



Ecole d'été
Du 24 Septembre au 1er Octobre
Bandrélé - Mayotte



Etude de la matière organique particulaire dans les récifs coralliens de Mayotte: Caractérisation et intérêts



Swanne GONTHARET – Maître de Conférences

Sorbonne Université - Faculté Terre, Environnement, Biodiversité (UFR 918)

Laboratoire d'Océanologie et du Climat: Expérimentations et Approches Numériques

LOCEAN UMR SU/CNRS/IRD/MNHN 7159





Les récifs coralliens sont l'un des écosystèmes les plus productifs et diversifiés au monde.

A Mayotte:

- * Superficie de 342 km²
- * Nombreux services écosystémiques: 142 millions d'euros

- * Impactés par des facteurs anthropiques et naturels (*Kaiser et al., 2020*)
- * Développement de communautés de macro-algues plus résistantes aux stress (*Hughes et al., 2007*)

**Modification de l'origine de la
matière organique**



**Impacts sur les cycles
biogéochimiques associés et donc le
fonctionnement de ces écosystèmes**



Qu'est ce que la matière organique?

- * Matière constituée de composés organiques qui proviennent de restes d'organismes vivants tels que les végétaux, les animaux, les bactéries, les champignons
- * Constituée de molécules dont la particularité commune est d'être formées d'un squelette d'atomes de carbone sur lequel sont fixés des groupements contenant des hétéroatomes (O, N, P, S, ...)

Relation Matière organique et Carbone organique

Diversité de molécules synthétisées par le vivant

* Les protéines

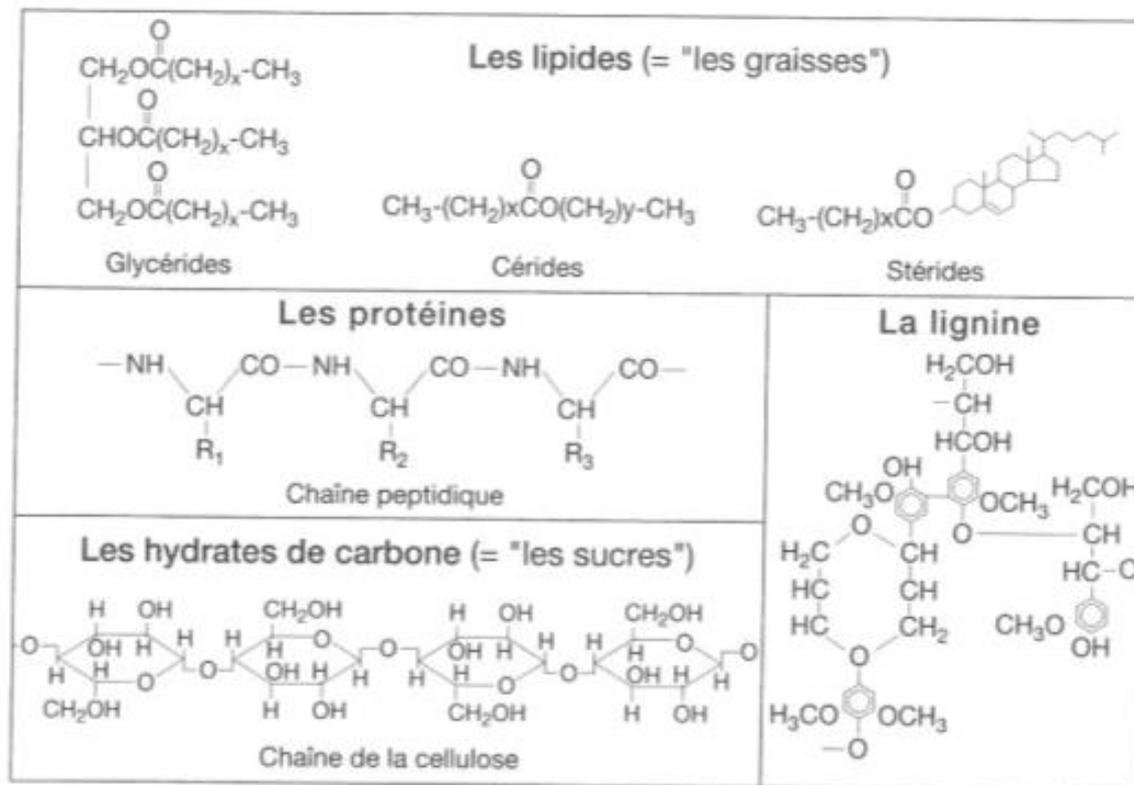
* Les hydrates de carbone

* Les lipides

* La lignine

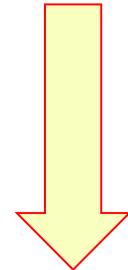
* Les tanins

* Les pigments

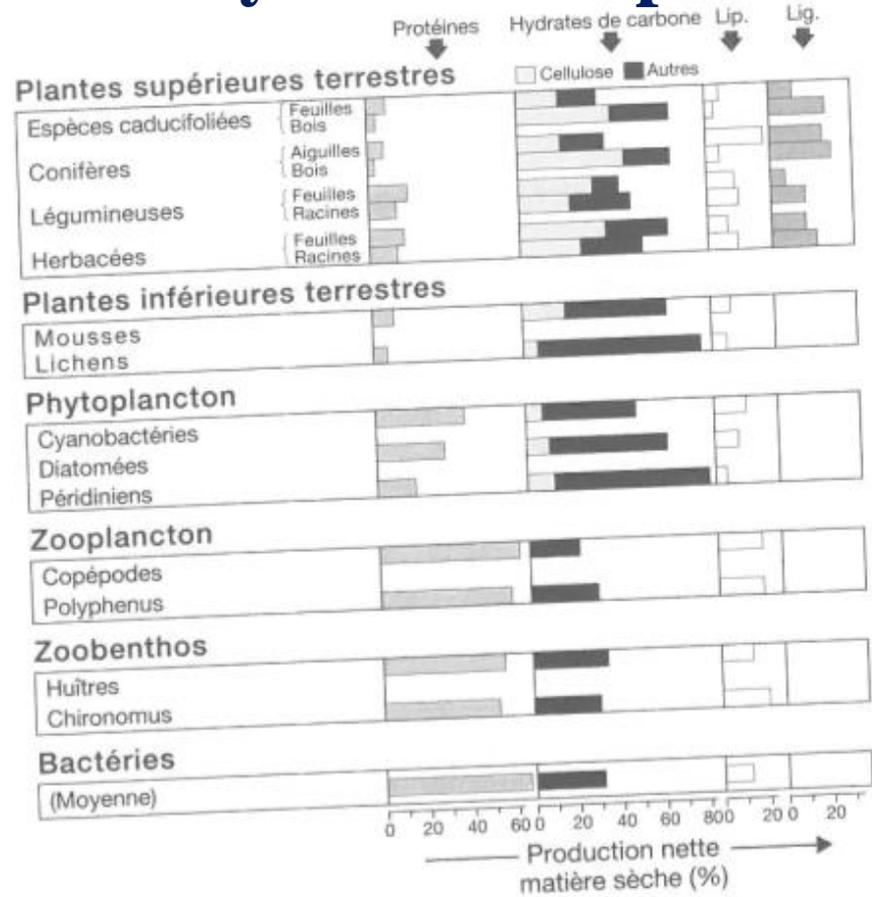


Diversité de molécules synthétisées par le vivant

Différentes proportions de ces biomolécules suivant les groupes ou les familles du règne animal ou végétal



