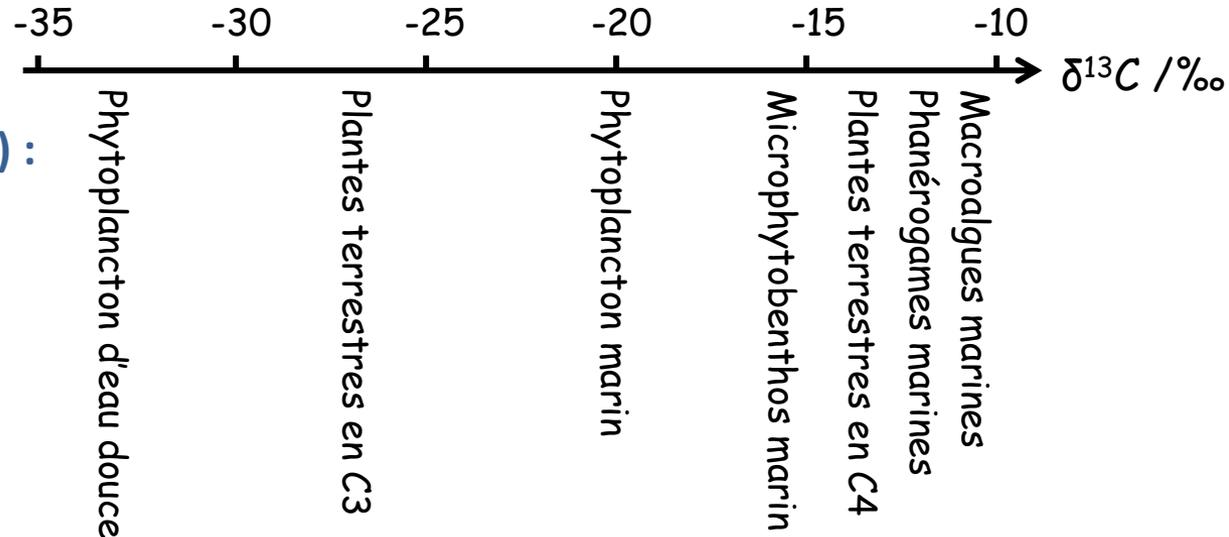
Indicateur de l'origine de la MOP

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

Rapport isotopique du COP ($\delta^{13}\text{C}$) :

Indicateur de l'origine du COP

Systemes tempérés



Rapport isotopique du NOP ($\delta^{15}\text{N}$) :

Les paramètres de la MOP : qualifier

Rapport COP/Chl α :

Indicateur de la dominance de phytoplancton dans la MOP (quand ≤ 100 -200)

Proportion de pheopigment (pheao/(chl α +pheao)) :

Indicateur de l'état de dégradation du phytoplancton

Rapport COP/NOP (C/N) :

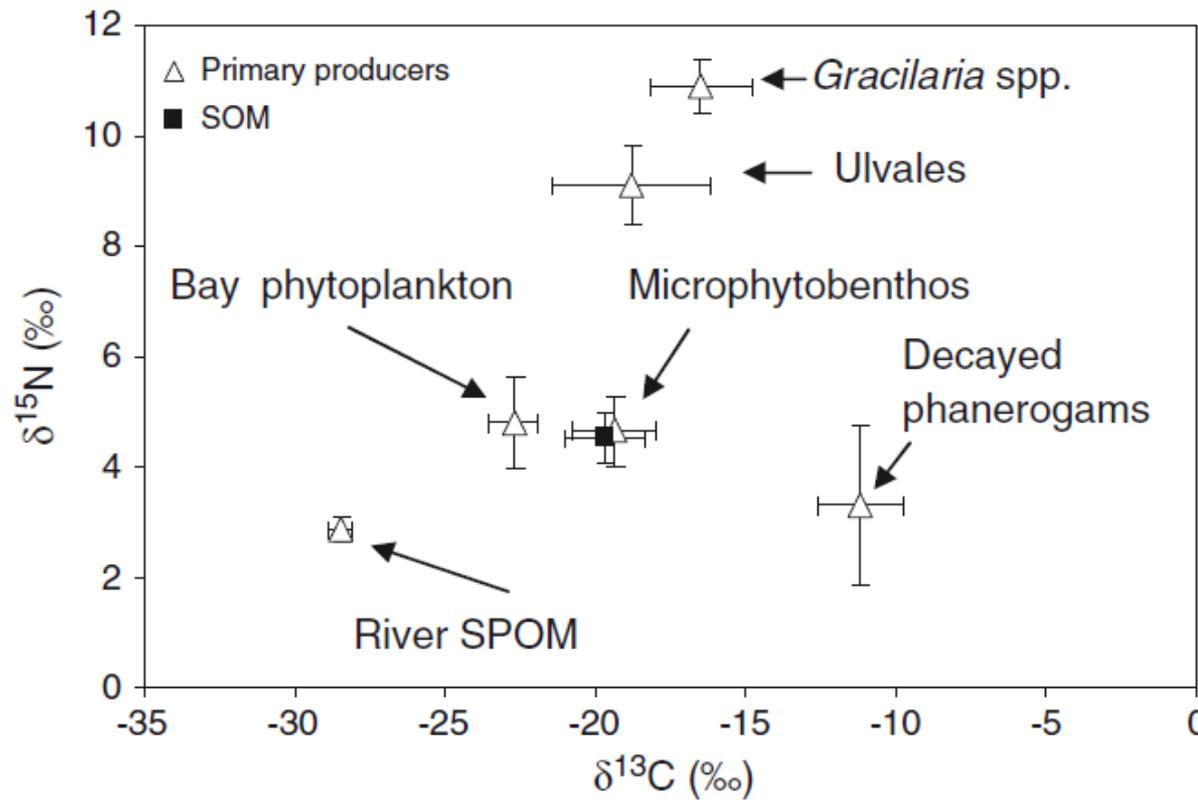
Indicateur de l'origine de la MOP

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

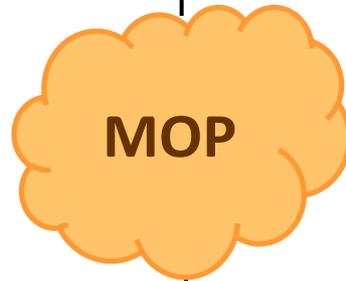
Rapport isotopique du COP ($\delta^{13}\text{C}$) :

Indicateur de l'origine du

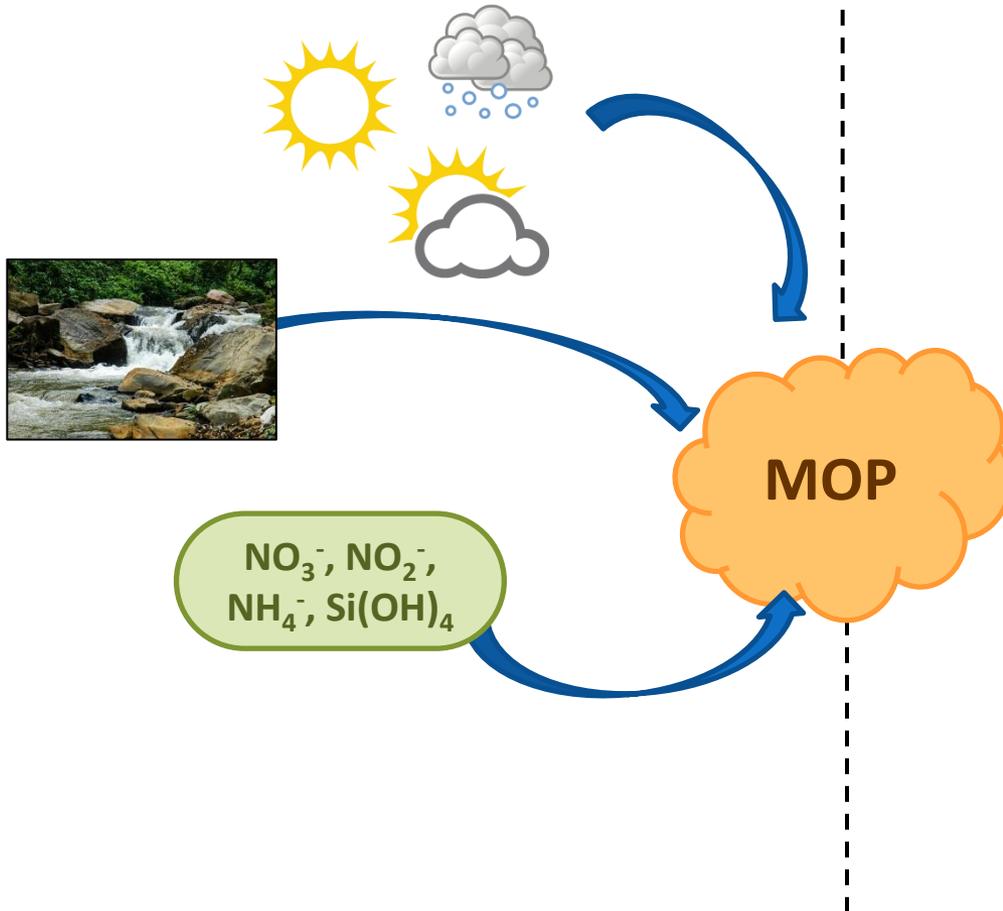
Rapport isotopique du NOP ($\delta^{15}\text{N}$) :



Les Forçages



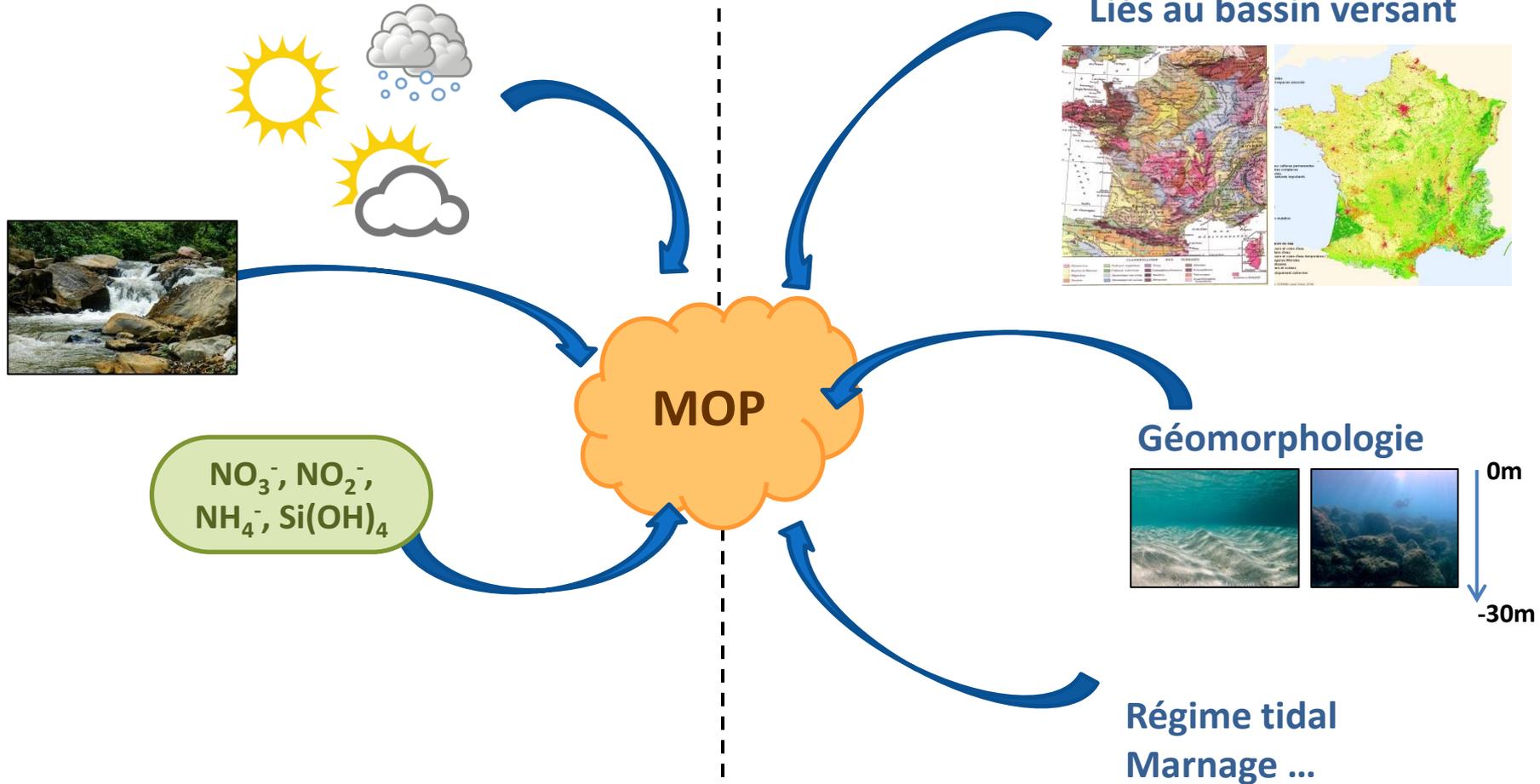
« Variants »



