

# Etablissement de référentiels pour l'utilisation des macroalgues de la région caraïbe comme bioindicateurs de l'état de santé des écosystèmes marins côtiers de la Martinique.

Méthodes de bioindication adaptées à l'outre-mer  
ONEMA / DCE - 20 et 21 mars – Paris

Jean-Philippe Maréchal



Jean-Philippe Maréchal

Nova Blue Environment <http://www.novablue-environment.org>

Observatoire du Milieu Marin Martiniquais <http://www.ommm-martinique.org>

marechal.jean@gmail.com

# Principes

- **Mesures directes**

- **Efficacité photosynthétique des photosystèmes II : Fv/Fm**

- mesure pouvant être utilisée pour évaluer le stress associé à des concentrations anormales en nutriments, le nombre de chloroplastes diminuant chez des algues dans des conditions oligotrophiques (Yentsch et al. 2003). Objectif : corrélérer les valeurs de ratio avec les concentrations appliquées et établir une courbe d'évolution Fv/Fm en fonction de [ N – P ].

- **La fluorescence de la chlorophylle :**

- La fluorescence de la chlorophylle est un moyen d'évaluer la photosynthèse chez les végétaux (La fluorescence est une émission lumineuse provoquée par l'excitation d'une molécule et immédiatement suivie d'une émission spontanée). Tout état de stress se répercute sur le processus de photosynthèse. Les variations d'efficacité de la photosynthèse peuvent être mesurées à l'aide d'un fluorimètre.



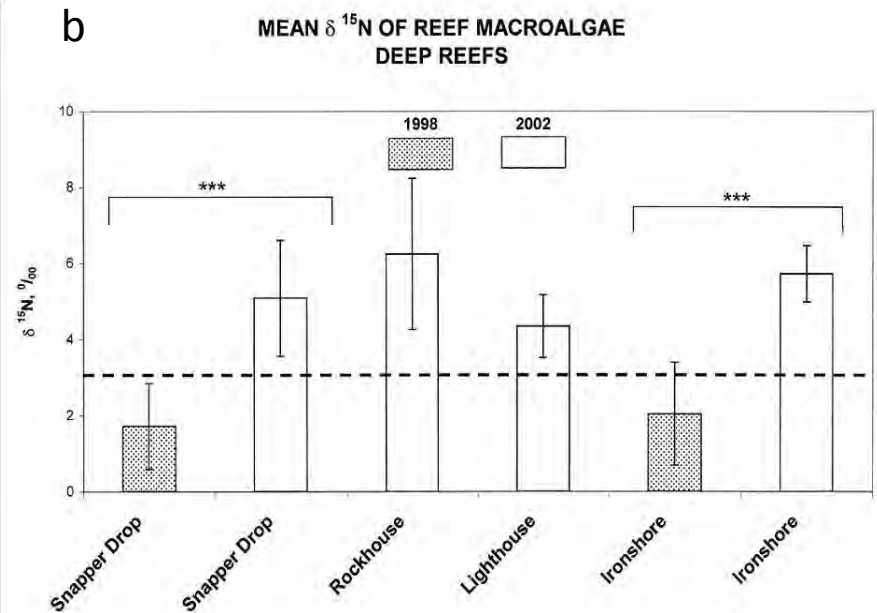
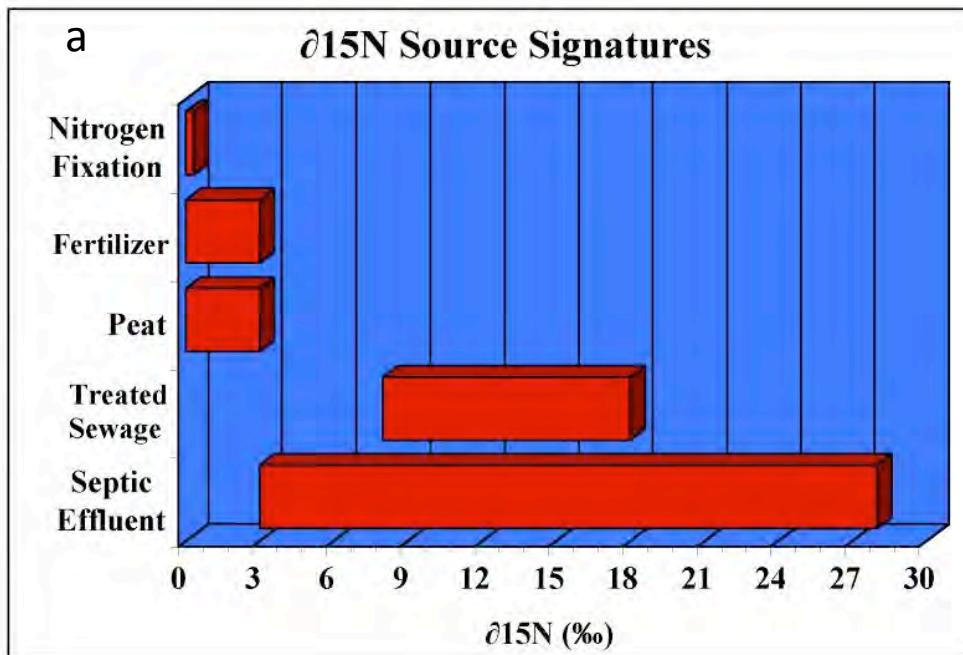
Une estimation de l'efficacité maximale d'absorption de l'énergie lumineuse par les pigments des PSII est donnée par le rapport Fv/Fm (pour des échantillons adaptés au préalable à l'absence de lumière)