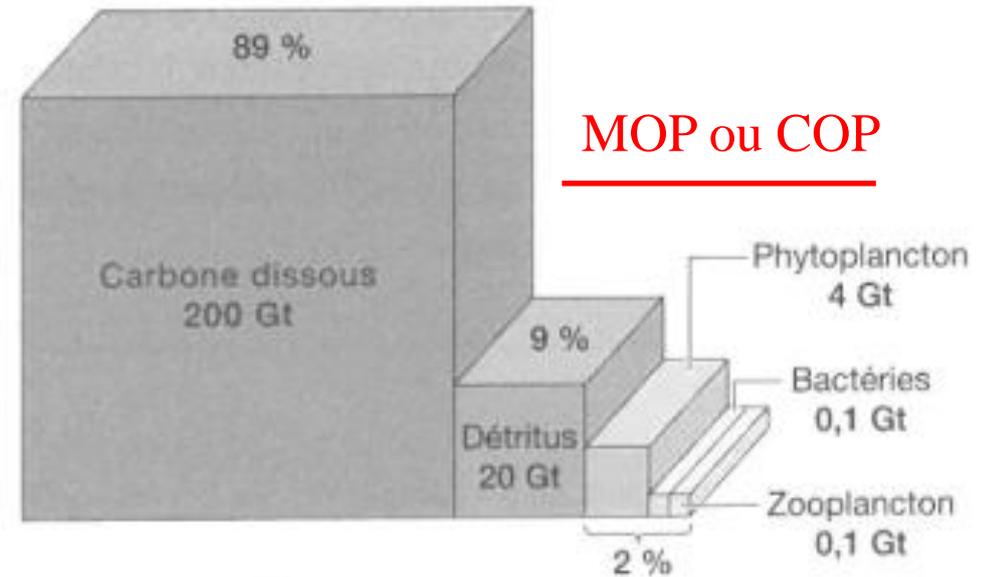
Signature différente entre les environnements et entre les grandes sources de matières organiques



Répartition (en %) de la matière organique entre différentes biomolécules pour différents groupes d'organismes vivants (d'après Huc, 1980 in Durand, 1980)

Quelles sont les formes de matière organique dans l'Océan?

- * Le carbone organique dissous (MOD ou COD)
- * Le carbone organique particulaire (MOP ou COP)

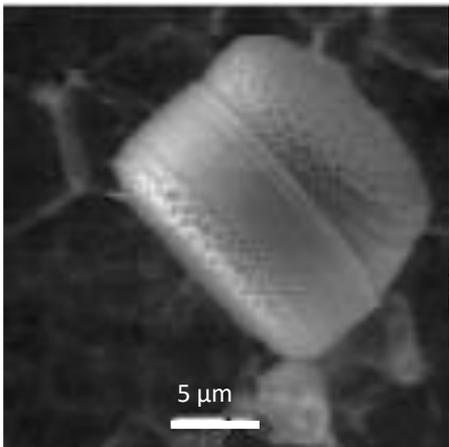


La proportion et masse des différentes formes de carbone organique dans l'océan

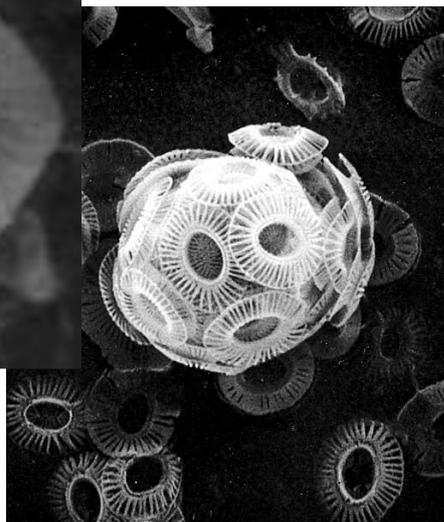
Quelles sont les sources de matière organique dans l'Océan?

Sources autochtones

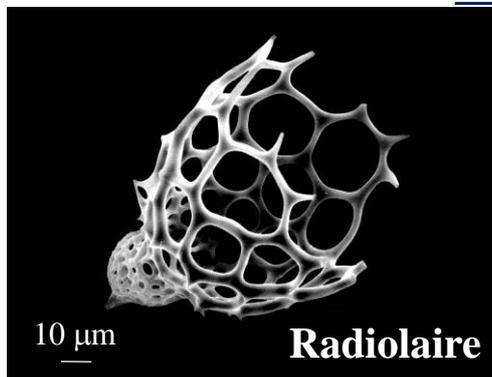
Phytoplancton



Diatomée



Coccosphères
d'Emiliana huxleyi



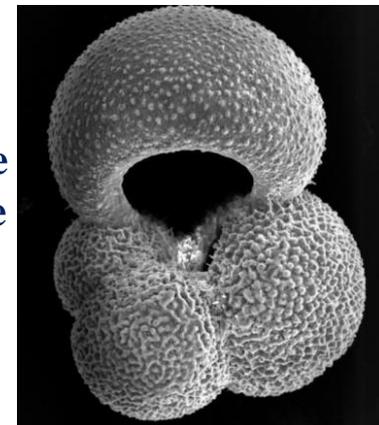
Radiolaire



Copépode

Zooplancton

Foraminifère
planctonique



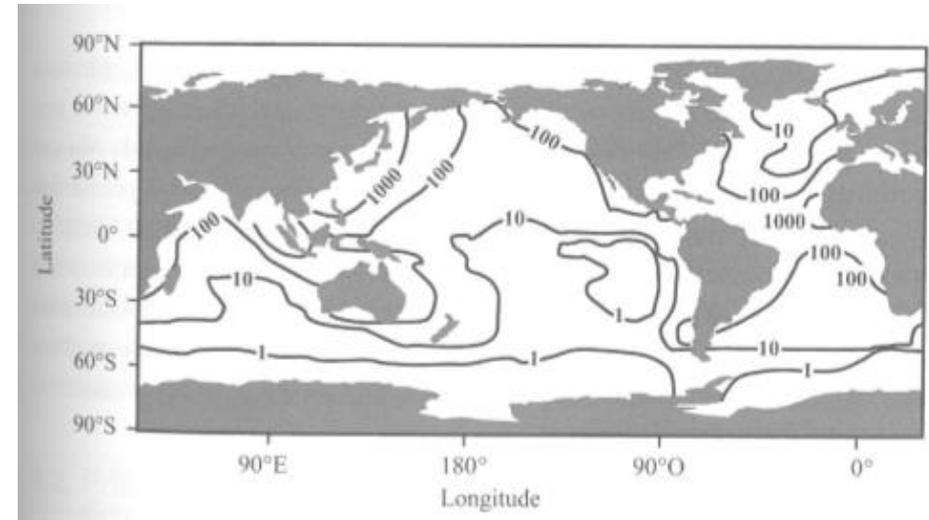
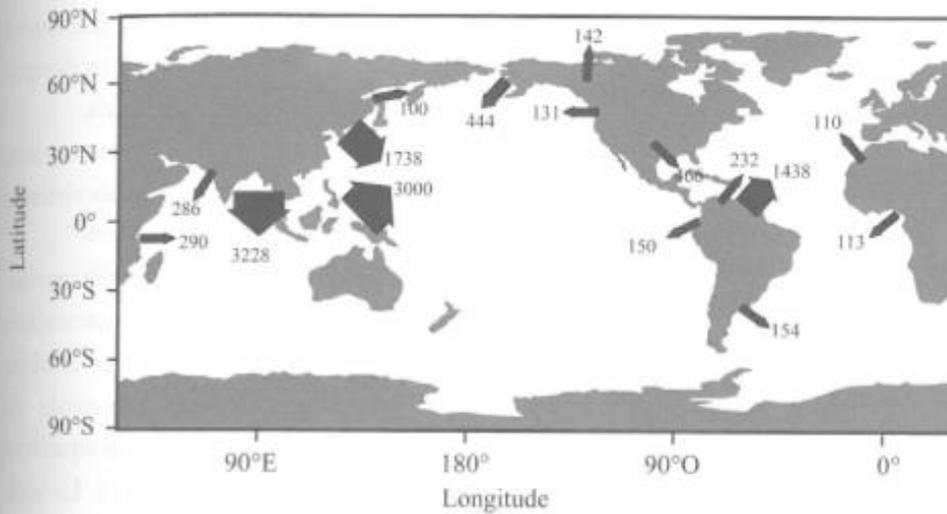
+ Bactéries, Virus, Champignons
+ Organismes benthiques

Quelles sont les sources de matière organique dans l'Océan?

