

PROUESSE

PROdUction primaire dans l'ESTuaire de la SEine.

Partenaires	Université de Caen - Normandie	IFREMER	Muséum National d'Histoire Naturelle
Laboratoires	UMR BOREA	LERN	UMR BOREA
Chercheurs	Pascal Claquin Francis Orvain	Schapira Mathilde Philippe Riou	Pascal Jean Lopez
Doctorant	Jérôme Morelle		
Etudiants Master 2	Jonathan Liou	Mathieu Filoche Françoise Sylvaine Courtay Gaëlle Rabiller Emilie Pierre-Duplessix Olivier Maheux Franck Simon Benjamin	
Personnels techniques	Guillaume Izabel (CREC)		

Presenté par: Jérôme MORELLE
coordination : Pr. P. Claquin

Problématique

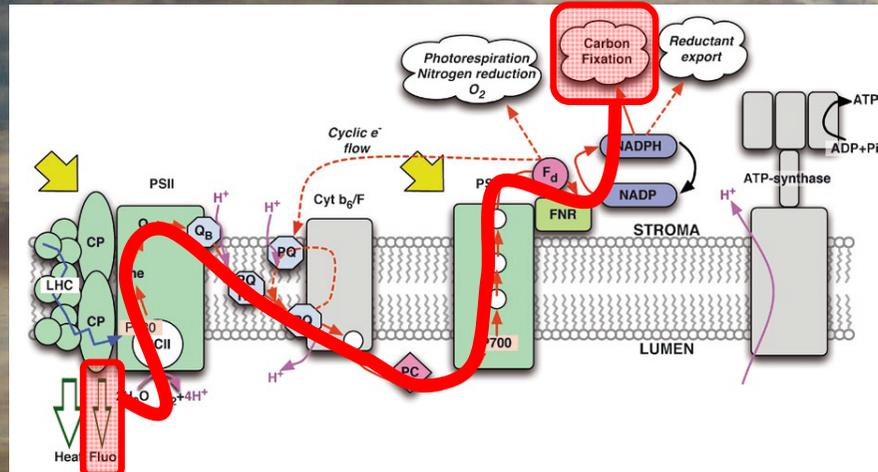
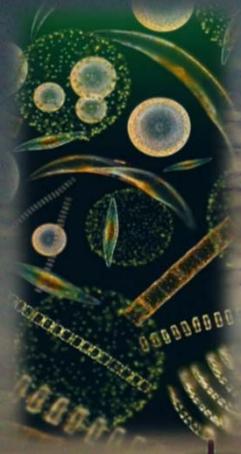
- ❖ Production primaire = le flux d'énergie et de carbone vers les compartiments du réseau trophique supérieur et la boucle microbienne.
- ✓ Quelle est la production primaire autochtone dans l'estuaire ?
- ✓ Quel est la part des différents compartiments ?

Objectifs

- ✓ Mesurer la production primaire à une haute résolution le long de l'estuaire
- ✓ Mesurer la diversité
 - Etudier la relation Diversité / Production & Diversité / Productivité

Phytoplancton - Méthodologie

✓ Estimation de la production primaire à haute résolution en couplant deux méthodes



APPAREIL PHOTOSYNTHÉTIQUE

FLUORESCENCE PAM (FT WP – MCP)

HAUTE FRÉQUENCE

INCORPORATION DE CARBONE (^{13}C)