avec Fv (fluorescence variable) = différence entre niveau initial de fluorescence F0 et Fm niveau maximal de fluorescence

- **Mesures indirectes**

- **ratio isotopique de l'azote :  $\delta^{15}\text{N}$  ( $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$ )**

- L'analyse des contenus en isotopes stables de l'azote peut être utilisée pour évaluer les niveaux d'enrichissement du milieu et identifier les sources majoritaires de pollution organique affectant la masse d'eau. *Objectif* : corrélérer le niveau d'enrichissement en  $^{15}\text{N}$  avec les concentrations appliquées et établir une courbe d'évolution de [  $\delta^{15}\text{N}$  ] en fonction de [ N – P ].
    - $\delta^{15}\text{N}$  est utilisé pour identifier l'origine des apports d'azote dans les systèmes aquatiques. Cet outil est utilisé en raison des différences de signature isotopique des sources de DIN.



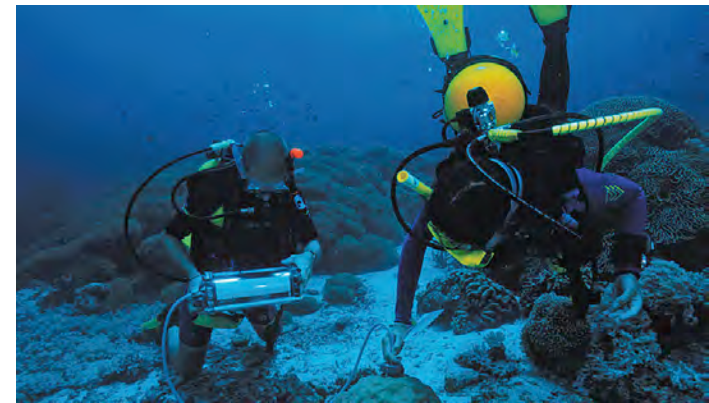
Exemple a) de signatures isotopiques et b) d'évolution du  $\delta^{15}\text{N}$  sur des sites identiques à 4 ans d'intervalle (Lapointe *et al.*, 1997)

# Objectifs

- Evaluer l'intérêt d'utiliser les macroalgues comme espèces indicatrices de la qualité des masses d'eau côtières de Martinique
- Développer les métriques et protocoles associés
  - Elaboration d'une méthodologie (protocole d'échantillonnage, d'analyses...) et d'une grille d'état sur la base des indices proposés (en correspondance avec les 5 classes d'état inhérentes à l'état écologique défini par la DCE).

# Deux volets

- Laboratoire
  - Ratio isotopique ( $\delta^{15}\text{N}$ ),
  - Activité photosynthétique ( $F_v/F_m$ ).
- Terrain
  - Validation en conditions naturelles des référentiels établis en laboratoire. Les échantillons collectés font l'objet d'analyses isotopiques (laboratoire) et photosynthétiques (fluorimètre de terrain).