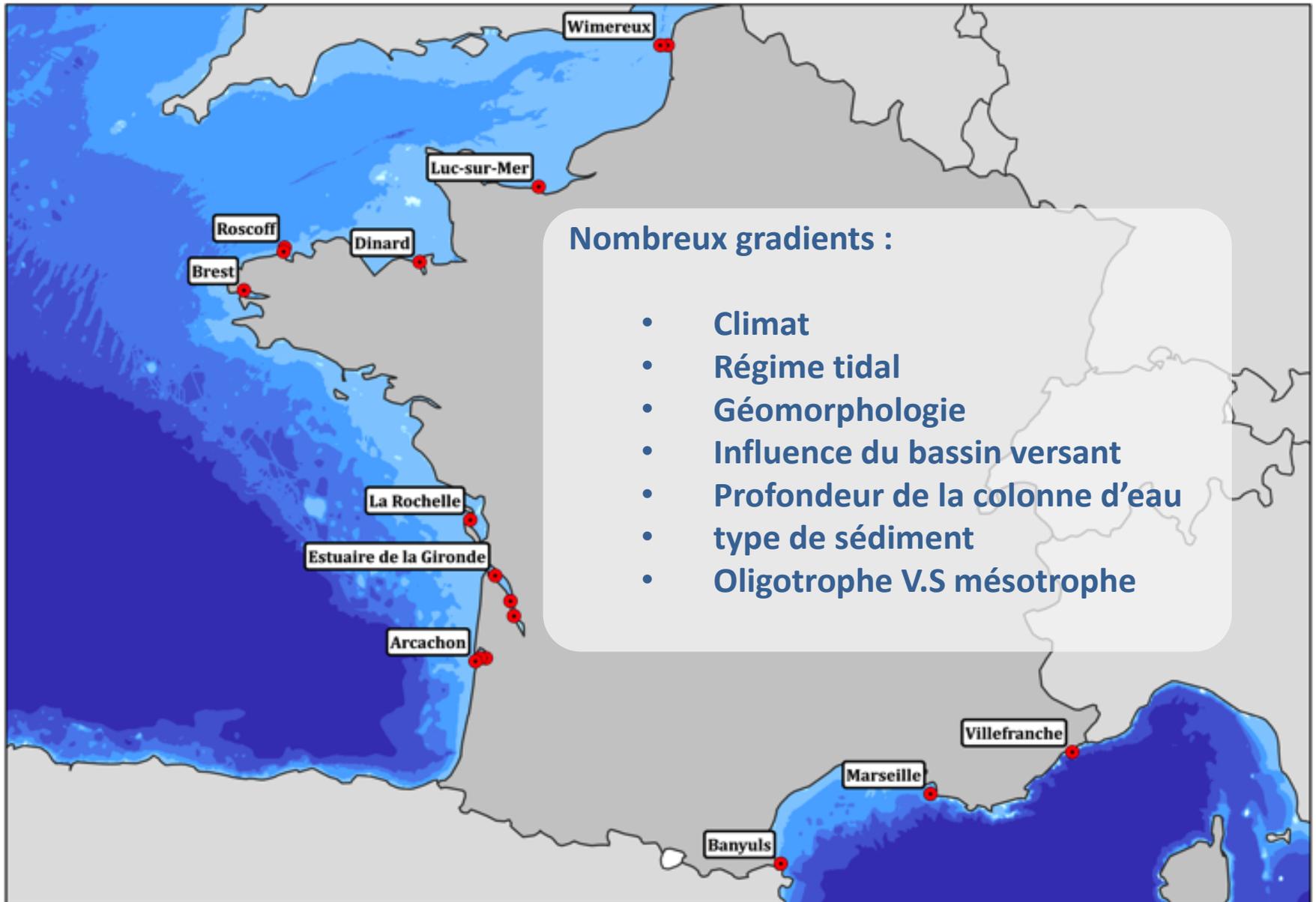
Les Forçages

« Variants »

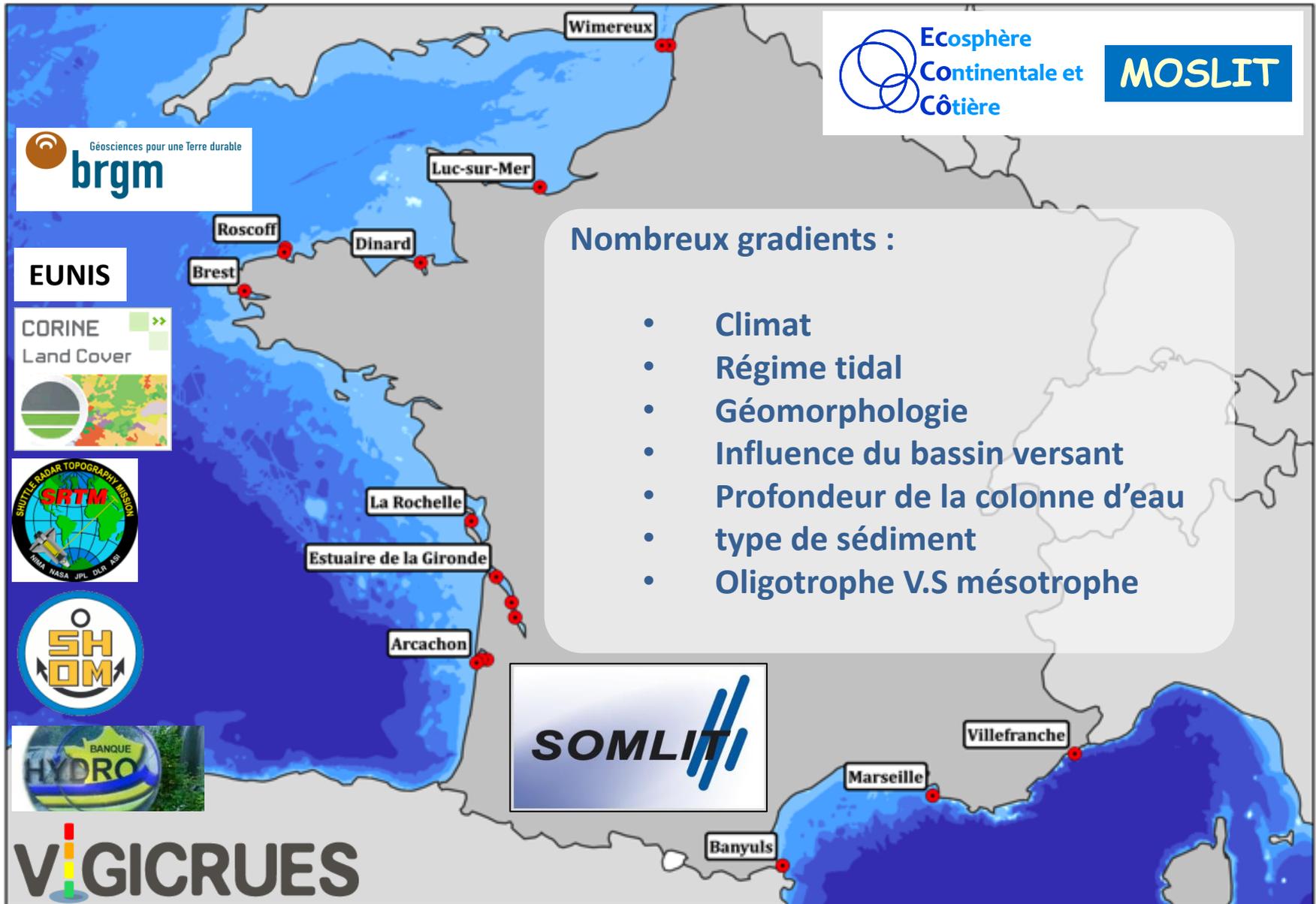
« Invariants »