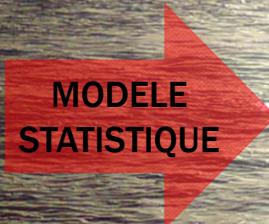
BASSE FRÉQUENCE

AVANTAGES

- Rapide (5 minutes)
- Automatique
- Non invasif/Economique

DÉSAVANTAGES

- Ne donne pas accès à la fixation de carbone
- ETR



AVANTAGES

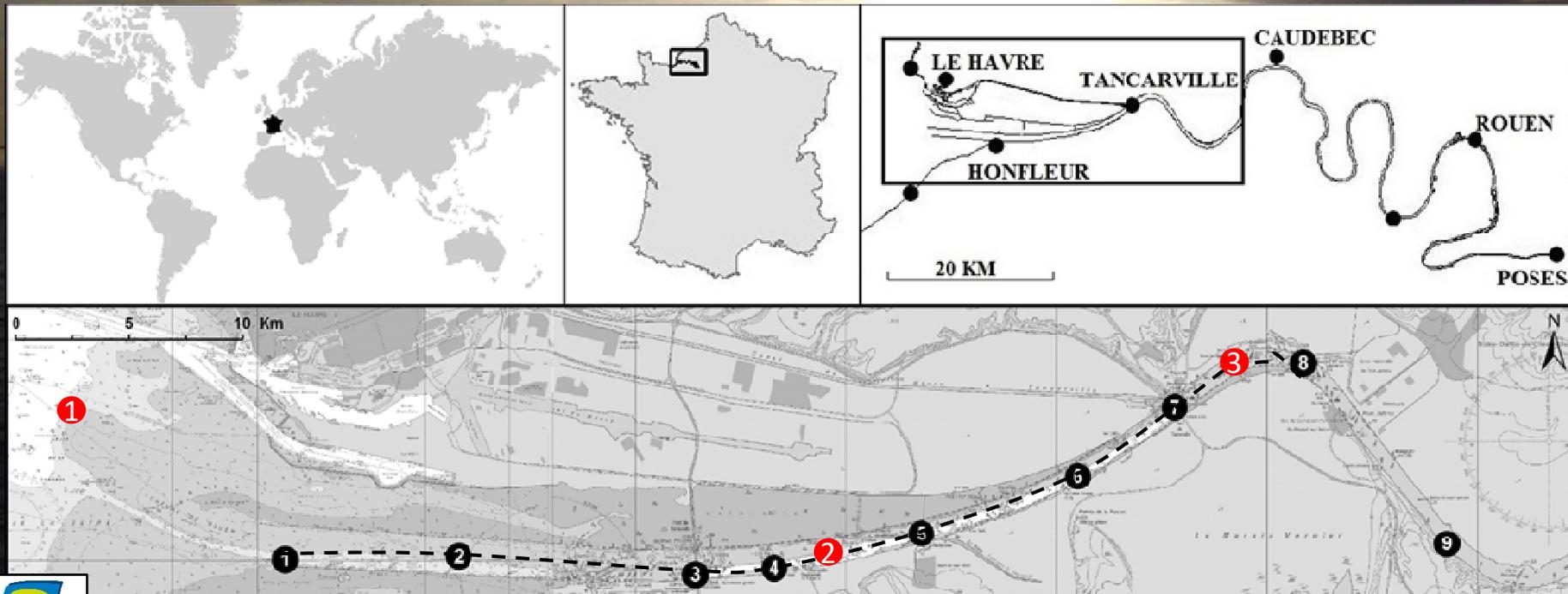
- Donne directement accès à la fixation de carbone

DÉSAVANTAGES

- temps d'incubations long (3 heures)
- très couteux

Phytoplancton - Echantillonnage

- ✓ Mensuellement
 - 8 sites répartis le long du gradient salin
 - Utilisation de la méthode PAM en continu
 - Utilisation du ^{13}C sur 4 sites (2/4/6/8)
- ✓ Au cours du cycle de la marée - SUSPENSE
 - 3 sites répartis le long du gradient salin
 - Utilisation de la méthode PAM en continu
 - A deux saisons



Phytoplancton - Echantillonnage

✓ Paramètres mesures

▪ Diversité phytoplanktonique

- Microscopie optique
- Identification biomoléculaire
- Cytométrie en flux (pico, nano)