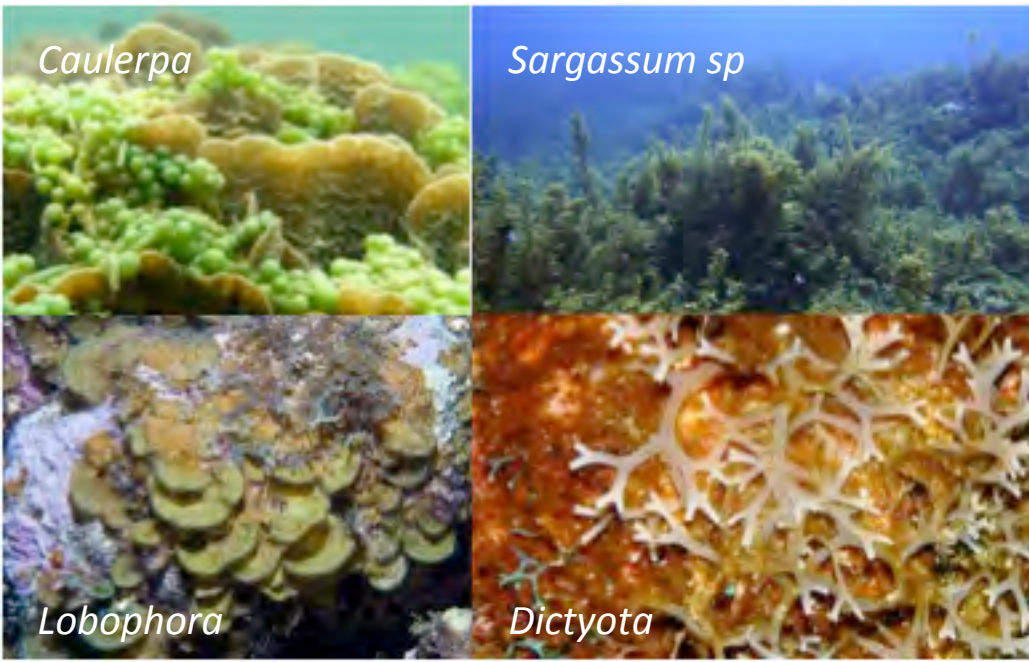


# Protocole

## Croissance des macroalgues

- Choix d'espèces de macroalgues (littoral Martinique) caractéristiques des zones dégradées : *Dictyota sp*/  
*Caulerpa sp*, *Lobophora variegata*, *Sargassum polyceratium*.
- Echantillons (0.4 à 0.6g) cultivés au laboratoire avec éléments traces et vitamines (Milieu F/2)
- Lumière : 100 – 800  $\mu\text{m}.\text{photons}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$
- Température : constante

	NH4	PO4	Mix	
			NH4	PO4
[c] $\mu\text{l}$	20	1	20	1
	40	2	40	2
	60	3	60	3
	80	4	80	4
	100	5	100	5



## Analyses isotopiques :

- Echantillons de laboratoire : échantillons séchés et réduits en poudre pour analyse du contenu en isotopes stables de l'azote ( $^{15}\text{N}$ – $^{14}\text{N}$ ).

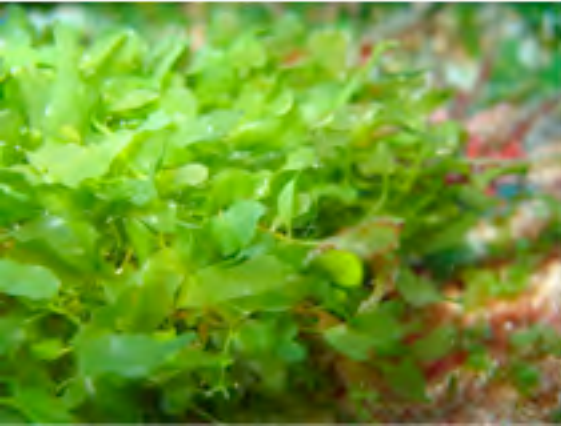
*3 espèces x 3 réplicats x 5 concentrations x 2 éclairagements x 2 séries =*  
**180 échantillons**

- Echantillons naturels : mêmes analyses réalisées sur des échantillons prélevés dans le milieu naturel.