Sources allochtones

Les rivières

Apport de particules continentales par les fleuves. Flux de particules en $\text{mg.cm}^{-2}.\text{ka}^{-1}$. (modifié d'après Milliman et Meade, 1983)



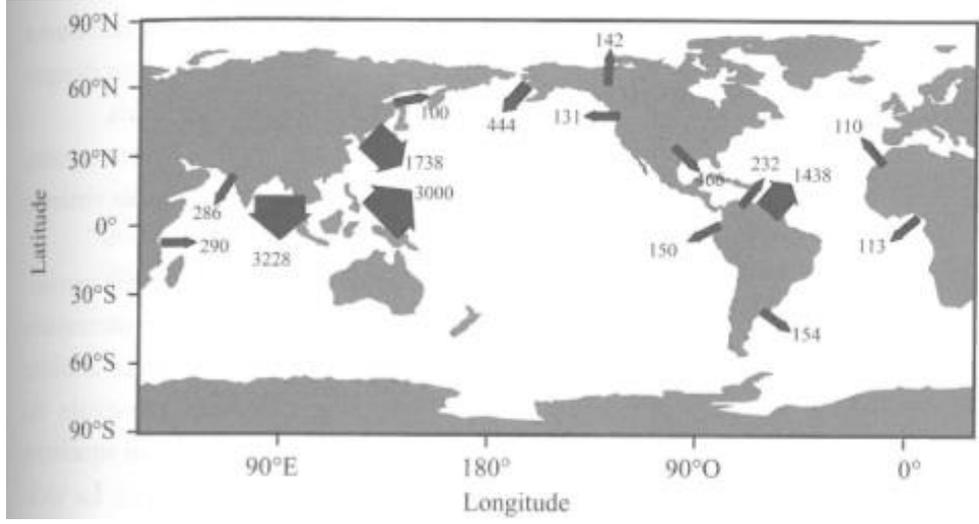
Les poussières atmosphériques

Apport de particules détritiques par les vents. Flux de particules en $\mu\text{g.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$. (modifié d'après Duce et al., 1991)

Quelles sont les sources de matière organique dans l'Océan?

Sources allochtones

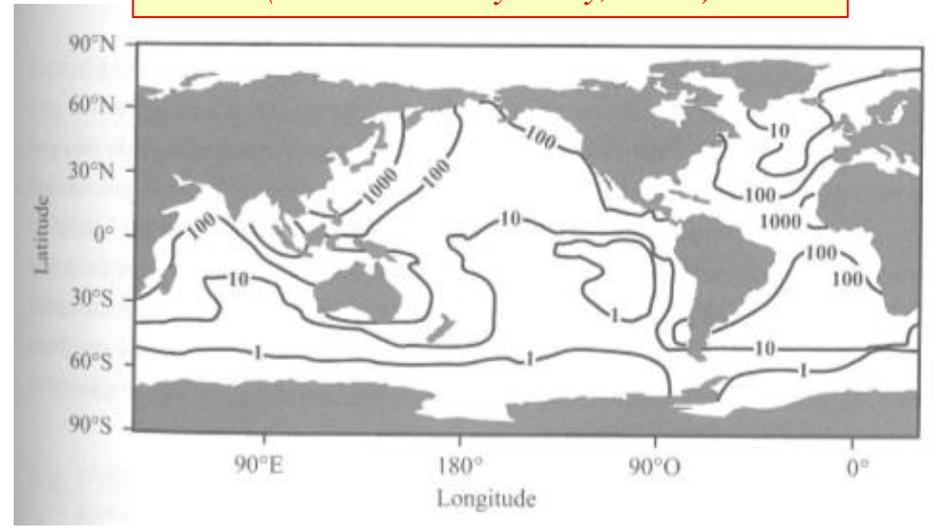
Les rivières



Apport de
particul

Flux du matériel particulaire ~ 20 x
 10^{15} g.an⁻¹
(Milliman et Syvitsky, 1992)

Flux de
man et



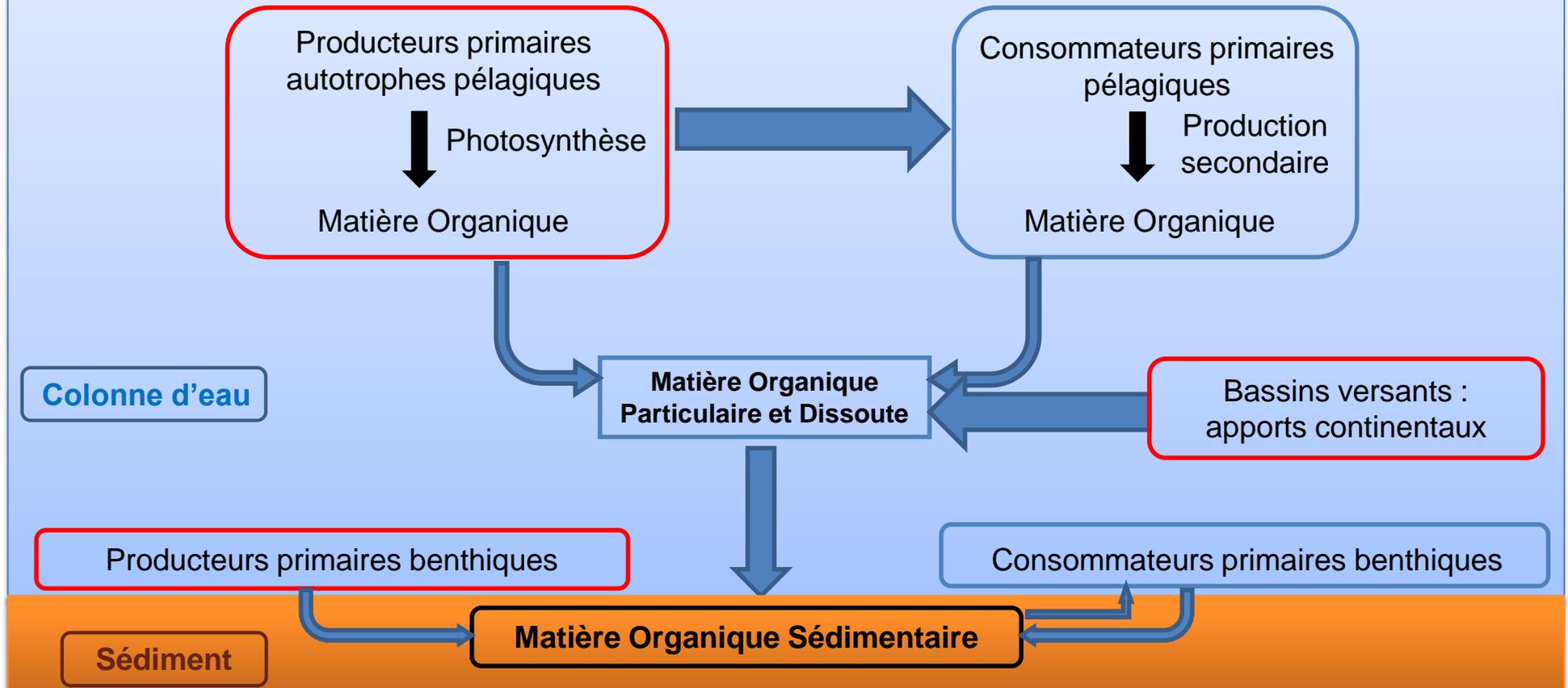
Les poussières atmosphériques

Apport de
particul

Flux du matériel particulaire ~
 $0,91 \times 10^{15}$ g.an⁻¹
(Milliman et Syvitsky, 1992)