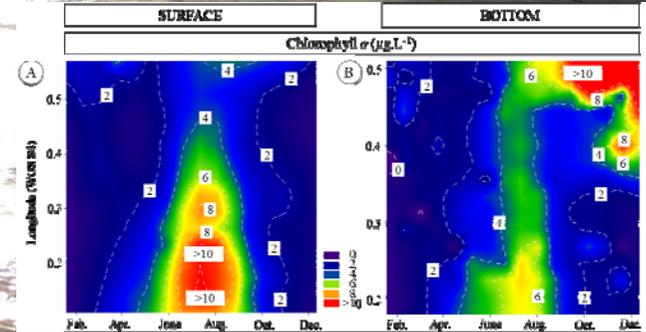
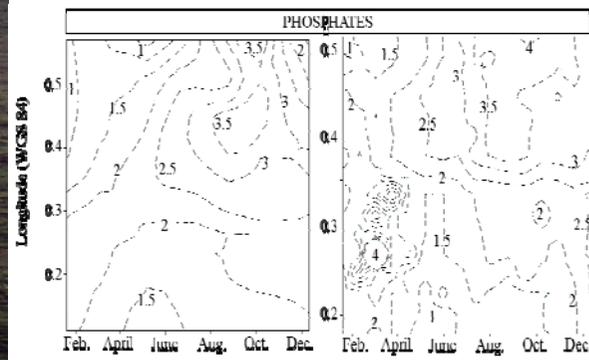
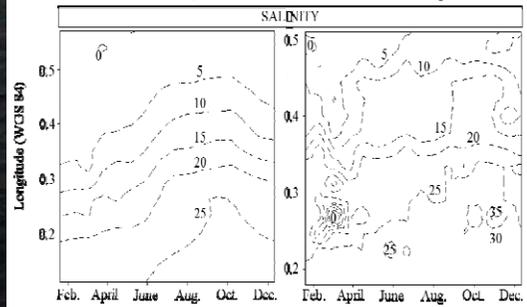
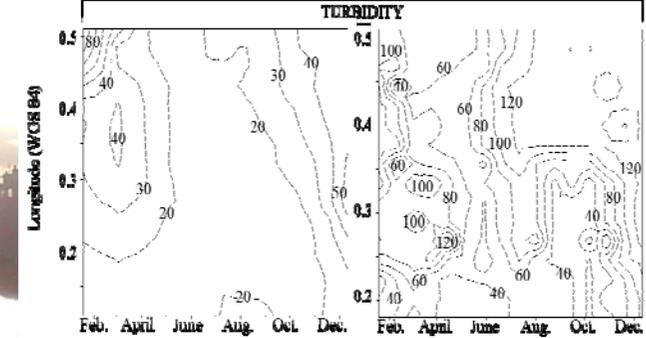
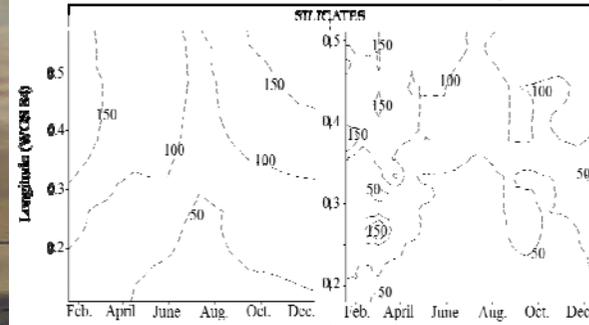
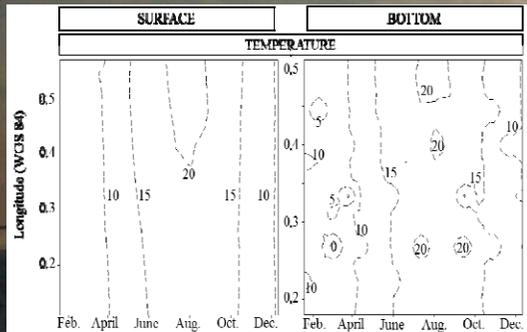
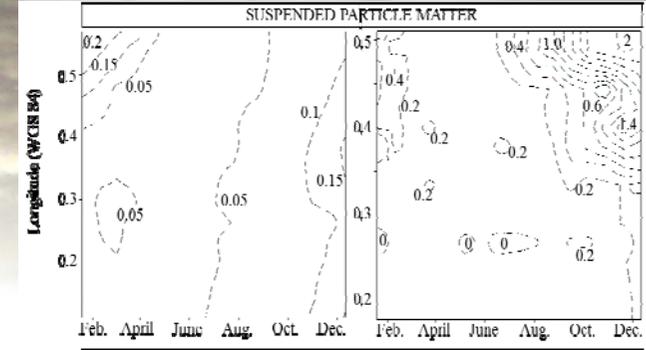
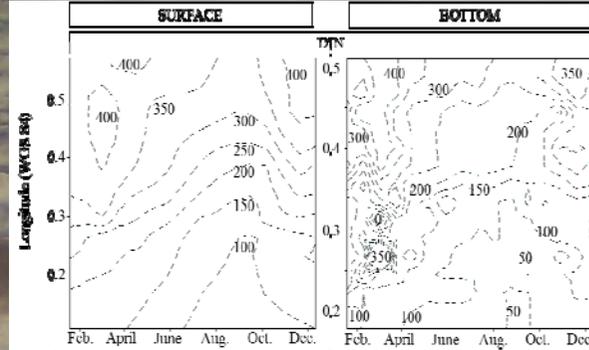
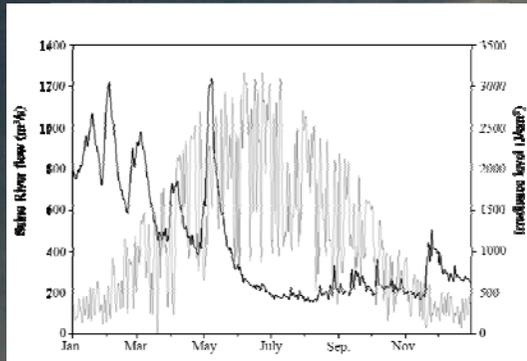
▪ Paramètres biologiques