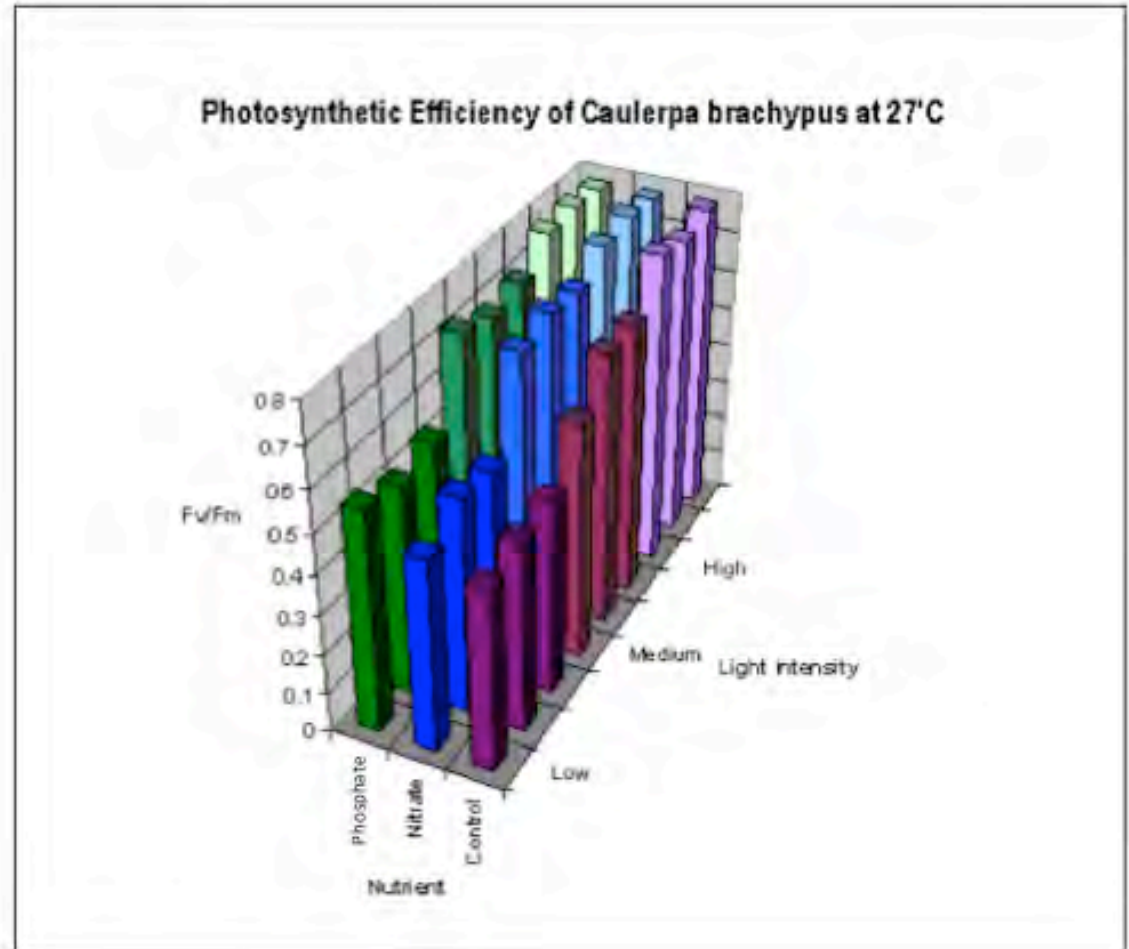
**108 échantillons**



# Fv/Fm : Effets de l'intensité lumineuse et des nutriments sur l'efficacité photosynthétique de *Caulerpa brachypus* à 27°C



↗ significative de Fv/Fm en fonction de l'intensité lumineuse et de l'enrichissement du milieu



ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	0.005195	2	0.002598	21.93859	1.49E-05	3.554557
Columns	0.000332	2	0.000166	1.399858	0.27223	3.554557
Interaction	0.002733	4	0.000683	5.770142	0.003605	2.927744
Within	0.002131	18	0.000118			
Total	0.010391	26				