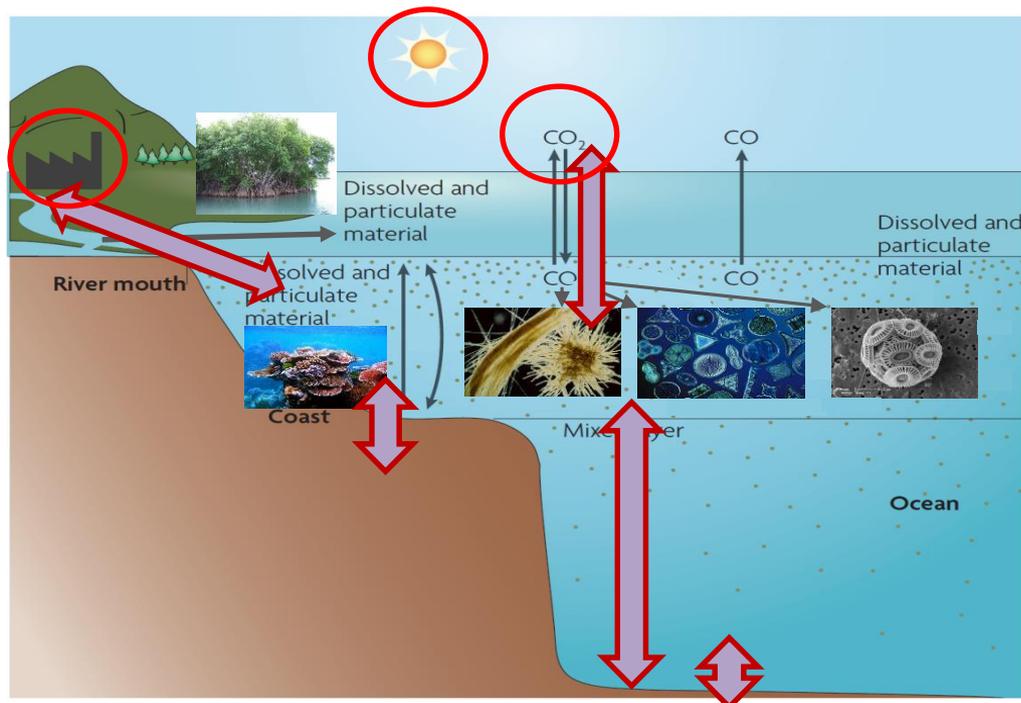
Flux de
ce et al.,

Récifs coralliens : cycle de la matière organique



Intérêts d'étudier la matière organique?

- * Mieux identifier et quantifier les transferts des éléments chimiques composant la matière organique particulaire aux interfaces continent-Océan et Océan-Sédiment



⇒ Comprendre le fonctionnement des cycles biogéochimiques (C, N, S, P,) dans ces zones d'interfaces

⇒ Déterminer les perturbations des cycles par des forçages

- Climatiques
- Anthropiques

**Biogéochimie
marine**

Intérêts d'étudier la matière organique?

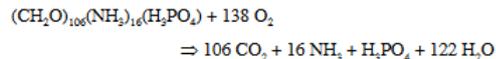
- * Déterminer la qualité d'un milieu et son fonctionnement écologique



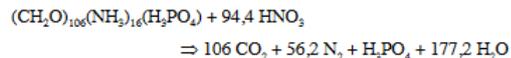
Détermination de biomarqueurs

La séquence diagenétique de minéralisation de la matière organique

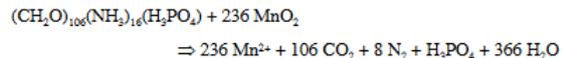
Oxydation utilisant l'oxygène - Minéralisation oxydative :



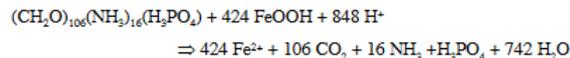
Oxydation utilisant le nitrate - Dénitrification :



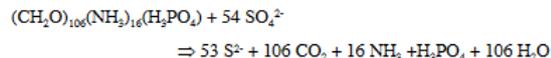
Oxydation utilisant les oxydes de manganèse - Réduction des oxydes de manganèse:



Oxydation utilisant les oxydes de fer - Réduction des oxydes de fer:



Oxydation utilisant les sulfates - Sulfatoréduction :



Oxydation utilisant la matière organique - Méthanogenèse :

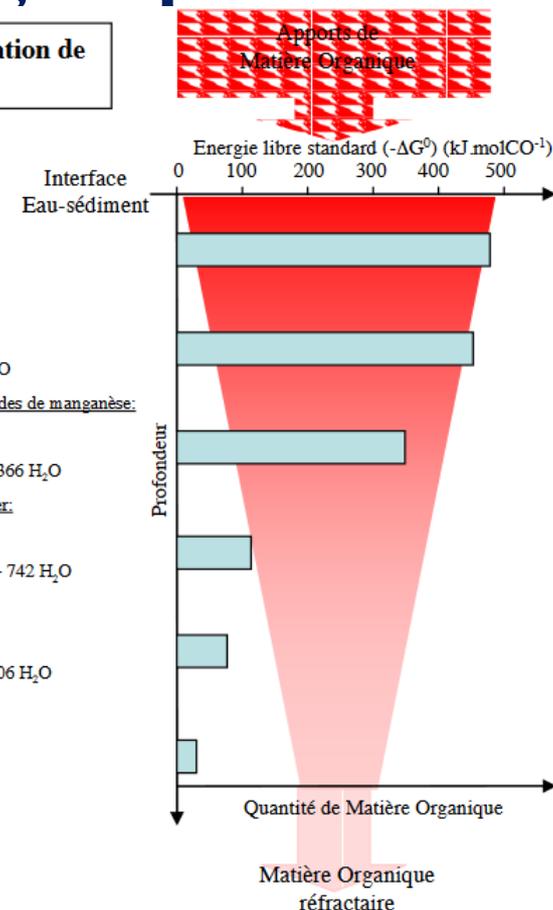
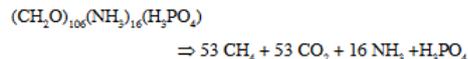


Figure 2 : Principales voies de minéralisation de la matière organique dans les sédiments superficiels (d'après Froelich et al., 1979), et libération d'énergie libre correspondant au catabolisme d'une mole de Carbone Organique (CO) (d'après Fenchel et al., 1998) le long du gradient montrant la dégradation de la matière organique.

Intérêts d'étudier la matière organique?

Biomarqueur

- Caractéristique biologique mesurable liée à un processus normal ou non
- Changement observable et/ou mesurable au niveau moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, qui révèle l'exposition présente ou passée d'un individu à au moins une substance chimique

Intérêts

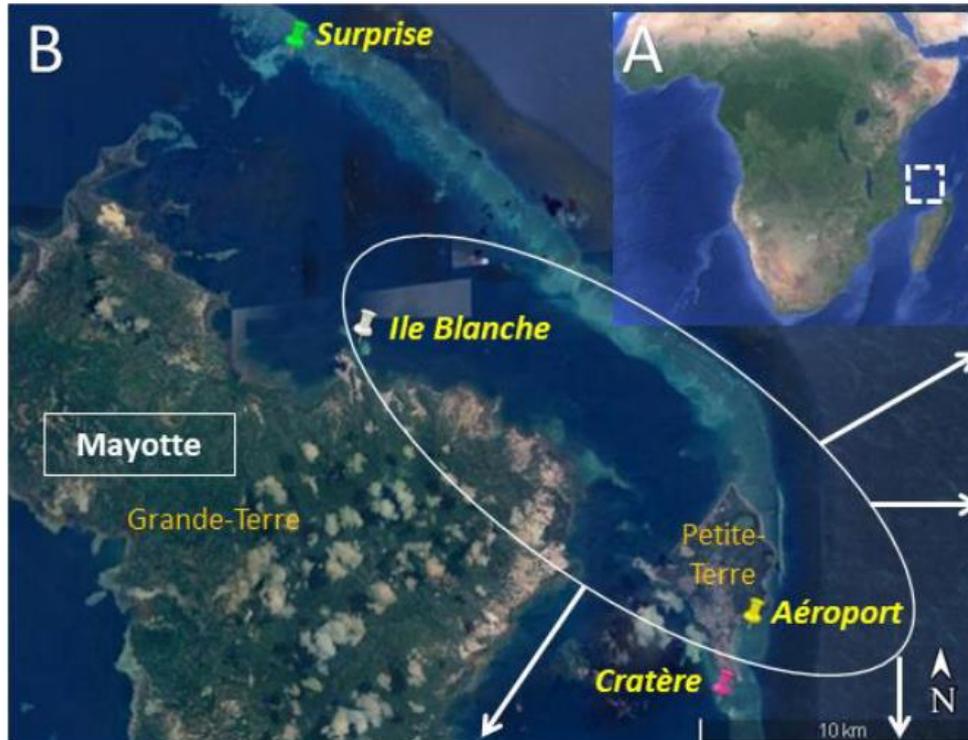
- * Identifier les organismes sources dont ils sont issus
- * Etre des marqueurs paléo-environnementaux
- * Détecter la présence de polluants dans l'environnement et l'impact de certaines pratiques