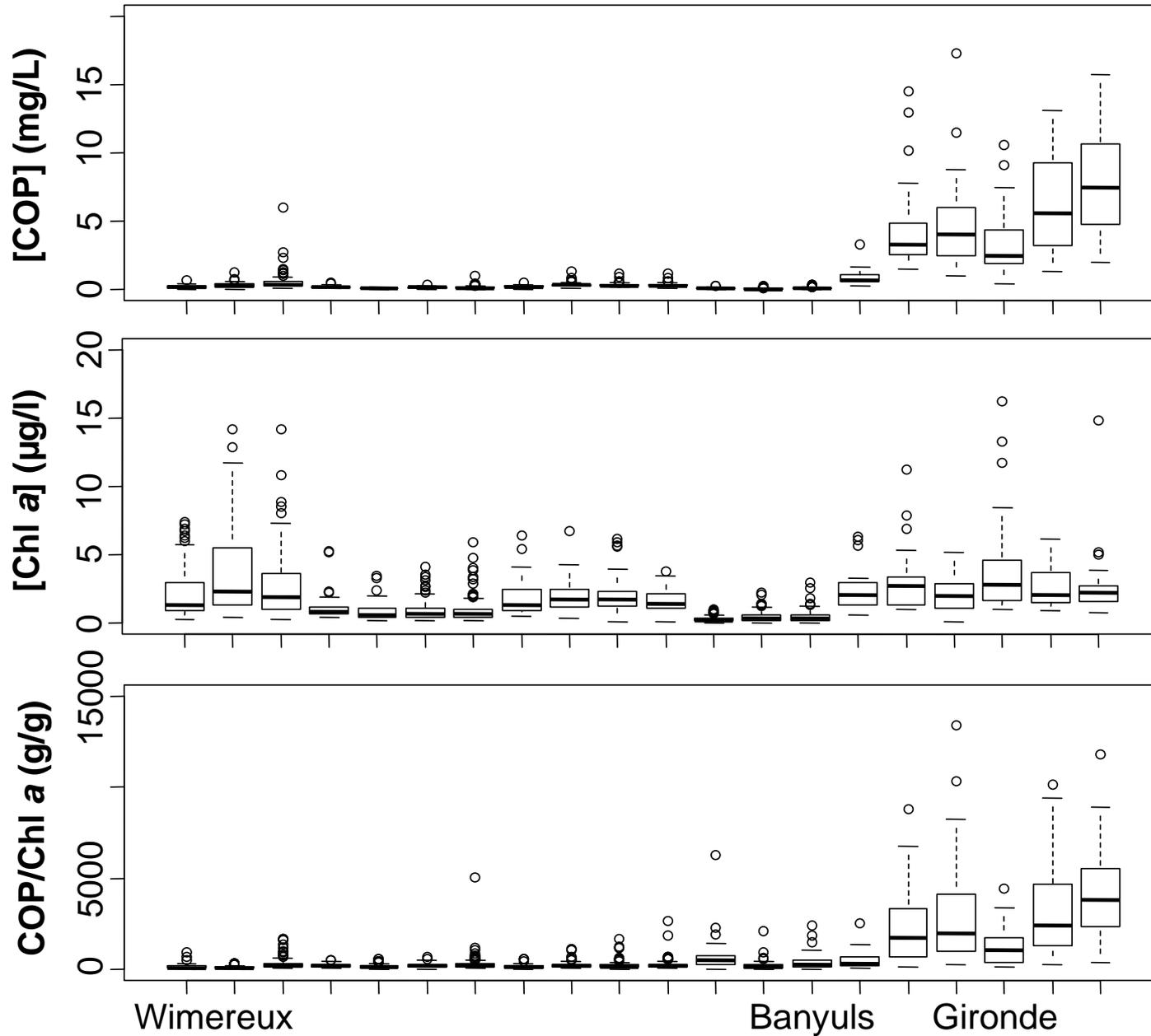
Les sites d'étude



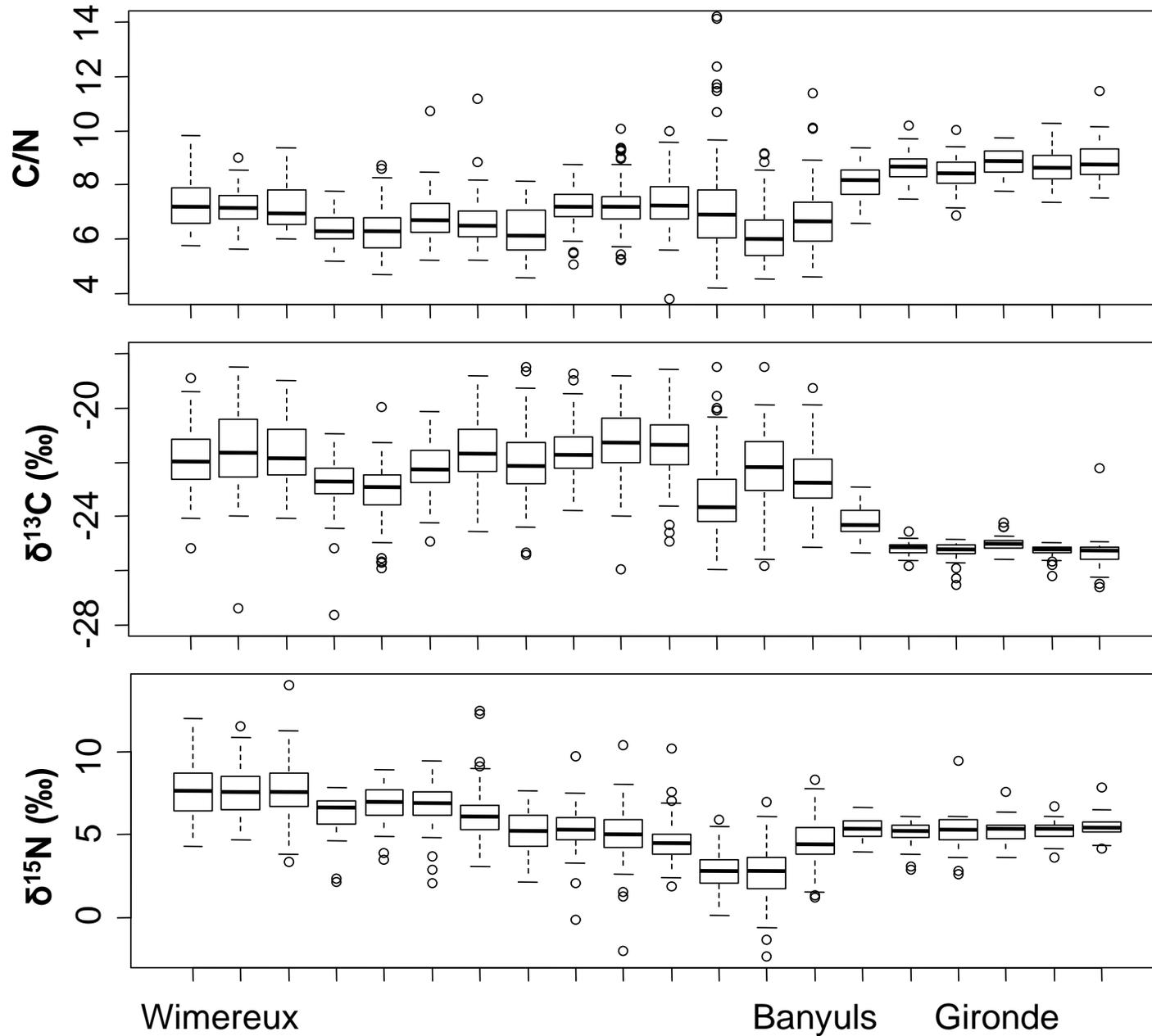
Les sites d'étude



Paramètres de la MOP aux sites SOMLIT



Paramètres de la MOP aux sites SOMLIT



1) Echelle multi-systémique : Forçages

Paramètres de la MOP : moyennes annuelles

Paramètres forçants

- variants : moyennes annuelles
- invariants : valeurs uniques

1) Echelle multi-systémique : Forçages

Paramètres de la MOP : moyennes annuelles

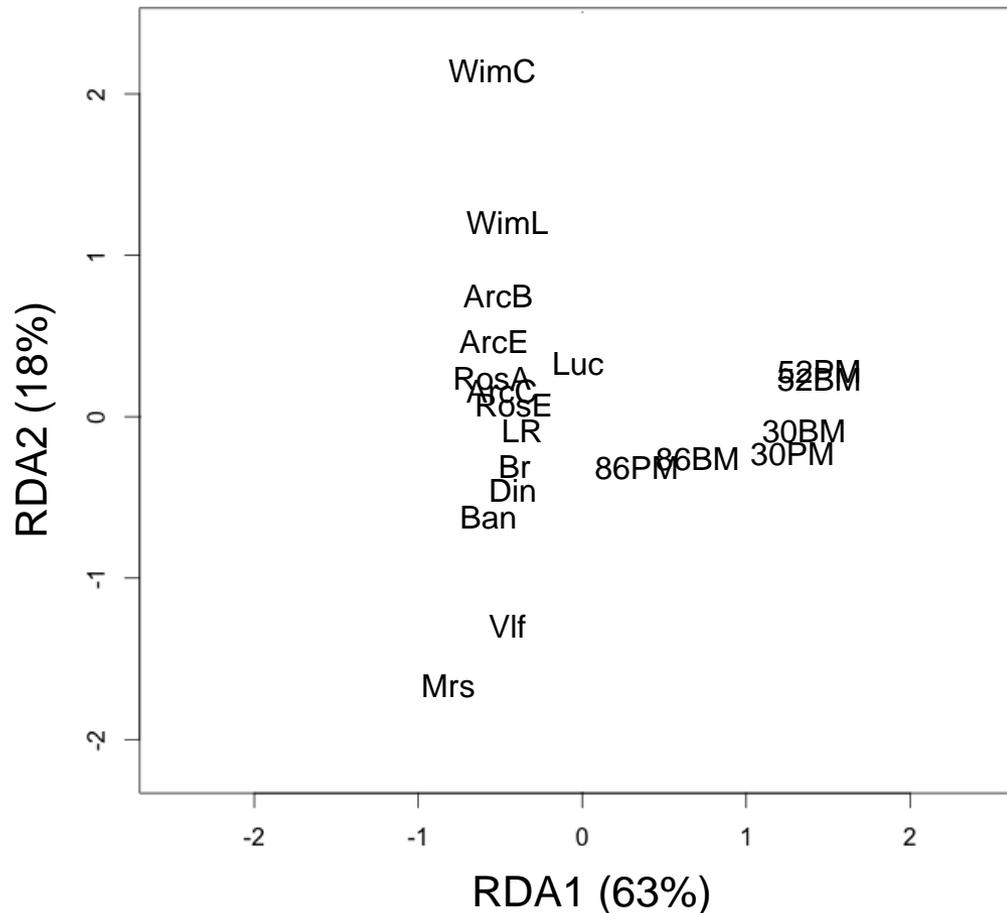
Paramètres forçants

- variants : moyennes annuelles

- invariants : valeurs uniques

Analyse de redondance :

1) Stations



$R^2 = 0,79$

1) Echelle multi-systémique : Forçages

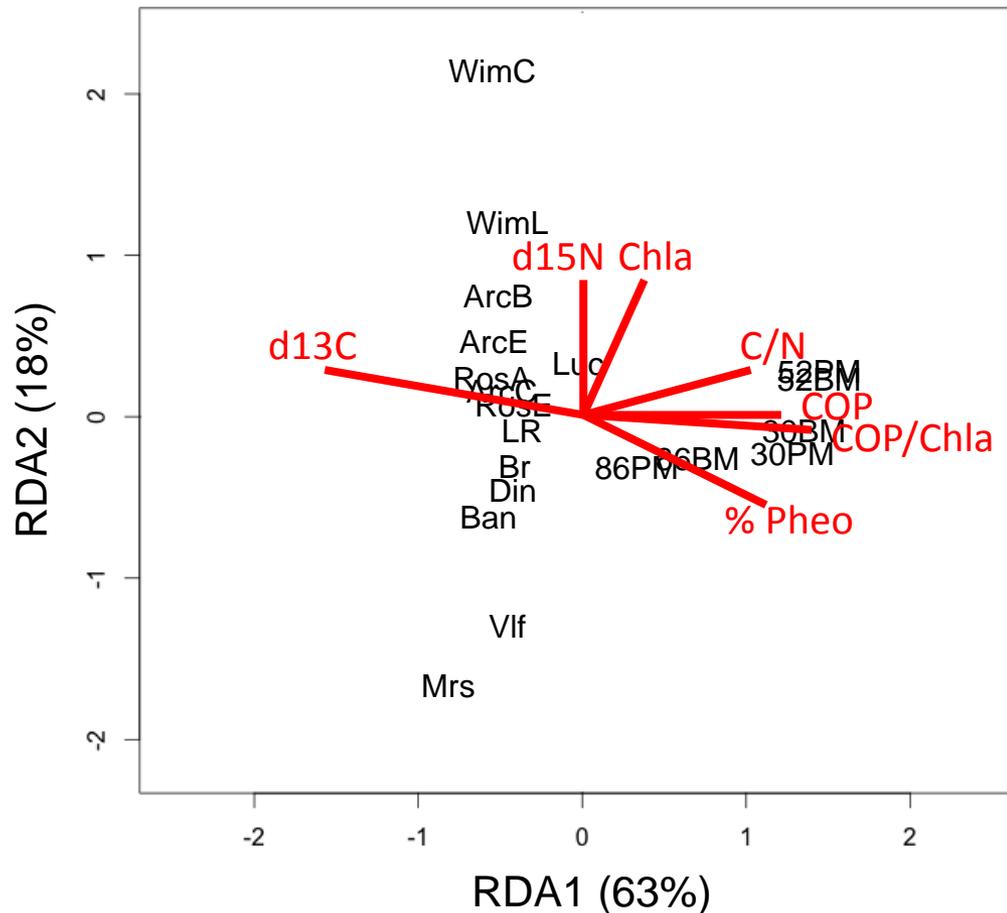
Paramètres de la MOP : moyennes annuelles