T-test Irradiance Nutrient Growth 27°C P= 6.89e-5

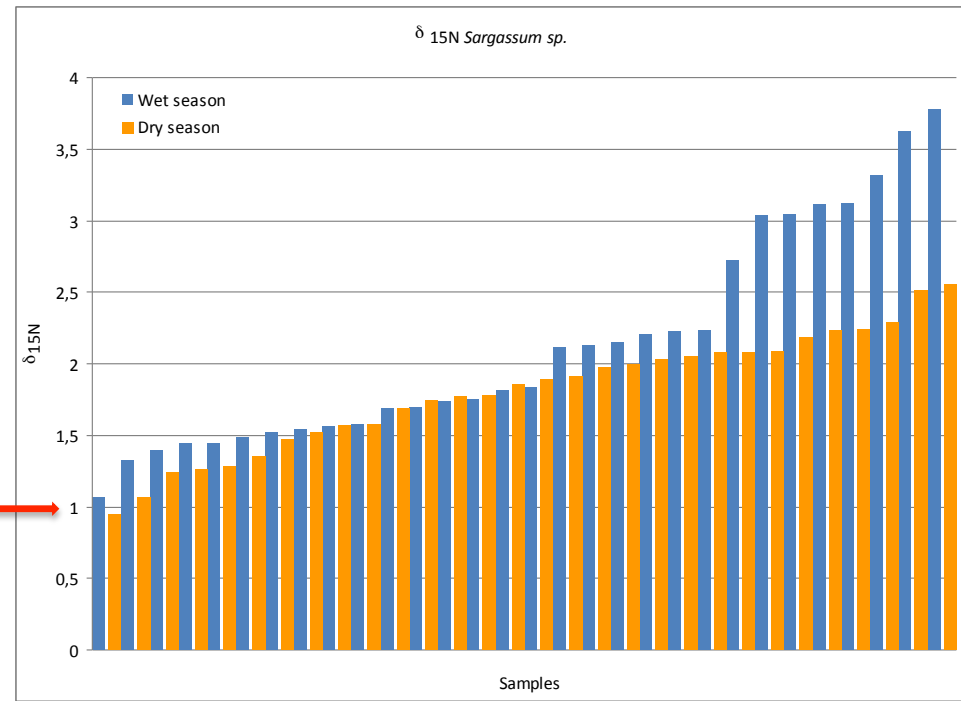


# Ratio isotopique $\delta^{15}\text{N}$

## Exemple *Sargassum*

Seuil 1‰ indiquant un **enrichissement non naturel** des eaux côtières pour la majorité des échantillons (saison sèche et saison humide)