Objectifs dans le projet FMR

- Déterminer l'abondance, la composition et l'origine de la matière organique particulaire au sein des trois sites accueillant les récifs artificiels dans les zones côtières de Mayotte
- Caractériser les paramètres sédimentaires (*granulométrie, porosité, minéralogie*) qui peuvent influencer les processus de dégradation de la matière organique et donc le recyclage des éléments nutritifs indispensables au développement des végétaux
- Effectuer un suivi temporel des caractéristiques géochimiques de la matière organique particulaire et physico-chimiques des sédiments

Identifier des potentielles modifications du compartiment sédiment dans le temps suite à l'implantation des récifs artificiels qui peuvent influencer leur colonisation biologique et son évolution

Site d'étude, prélèvements et méthodes utilisées



- Prélèvements au niveau de 3 sites sur lesquels les structures artificielles sont implantées depuis octobre 2022
- Septembre 2021: caractérisation de l'état initial des sites
- Depuis Octobre 2022: suivi annuel des caractéristiques du matériel particulaire dans la colonne d'eau et les sédiments

Site d'étude, prélèvements et méthodes utilisées

➤ Prélèvements effectués au niveau des 3 sites d'implantation des structures artificielles

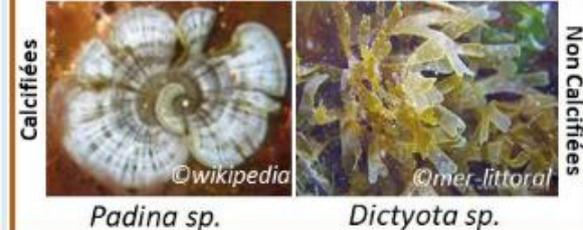
Sources potentielles de matières organiques particulières

Sources autochtones

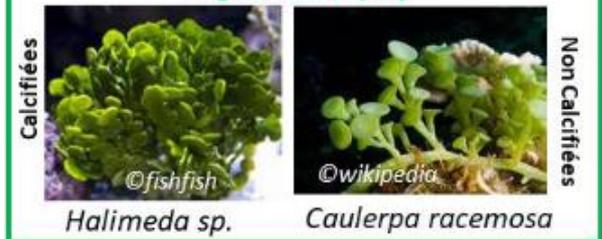
Algues rouges (AR)



Algues brunes (AB)



Algues vertes (AV)



Autres Producteurs



Site d'étude, prélèvements et méthodes utilisées

- Prélèvements effectués au niveau des 3 sites d'implantation des structures artificielles

Sources potentielles de matières organiques particulières

Sources autochtones

Sources allochtones

Algues rouges (AR)



Galaxaura rugosa



Hypnea sp.

Calcifiées

Non Calcifiées

Algues brunes (AB)



Padina sp.



Dictyota sp.

Calcifiées

Non Calcifiées

Algues vertes (AV)



Halimeda sp.



Caulerpa racemosa

Calcifiées

Non Calcifiées

Autres Producteurs



Tapis microbiens



Sonneratia sp.



Bouteille Niskin
sur un site marin

Site d'étude, prélèvements et méthodes utilisées

- Prélèvements effectués au niveau des 3 sites d'implantation des structures artificielles

Matières organiques particulières des sites

Sédiments de surface (0-1 cm de profondeur) au niveau de 5 stations (3 répliquas) autour de la zone des structures artificielles



Bouteille Niskin



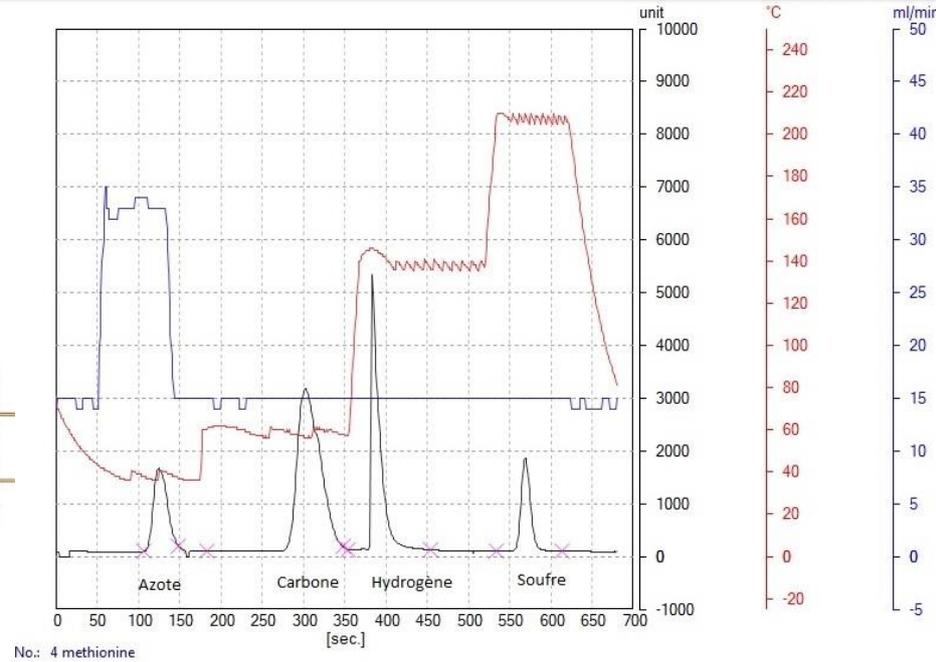
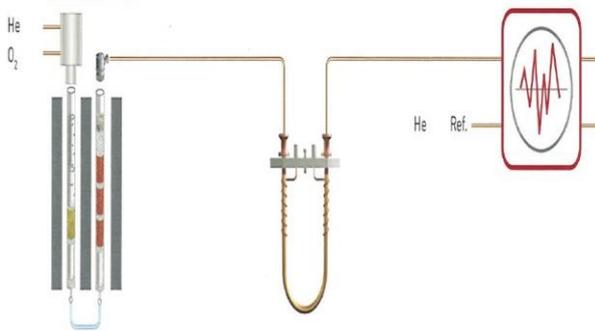
Matière particulaire en suspension (MES) en sub-surface



- Granulométrie, porosité, minéralogie
- Caractérisation géochimique de la matière organique particulaire