Paramètres forçants

- variants : moyennes annuelles
- invariants : valeurs uniques

Analyse de redondance :

- 1) Stations
- 2) Paramètres de la MOP



$R^2 = 0,79$

1) Echelle multi-systémique : Forçages

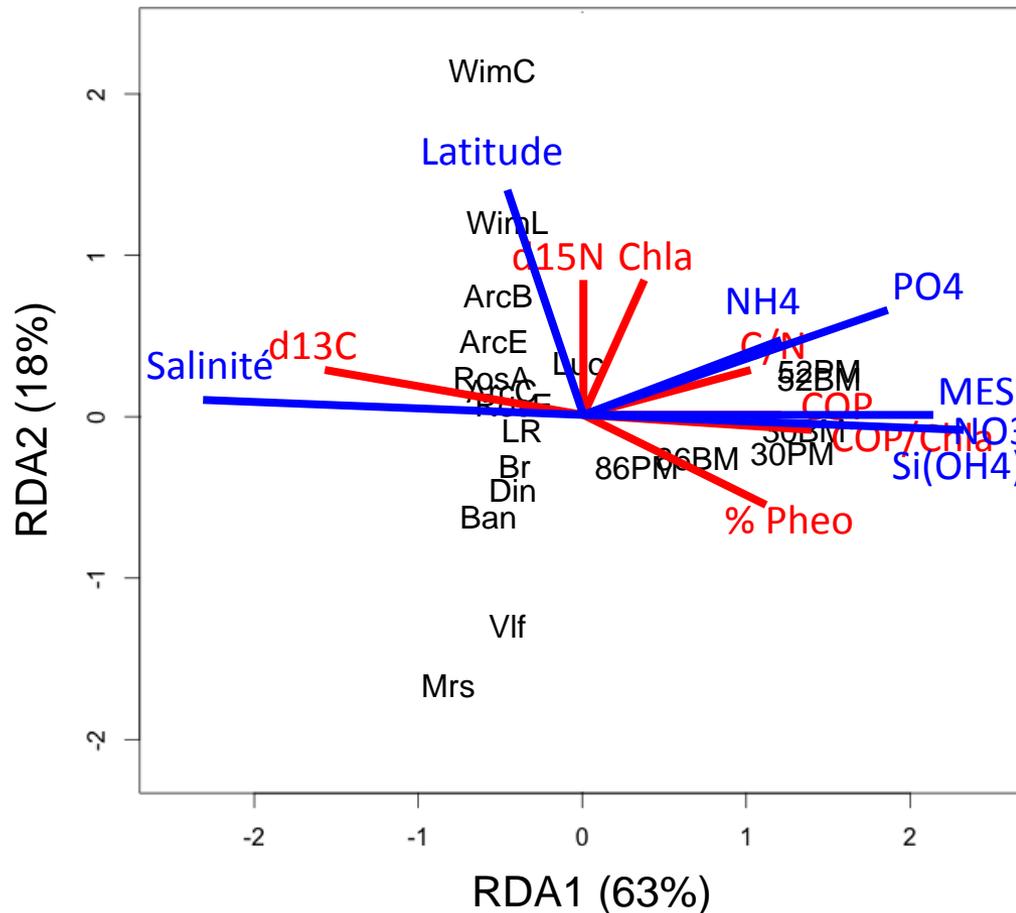
Paramètres de la MOP : moyennes annuelles

Paramètres forçants

- variants : moyennes annuelles
- invariants : valeurs uniques

Analyse de redondance :

- 1) Stations
- 2) Paramètres de la MOP
- 3) Forçages



$R^2 = 0,79$

1) Echelle multi-systémique : Forçages

Paramètres de la MOP : moyennes annuelles

Paramètres forçants : variants et invariants

Analyse de redondance :

1) Stations

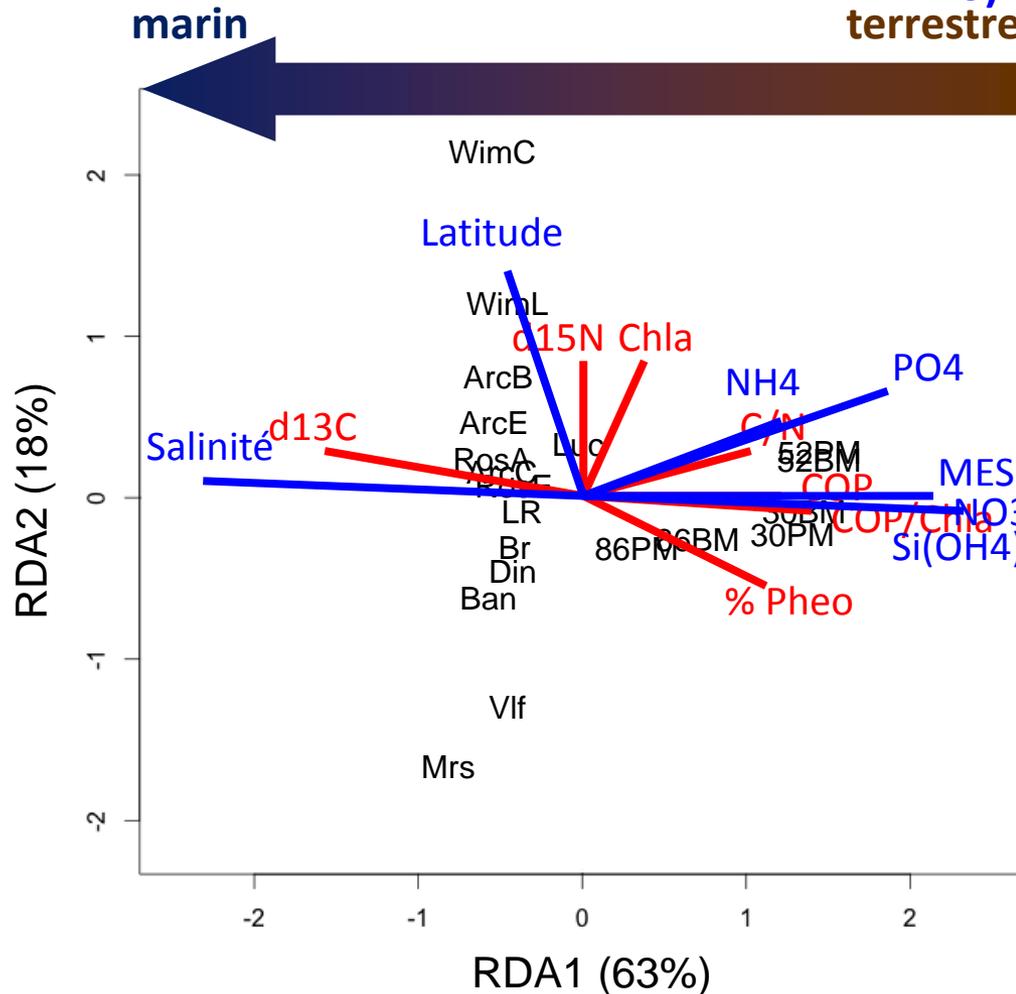
2) Paramètres de la MOP

3) Forçages

mésotrophe



oligotrophe
diazotrophes

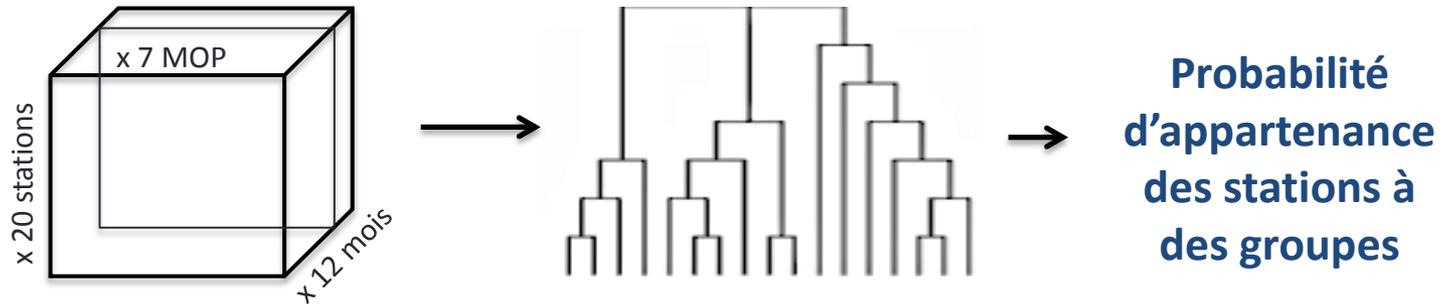


$R^2 = 0,79$

2) Typologie des systèmes : Méthodes

Méthode de régionalisation de Souissi et al. (2000)

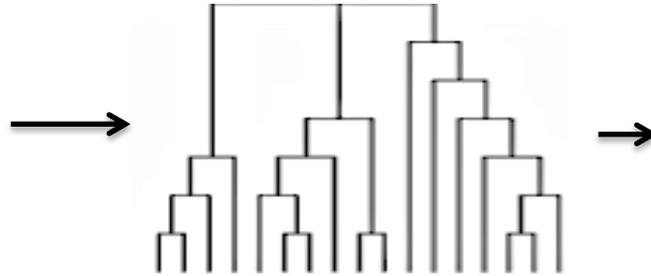
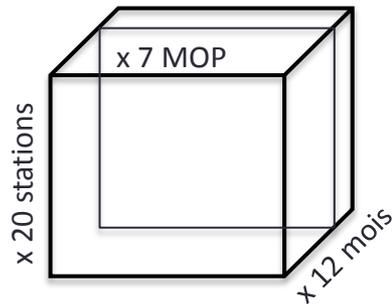
Moyennes mensuelles → matrice



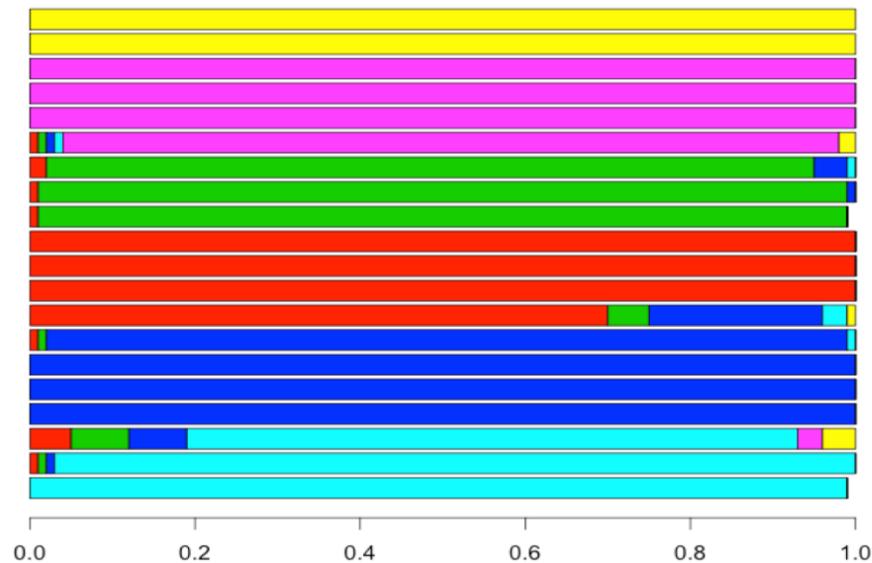
2) Typologie des systèmes : Méthodes

Méthode de régionalisation de Souissi et al. (2000)