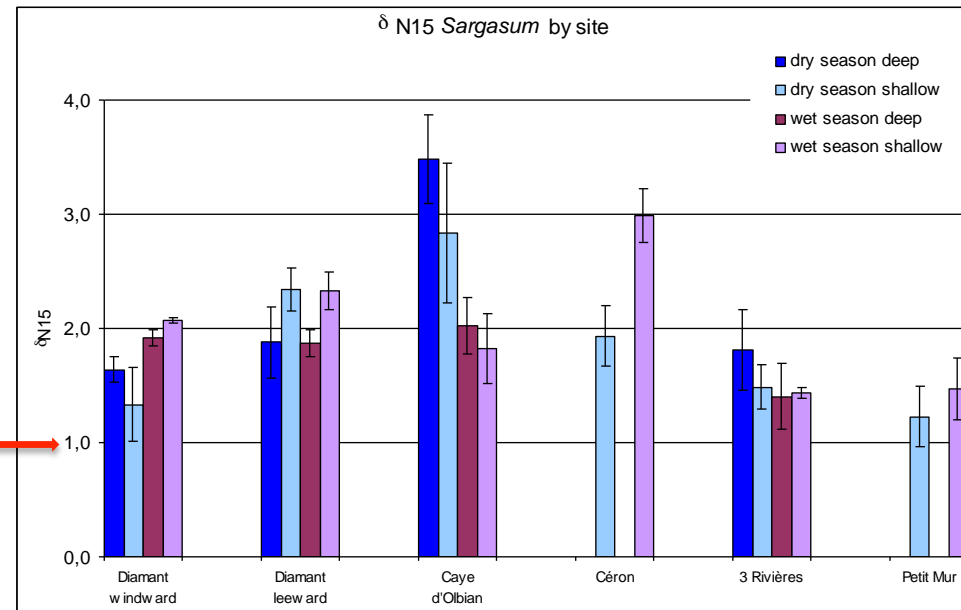
Seuil 1‰

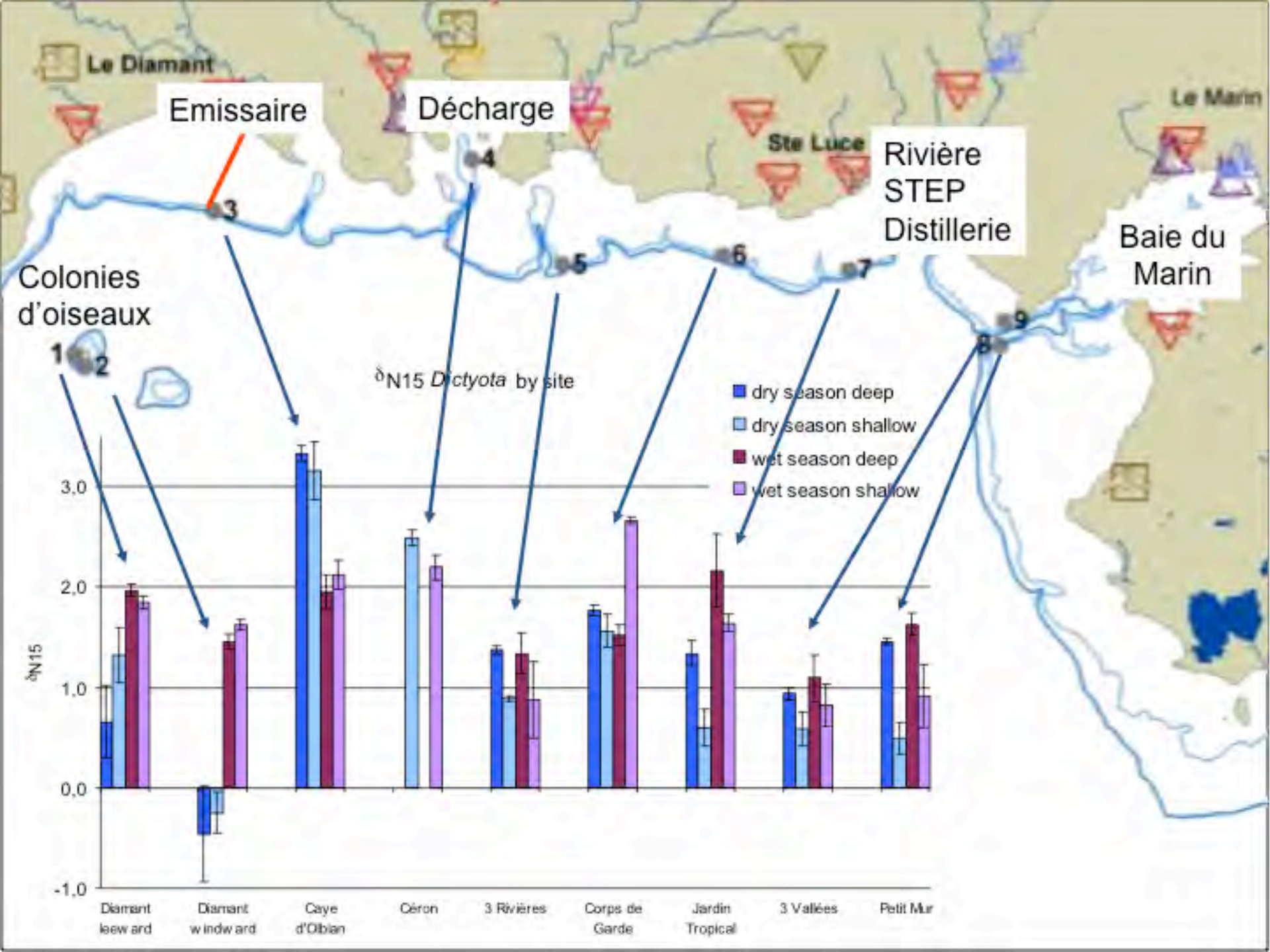


Variabilité significative des mesures essentiellement en fonction des saisons (accessoirement en fn de la profondeur) – Tous les sites > 1‰

Site Caye d'Olbian : lien avec l'émissaire de la STEP du Diamant

Seuil 1‰





# Résultats attendus

- Protocoles d'échantillonnage et d'analyse pour le suivi de l'état des masses d'eau côtières au titre de la DCE utilisant la mesure de l'activité photosynthétique des macroalgues.
- Protocoles d'échantillonnage et d'analyse pour l'identification des sources potentielles d'enrichissement en produits azotés s'exerçant sur les eaux côtières de la Martinique : appareillage et connaissances techniques, évaluation économique de la mise en œuvre en routine
- Proposition d'un ou de plusieurs indices basés sur l'évaluation de l'activité photosynthétique des macroalgues et leur ratio isotopique avec les grilles d'état associées, et selon des gradients de concentrations en N et P
- Proposition de grilles d'état en plusieurs classes élaborées sur la base des indices développés.

# Avancement

- (1) Etude de croissance pour *Dictyota/Caulerpa* et *Lobophora* réalisée à l'Université de Portsmouth (UOP).
- (2) *Sargassum* = expérimentation doit être réalisée en Martinique – *Sargassum* ne supporte pas le transport.
- (3) Analyse des isotopes en cours à UOP.
- (4) Acquisition d'un fluorimètre de terrain en cours pour validation des données de laboratoire.