Site d'étude, prélèvements et méthodes utilisées

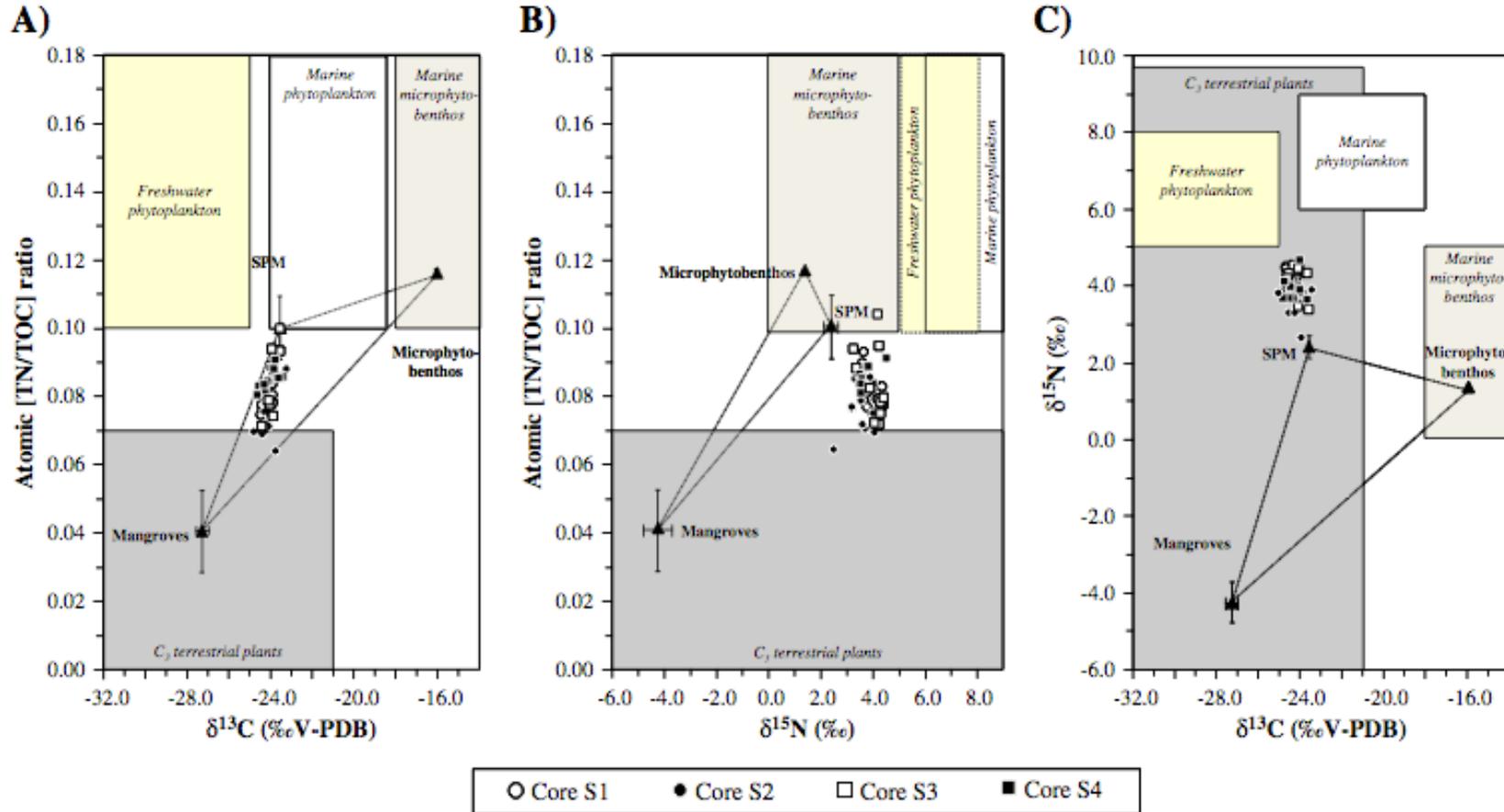
Analyseur élémentaire CHN ou CHNS couplé à un spectromètre de masse isotopique



- Paramètres géochimiques mesurés sur la matière organique totale**
- Contenu en carbone organique total
 - Contenu en azote total (et en soufre total)
 - Composition isotopique de carbone ($\delta^{13}\text{C}$) et d'azote ($\delta^{15}\text{N}$)

Combustion / Reduction Separation Detection

Site d'étude, prélèvements et méthodes utilisées



Exemple de traçage de sources de matières organiques particulières apportées aux sédiments au niveau de mangroves littorales guyanaises (Gontharet et al., 20014)