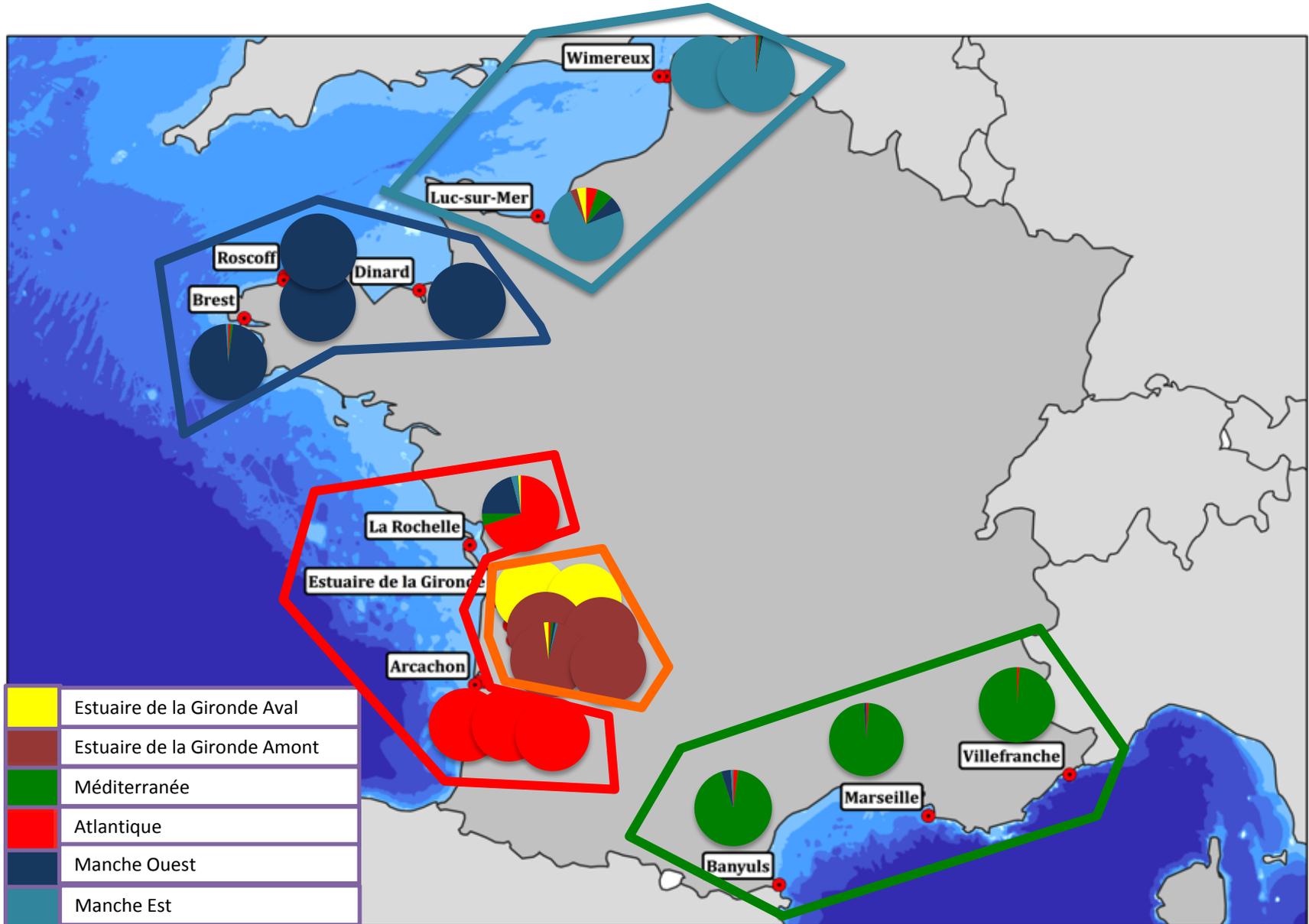
Moyennes mensuelles → matrice



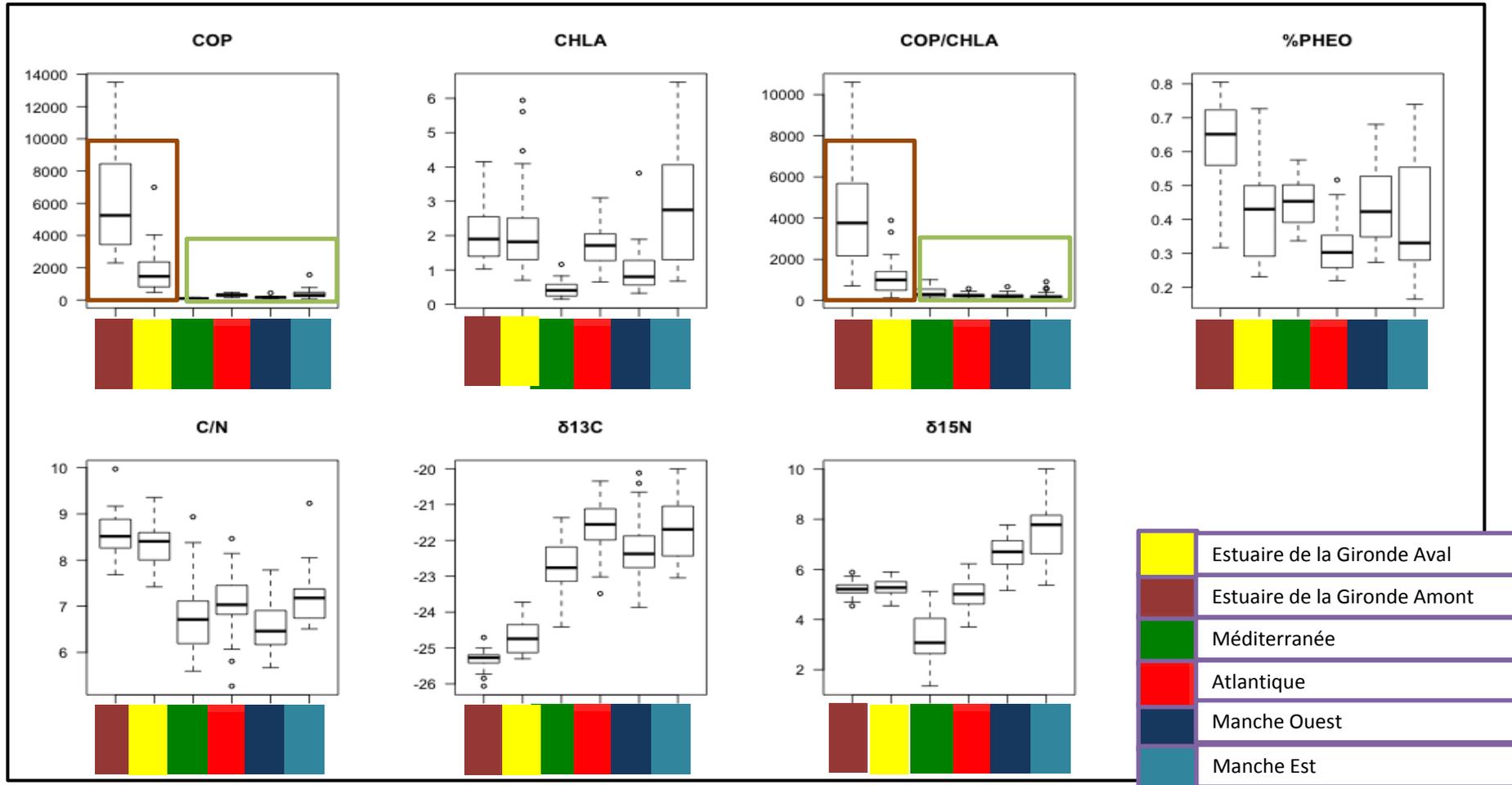
Probabilité
d'appartenance
des stations à
des groupes



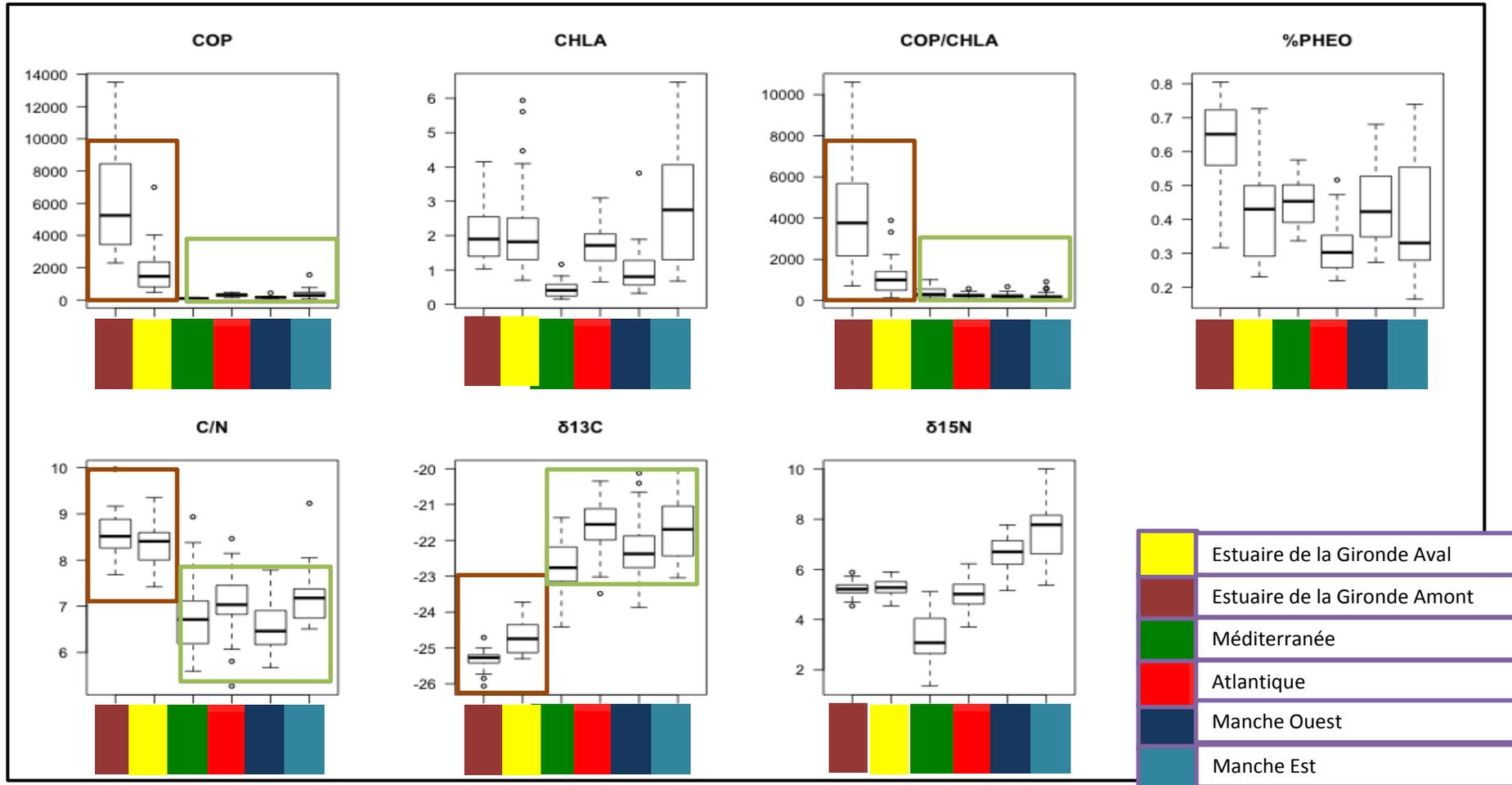
2) Typologie des systèmes : Résultats



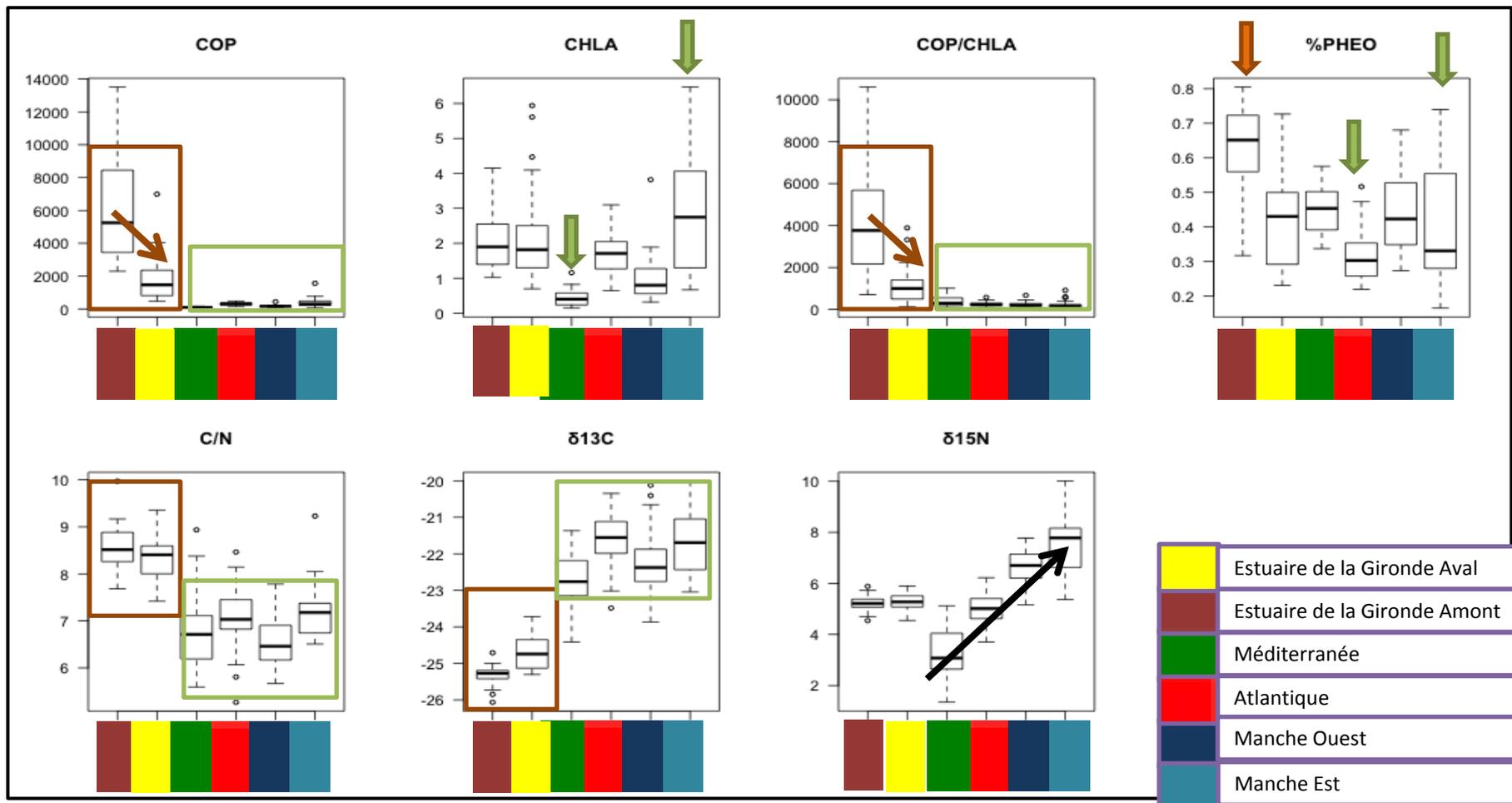
2) Typologie des systèmes : Résultats



2) Typologie des systèmes : Résultats



2) Typologie des systèmes : Résultats



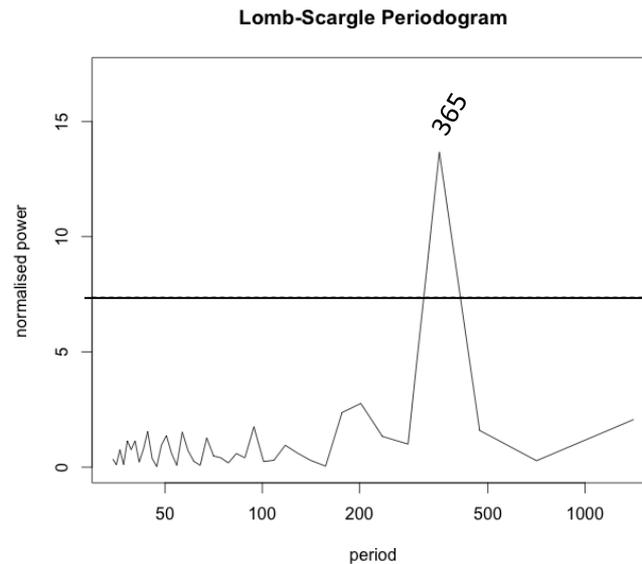
3) Saisonnalité : Méthodes

Création « d'un indice de saisonnalité » → Séries temporelles (moyennes mensuelles)

- **Transformée de Fourier** : présence absence de cycle(s) saisonnier(s)

Si oui :

- **Périodogramme de Lomb-Scargle** : importance relative de chaque période



Modèle cyclique
« théorique »



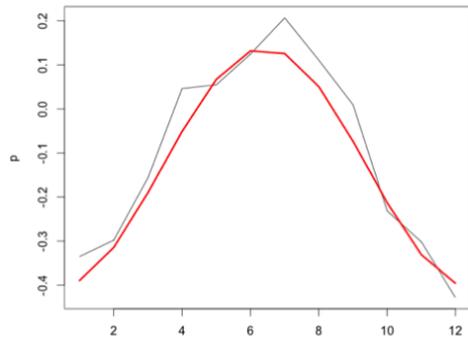
$$y = a \times \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + d\right) + b$$

où a est la demi-amplitude de l'harmonique, T sa période, t le temps, d le décalage du modèle par rapport à l'axe des ordonnées et b la moyenne de l'harmonique.

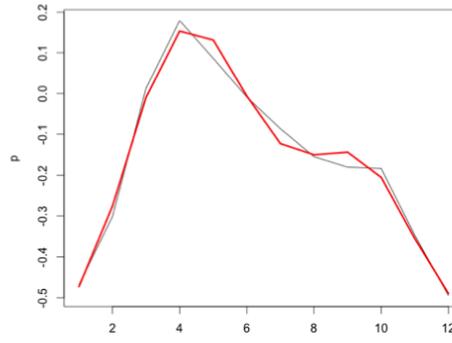
3) Saisonnalité : Méthodes

Ajustement du modèle cyclique théorique aux données : R^2

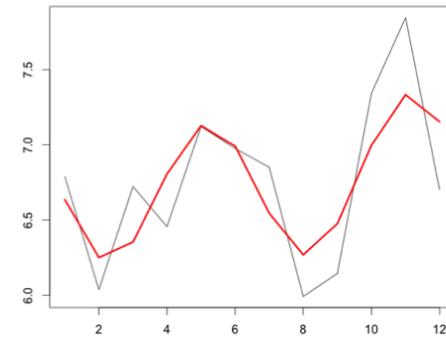
(année type calculée sur la base de moyennes mensuelles)



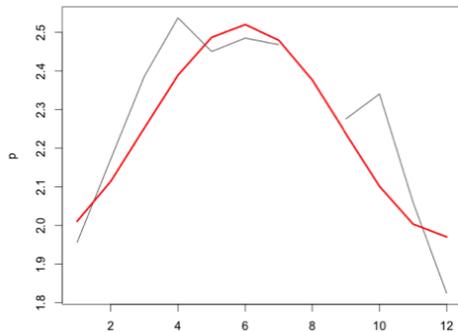
RosA (CHLA): $R^2 = 0.96$ / nb_sin = 1



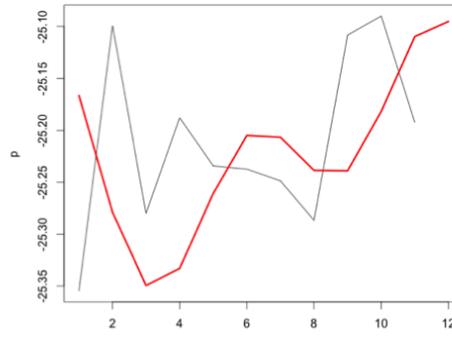
BreP (CHLA): $R^2 = 0.99$ / nb_sin = 2



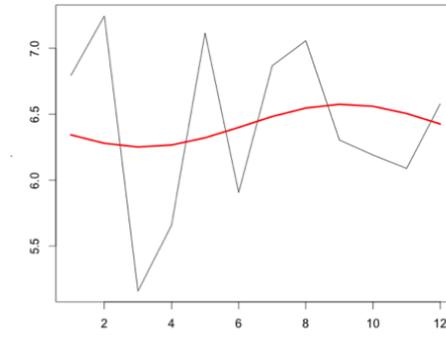
BanS (CN): $R^2 = 0.65$ / nb_sin = 2



WimC (COP): $R^2 = 0.61$ / nb_sin = 1



pk52PM ($\delta^{13}C$): $R^2 = 0.0008$ / nb_sin = 0



DinB ($\delta^{15}N$): $R^2 = 0.14$ / nb_sin = 0

3) Saisonnalité : Résultats

Groupe	Stations	CHLA	COP	p.PHEQ	COP/CLHA	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	R ² moyen
Gir av	pk86PM	1	1	1	1	2	0	0	0.60
	pk86BM	1	0	1	1	0	1	0	0.46
Gir am	pk52PM	2	1	1	1	0	0	0	0.54
	pk52BM	1	1	2	1	0	0	0	0.48
	pk30PM	1	1	1	1	1	0	1	0.53
	pk30BM	2	1	1	1	1	0	1	0.57
Med	BanS	1	2	0	1	2	2	1	0.59
	MarS	1	1	2	1	1	2	2	0.73
	VilF	1	1	1	1	2	2	0	0.62
Atl	ArcE	2	2	2	2	2	2	2	0.64
	ArcC	2	1	2	0	1	2	2	0.60
	ArcB	2	1	2	2	2	2	1	0.72
	LarA	2	0	1	2	2	2	2	0.79
Man W	BreP	2	2	2	2	2	1	2	0.90
	RosA	1	2	2	1	1	2	0	0.72
	RosE	1	2	1	1	2	2	2	0.78
	DinB	2	2	2	2	2	0	0	0.58
Man E	LucL	1	1	1	2	1	2	2	0.78
	WimC	2	1	1	0	0	1	2	0.44
	WimL	2	1	2	2	2	1	1	0.53
	R ² moyen	0.77	0.65	0.69	0.72	0.60	0.50	0.49	