Site d'étude, prélèvements et méthodes utilisées

Analyse au niveau moléculaire

* Les protéines

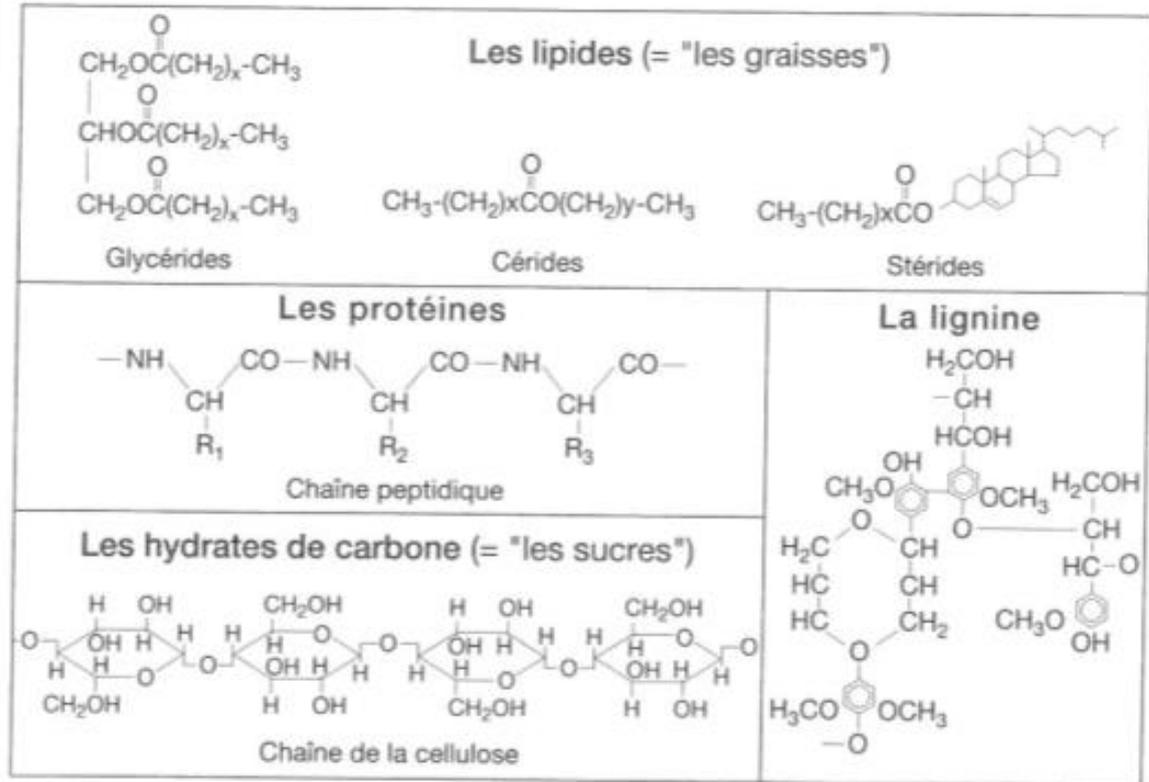
* Les hydrates de carbone

* Les lipides

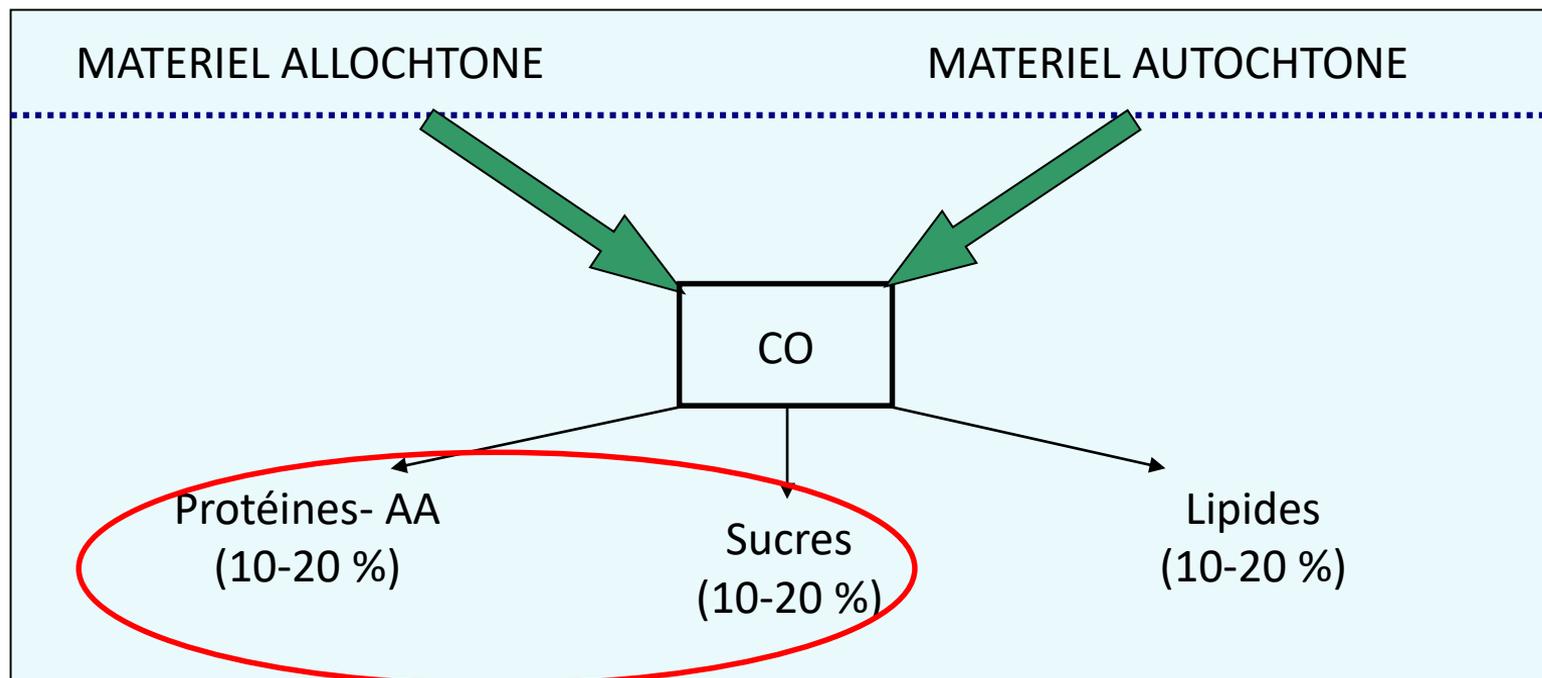
* La lignine

* Les tanins

* Les pigments



Site d'étude, prélèvements et méthodes utilisées



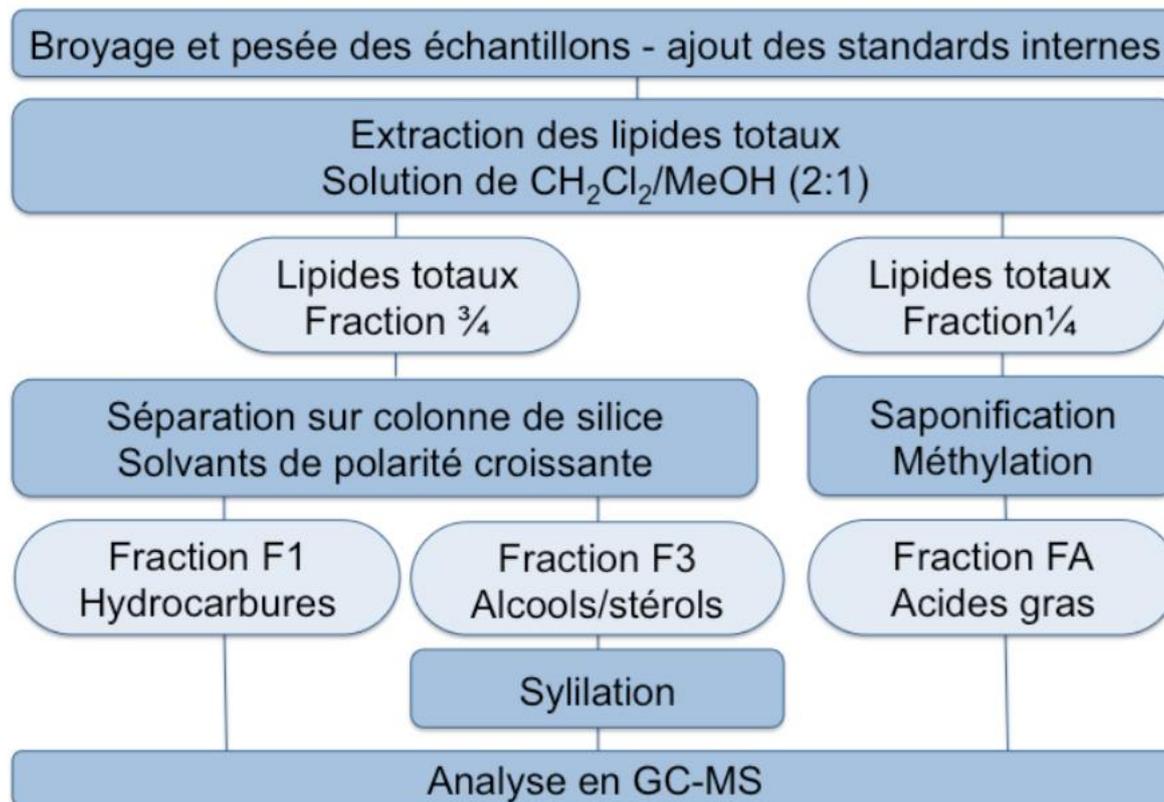
- Facilement dégradables
- Les produits de dégradation sont peu spécifiques (sauf parfois AA)

- Ubiquistes
- Robustes/résistants à la dégradation
- Hautement spécifiques

Site d'étude, prélèvements et méthodes utilisées



Colonne de silice



Site d'étude, prélèvements et méthodes utilisées

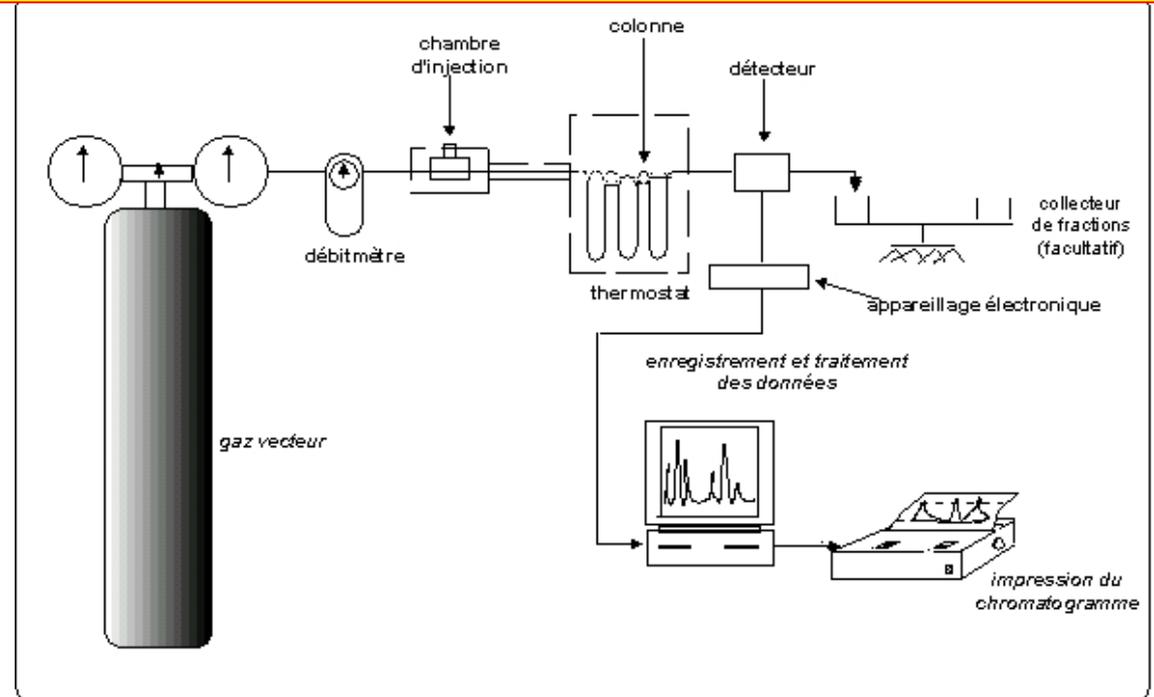
GC-FID



*Schéma d'une
chromatographie gazeuse*

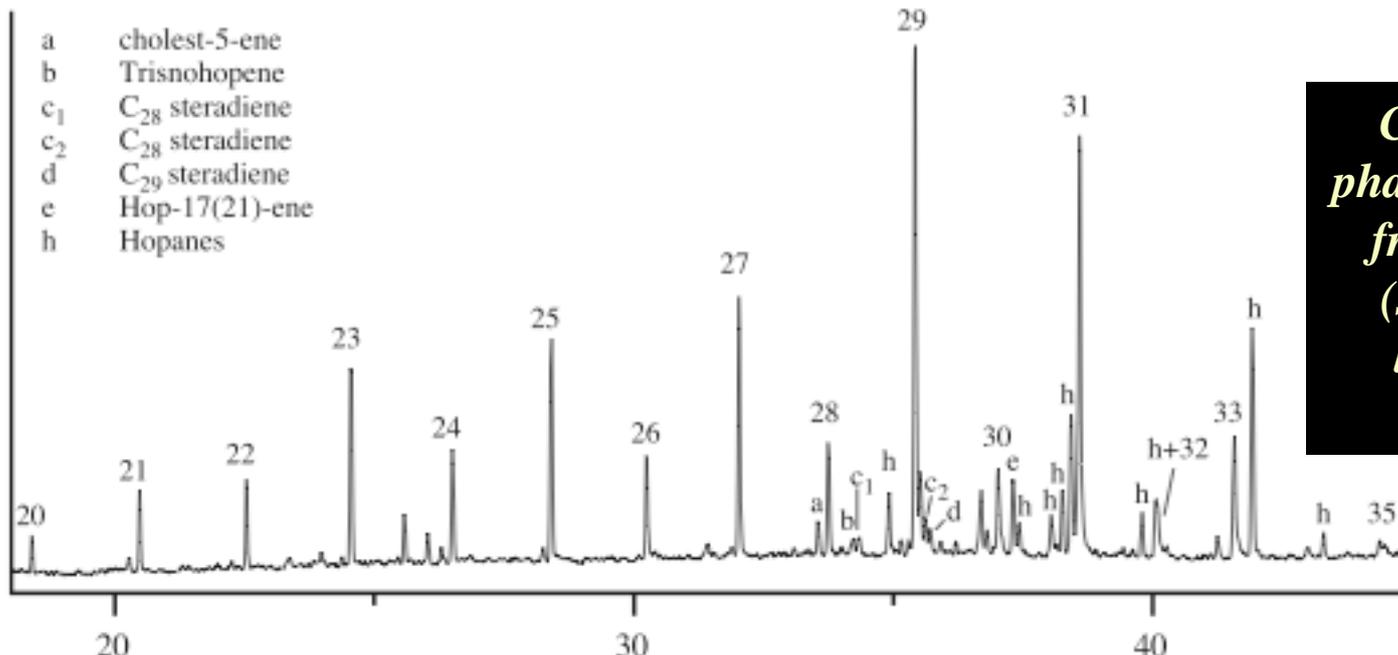
Plus les molécules sont grosses

→ Plus elles sont retenues longtemps



Site d'étude, prélèvements et méthodes utilisées

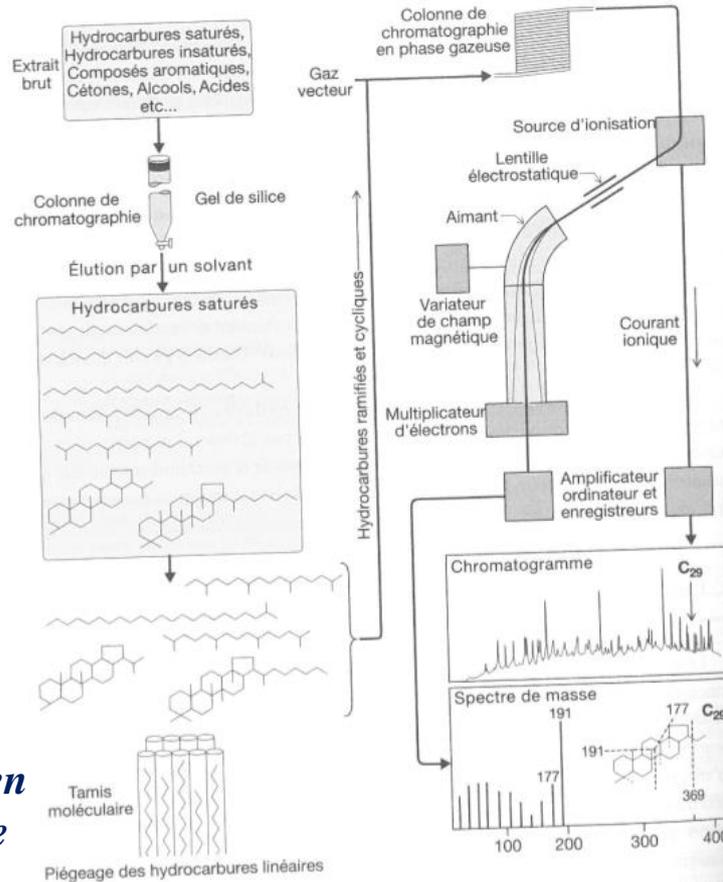
GC-FID



*Chromatogramme en
phase gazeuse partie de la
fraction hydrocarbure
(sédiment du delta de
l'Amazone, Pancost
(2004))*

Site d'étude, prélèvements et méthodes utilisées

GC-MS



Indication sur la structure des molécules car elles ne se cassent pas au hasard

Schéma de principe de la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (d'après Ourisson et al., 1984).

Site d'étude, prélèvements et méthodes utilisées



Chaetoceros



	Biomarqueurs aquatiques	Biomarqueurs terrestres
Alcools	<p>$C_{14}-C_{20}OH (<C_{20})$</p> <ul style="list-style-type: none"> • plancton • bactéries <p>➤ MO d'origine marine</p> <p>Pairs = plancton Impairs = bactéries Rapport impair/pair = contribution bact.</p> <p>Rapport $<C_{20} / >C_{22}$ = prédominance du type d'apport</p>	<p>$C_{22}-C_{34}OH (>C_{22})$</p> <ul style="list-style-type: none"> • plantes supérieures <p>➤ MO d'origine continentale</p>
Stérols	<p>C_{27} = zoo- et phytoplancton C_{28} = phytoplancton</p>	<p>C_{29} = plantes supérieures</p>

Conclusions

	Paramètre mesuré	Indicateur	Avantages	Inconvénients	Références
sources	C/N/P	● Origine de la MO; Etat de maturation	Protocole aisé	Trop de sources de MO; Interférences sources/dégradation	Redfield, 63; Canuel et al., 95; Guo et al., 97.
	Isotopes ($\delta^{13}\text{C}$, ^{15}N ...)	★ Origine de la MO; Suivi du réseau trophique		Technique lourde; Amplitude importante des valeurs repères en milieu estuarien	Peterson et al., 85; Wada et al., 87; Canuel et al., 95; Guo et al., 97.
	Protéines, Glucides, Lipides	★ Etat de maturation de la MO	PGL / MO = MO labile/ MO complexe	Peu précis; protocole lourd	Laane, 82; Etcheber, 86.
	Chlorophylle <i>a</i>	★ Biomasse phytoplantonique	Protocole aisé	Variations du rapport COP/chlo <i>a</i> pour la quantification du phyto	Relexans et al., 82 Canuel et al., 95.
	Pigments	★ Classes phytoplantoniques	Spécifique des groupes végétaux	Protocole lourd	Mantoura et al., 83 Bianchi et al., 90.
	Lignine	★ Traceurs des débris végétaux	Spécifique	Protocole lourd	Etcheber, 86; Reeves et al., 89.
	Acides gras	★ Origine de la MO; production de MO	Efficace et spécifique	Protocole lourd	Laureillard et al., 93; Canuel et al., 95
devenir	C/N	● Origine de la MO; Etat de maturation	Protocole aisé	Confusion entre origine et niveau de dégradation	Redfield, 63.
	Pheopigments	★ Etat de maturation du phytoplanton	Spécifique du mode de dégradation	Protocole lourd	Mantoura et al., 83 Bianchi et al., 90.
	Acides gras sat./insat.	★ Etat de maturation de la MO	Efficace et spécifique	Protocole lourd	Denant, 88.

Thank you for your attention ...