Très bonne saisonnalité
R² > 0.80

Bonne saisonnalité
0.80 > R² > 0.66

Mauvaise saisonnalité
0.66 > R² > 0.33

Pas de saisonnalité
R² < 0.33

3) Saisonnalité : Résultats

Certains systèmes très saisonniers

Groupe	Stations	CHLA	COP	p.PHEQ	COP/CLHA	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	R ² moyen
Gir av	pk86PM	1	1	1	1	2	0	0	0.60
	pk86BM	1	0	1	1	0	1	0	0.46
Gir am	pk52PM	2	1	1	1	0	0	0	0.54
	pk52BM	1	1	2	1	0	0	0	0.48
	pk30PM	1	1	1	1	1	0	1	0.53
	pk30BM	2	1	1	1	1	0	1	0.57
Med	BanS	1	2	0	1	2	2	1	0.59
	MarS	1	1	2	1	1	2	2	0.73
	VilF	1	1	1	1	2	2	0	0.62
Atl	ArcE	2	2	2	2	2	2	2	0.64
	ArcC	2	1	2	0	1	2	2	0.60
	ArcB	2	1	2	2	2	2	1	0.72
	LarA	2	0	1	2	2	2	2	0.79
Man W	BreP	2	2	2	2	2	1	2	0.90
	RosA	1	2	2	1	1	2	0	0.72
	RosE	1	2	1	1	2	2	2	0.78
	DinB	2	2	2	2	2	0	0	0.58
	Man E	Lucl	1	1	1	2	1	2	2
	WimC	2	1	1	0	0	1	2	0.44
	WimL	2	1	2	2	2	1	1	0.53
	R ² moyen	0.77	0.65	0.69	0.72	0.60	0.50	0.49	

Très bonne saisonnalité
R² > 0.80

Bonne saisonnalité
0.80 > R² > 0.66

Mauvaise saisonnalité
0.66 > R² > 0.33

Pas de saisonnalité
R² < 0.33

3) Saisonnalité : Résultats

Certains systèmes très saisonniers VS systèmes très peu saisonniers

Groupe	Stations	CHLA	COP	p.PHEQ	COP/CLHA	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	R ² moyen
Gir av	pk86PM	1	1	1	1	2	0	0	0.60
	pk86BM	1	0	1	1	0	1	0	0.46
Gir am	pk52PM	2	1	1	1	0	0	0	0.54
	pk52BM	1	1	2	1	0	0	0	0.48
	pk30PM	1	1	1	1	1	0	1	0.53
	pk30BM	2	1	1	1	1	0	1	0.57
Med	BanS	1	2	0	1	2	2	1	0.59
	MarS	1	1	2	1	1	2	2	0.73
	VilF	1	1	1	1	2	2	0	0.62
Atl	ArcE	2	2	2	2	2	2	2	0.64
	ArcC	2	1	2	0	1	2	2	0.60
	ArcB	2	1	2	2	2	2	1	0.72
	LarA	2	0	1	2	2	2	2	0.79
Man W	BreP	2	2	2	2	2	1	2	0.90
	RosA	1	2	2	1	1	2	0	0.72
	RosE	1	2	1	1	2	2	2	0.78
	DinB	2	2	2	2	2	0	0	0.58
Man E	LucL	1	1	1	2	1	2	2	0.78
	WimC	2	1	1	0	0	1	2	0.44
	WimL	2	1	2	2	2	1	1	0.53
	R ² moyen	0.77	0.65	0.69	0.72	0.60	0.50	0.49	

Très bonne saisonnalité
R² > 0.80

Bonne saisonnalité
0.80 > R² > 0.66

Mauvaise saisonnalité
0.66 > R² > 0.33

Pas de saisonnalité
R² < 0.33

3) Saisonnalité : Résultats

Certains systèmes très saisonniers VS systèmes très peu saisonniers

Groupe	Stations	CHLA	COP	p.PHEQ	COP/CLHA	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	R ² moyen
Gir av	pk86PM	1	1	1	1	2	0	0	0.60
	pk86BM	1	0	1	1	0	1	0	0.46
Gir am	pk52PM	2	1	1	1	0	0	0	0.54
	pk52BM	1	1	2	1	0	0	0	0.48
	pk30PM	1	1	1	1	1	0	1	0.53
	pk30BM	2	1	1	1	1	0	1	0.57
Med	BanS	1	2	0	1	2	2	1	0.59
	MarS	1	1	2	1	1	2	2	0.73
	VilF	1	1	1	1	2	2	0	0.62
Atl	ArcE	2	2	2	2	2	2	2	0.64
	ArcC	2	1	2	0	1	2	2	0.60
	ArcB	2	1	2	2	2	2	1	0.72
	LarA	2	0	1	2	2	2	2	0.79
Man W	BreP	2	2	2	2	2	1	2	0.90
	RosA	1	2	2	1	1	2	0	0.72
	RosE	1	2	1	1	2	2	2	0.78
	DinB	2	2	2	2	2	0	0	0.58
Man E	LucL	1	1	1	2	1	2	2	0.78
	WimC	2	1	1	0	0	1	2	0.44
	WimL	2	1	2	2	2	1	1	0.53
	R ² moyen	0.77	0.65	0.69	0.72	0.60	0.50	0.49	

Très bonne saisonnalité
R² > 0.80

Bonne saisonnalité
0.80 > R² > 0.66

Mauvaise saisonnalité
0.66 > R² > 0.33

Pas de saisonnalité
R² < 0.33

3) Saisonnalité : Résultats

Certains systèmes très saisonniers VS systèmes très peu saisonniers

Groupe	Stations	CHLA	COP	p.PHEQ	COP/CLHA	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	R ² moyen
Gir av	pk86PM	1	1	1	1	2	0	0	0.60
	pk86BM	1	0	1	1	0	1	0	0.46
Gir am	pk52PM	2	1	1	1	0	0	0	0.54
	pk52BM	1	1	2	1	0	0	0	0.48
	pk30PM	1	1	1	1	1	0	1	0.53
	pk30BM	2	1	1	1	1	0	1	0.57
Med	BanS	1	2	0	1	2	2	1	0.59
	MarS	1	1	2	1	1	2	2	0.73
	VilF	1	1	1	1	2	2	0	0.62
Atl	ArcE	2	2	2	2	2	2	2	0.64
	ArcC	2	1	2	0	1	2	2	0.60
	ArcB	2	1	2	2	2	2	1	0.72
	LarA	2	0	1	2	2	2	2	0.79
Man W	BreP	2	2	2	2	2	1	2	0.90
	RosA	1	2	2	1	1	2	0	0.72
	RosE	1	2	1	1	2	2	2	0.78
	DinB	2	2	2	2	2	0	0	0.58
Man E	LucL	1	1	1	2	1	2	2	0.78
	WimC	2	1	1	0	0	1	2	0.44
	WimL	2	1	2	2	2	1	1	0.53
	R ² moyen	0.77	0.65	0.69	0.72	0.60	0.50	0.49	

Très bonne saisonnalité
R² > 0.80

Bonne saisonnalité
0.80 > R² > 0.66

Mauvaise saisonnalité
0.66 > R² > 0.33

Pas de saisonnalité
R² < 0.33

3) Saisonnalité : Résultats

Certains systèmes très saisonniers VS systèmes très peu saisonniers

Saisonnalité site dépendante et non système dépendante

Groupe	Stations	CHLA	COP	p.PHEQ	COP/CLHA	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	R ² moyen
Gir av	pk86PM	1	1	1	1	2	0	0	0.60
	pk86BM	1	0	1	1	0	1	0	0.46
Gir am	pk52PM	2	1	1	1	0	0	0	0.54
	pk52BM	1	1	2	1	0	0	0	0.48
	pk30PM	1	1	1	1	1	0	1	0.53
	pk30BM	2	1	1	1	1	0	1	0.57
Med	BanS	1	2	0	1	2	2	1	0.59
	MarS	1	1	2	1	1	2	2	0.73
	VilF	1	1	1	1	2	2	0	0.62
Atl	ArcE	2	2	2	2	2	2	2	0.64
	ArcC	2	1	2	0	1	2	2	0.60
	ArcB	2	1	2	2	2	2	1	0.72
	LarA	2	0	1	2	2	2	2	0.79
Man W	BreP	2	2	2	2	2	1	2	0.90
	RosA	1	2	2	1	1	2	0	0.72
	RosE	1	2	1	1	2	2	2	0.78
	DinB	2	2	2	2	2	0	0	0.58
Man E	LucL	1	1	1	2	1	2	2	0.78
	WimC	2	1	1	0	0	1	2	0.44
	WimL	2	1	2	2	2	1	1	0.53
	R ² moyen	0.77	0.65	0.69	0.72	0.60	0.50	0.49	

Très bonne saisonnalité
R² > 0.80

Bonne saisonnalité
0.80 > R² > 0.66

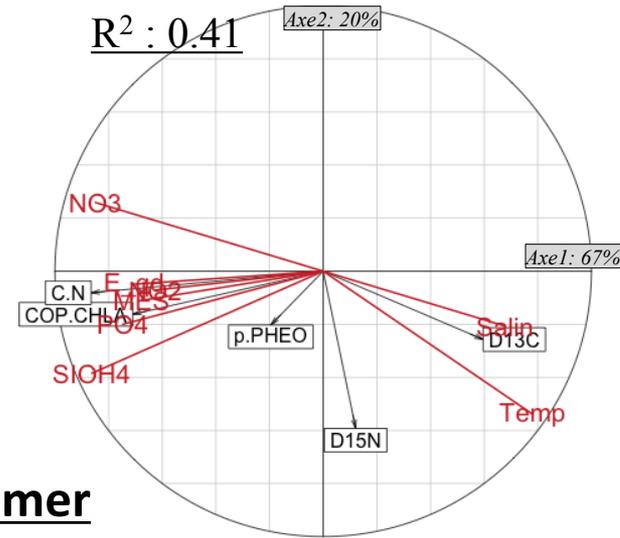
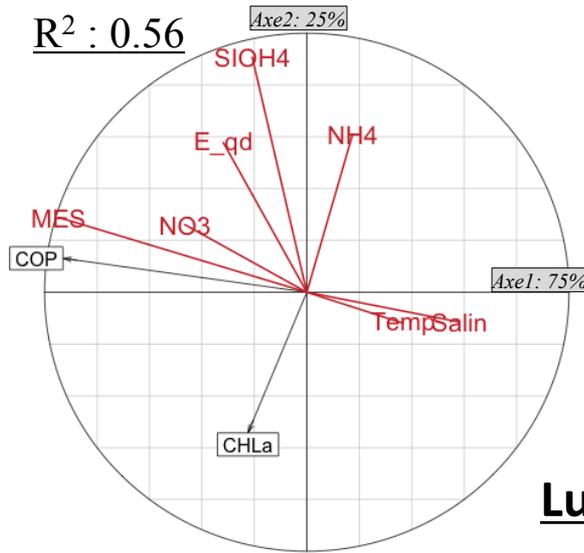
Mauvaise saisonnalité
0.66 > R² > 0.33

Pas de saisonnalité
R² < 0.33

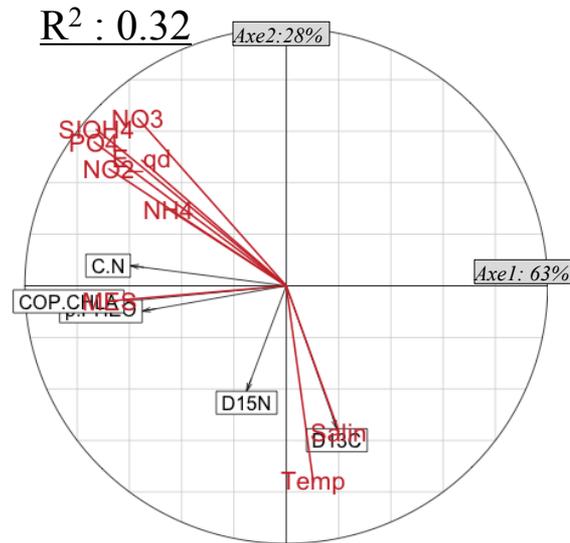
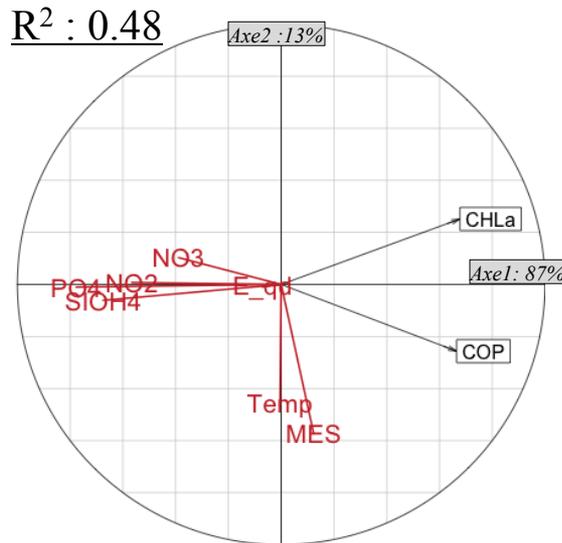
3) Forçages : Exemples

Quantité

Qualité



Luc-sur-mer

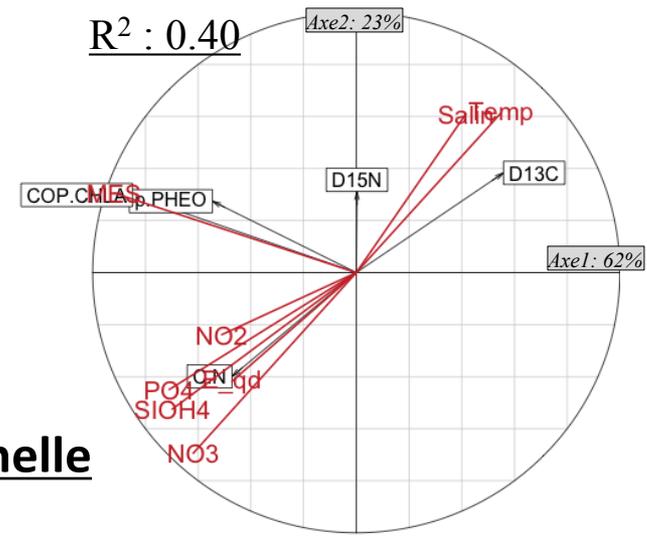
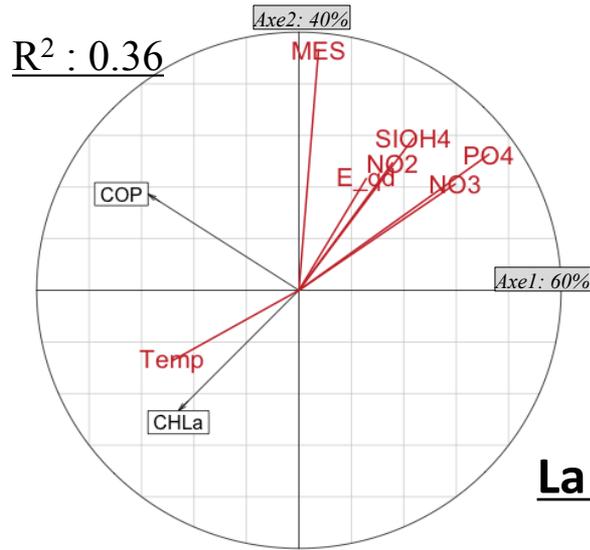


Brest

3) Forçages : Exemples

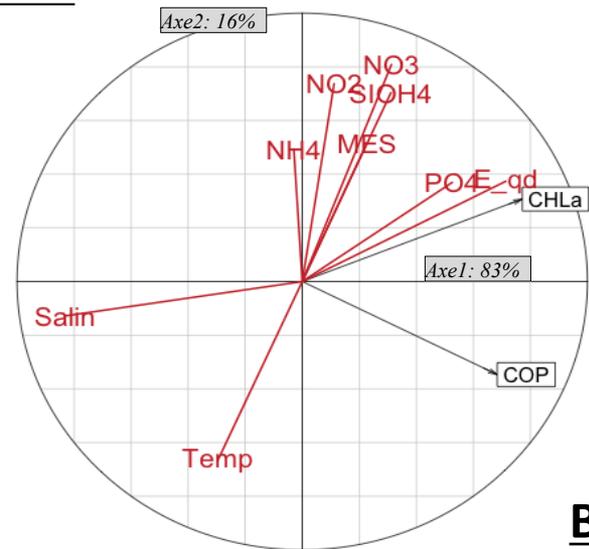
Quantité

Qualité



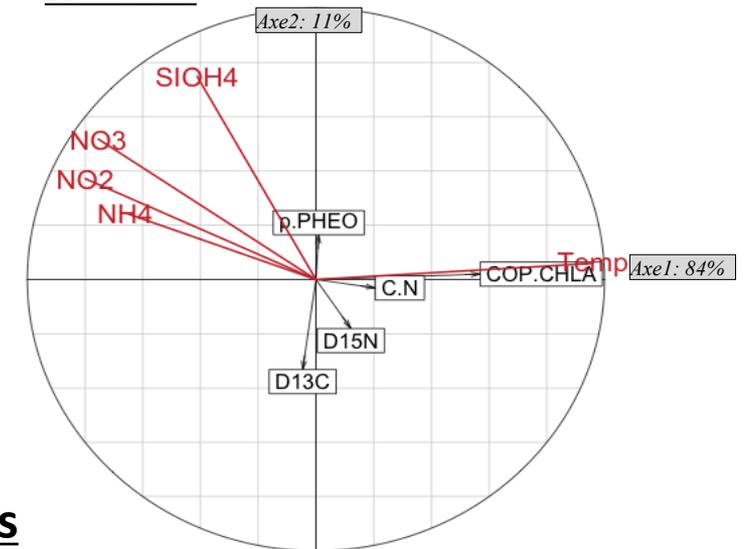
La Rochelle

$R^2 : 0.58$



Banyuls

$R^2 : 0.05$



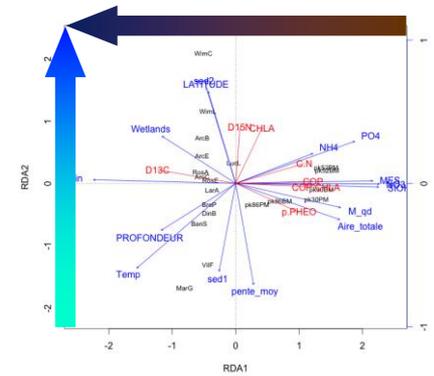
Conclusion

A large échelle spatiale (échelle multi-écosystémique)

Les forçages à la quantité et la qualité de la MOP sont dus

1) à l'influence terrestre

2) à l'aspect oligotrophie vs mésotrophie



Conclusion

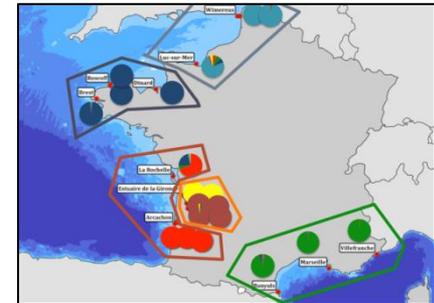
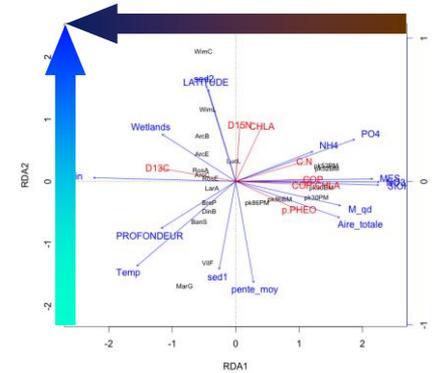
A large échelle spatiale (échelle multi-écosystémique)

Les forçages à la quantité et la qualité de la MOP sont dus

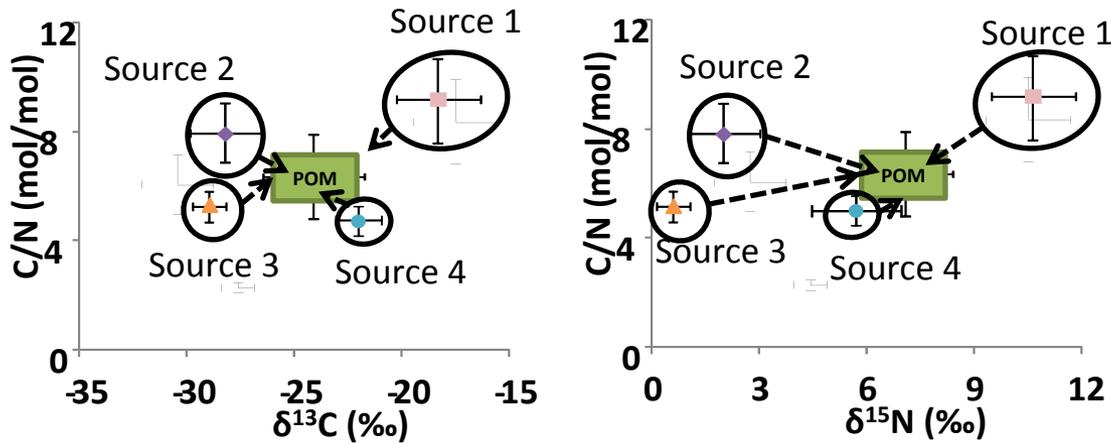
1) à l'influence terrestre

2) à l'aspect oligotrophie vs mésotrophie

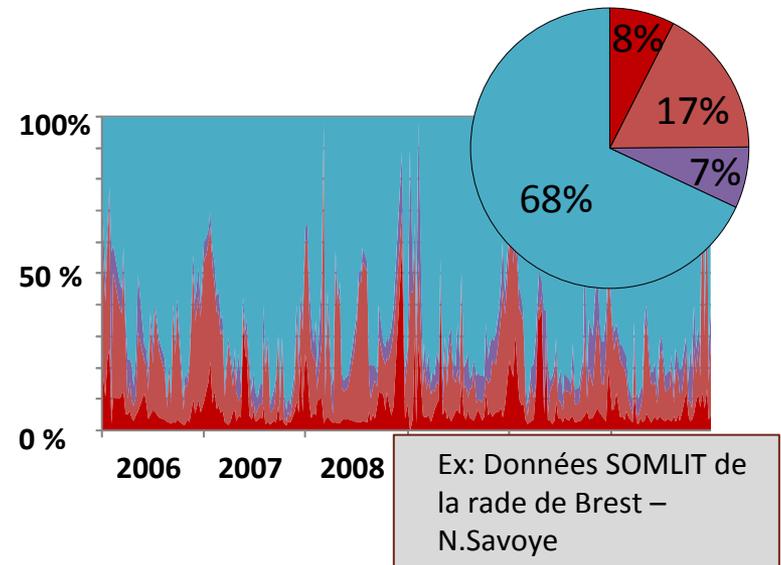
Sur la base de paramètres de la MOP, une typologie de fonctionnement des écosystèmes littoraux se dessine de façon quasi-géographique d'après la grandeur des paramètres plus que leur saisonnalité.



- Mesurer/estimer la signature isotopique de chaque source



- Quantifier la composition de la MOP *via* les modèles de mélange
- Quels en sont les forçages associés ?



An aerial photograph of a lush green forest. A stream flows through the center, leading to a waterfall on the right side. The water is clear and reflects the surrounding greenery. The forest is dense with various shades of green, and there are some white patches, possibly snow or light-colored rocks, scattered throughout. The overall scene is serene and natural.

**Merci pour votre
attention !**