- Incorporation de carbone (^{13}C)
- Chlorophylle *a* extraite en fractions de taille (pico/nano, micro, totale)
- PAM (rETR, F_v/F_m) en continu
- Exopolysaccharides (TEP / EPS)

▪ Paramètres physico-chimiques

- Sonde YSI en continu (pH, T°C, Salinité, Turbidité)
- Sonde CTD en profil (Conductivité, profondeur, T°C, Salinité, Oxygène dissous, Turbidité, Fluorescence)
- Sels nutritifs (NH_4 , NO_2^+ , NO_3 , SiOH_4 , PO_4)
- MES
- Météo (Irradiance, vent, houle, T°C air, etc.)

Phytoplankton - Echantillonnage



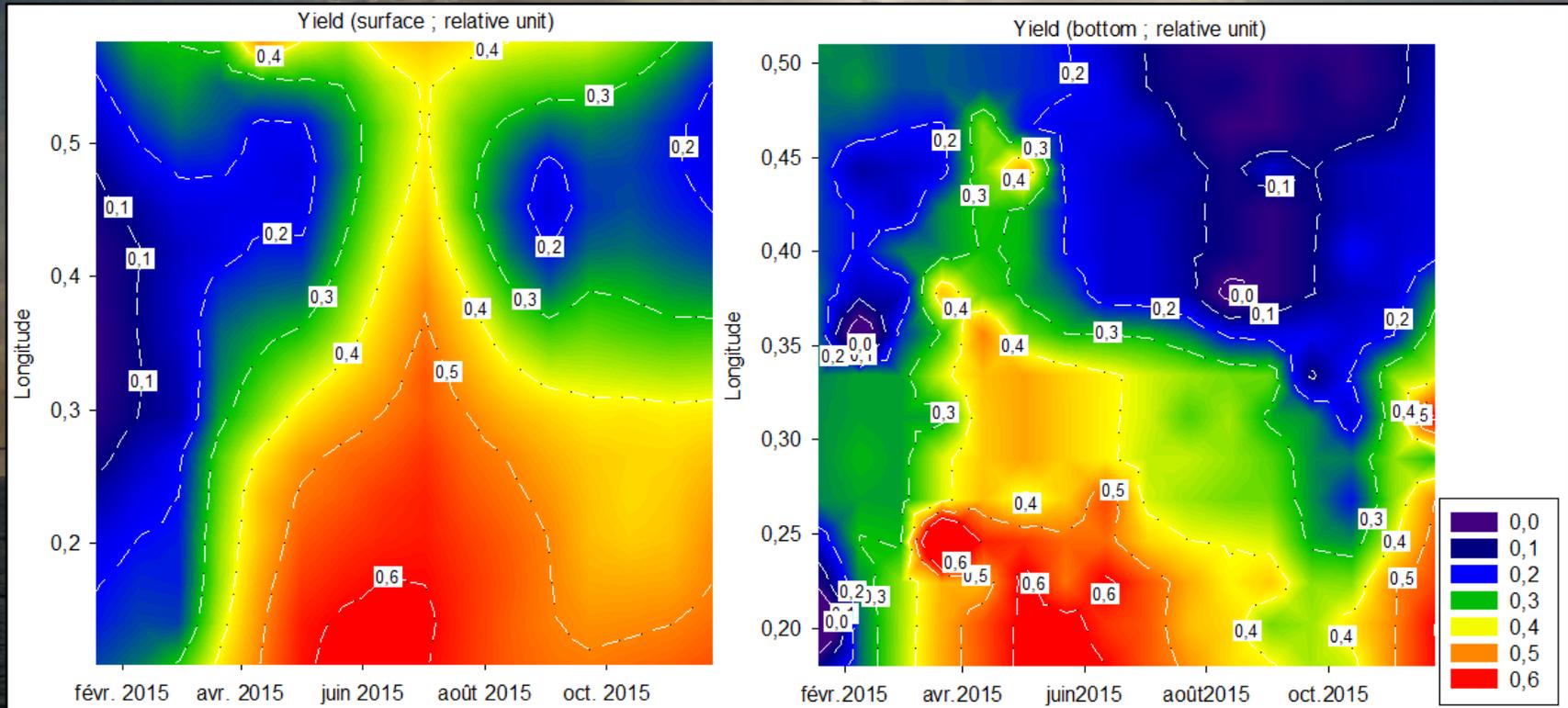
Phytoplancton - Résultats

✓ Etat physiologique

Tancarville



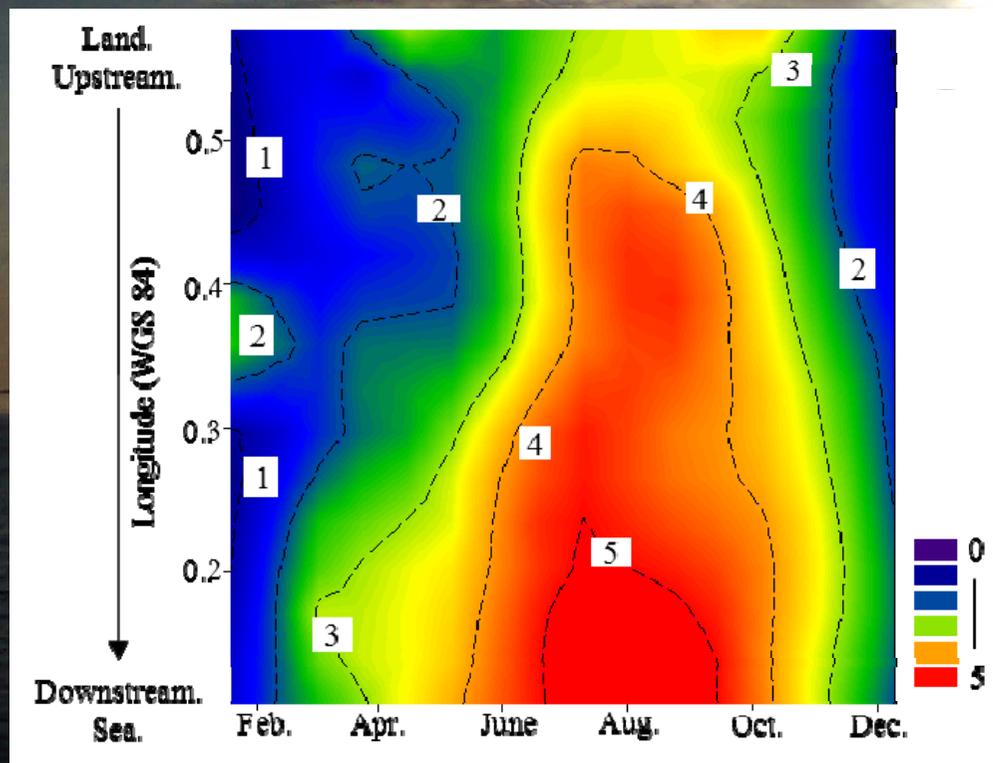
Le Havre



- Cellules phytoplanctoniques en très bon état même en profondeur
- Résultat important pour les réseaux trophiques benthiques et pélagiques

Phytoplancton - Résultats

✓ Productivité (P/B) estimée à l'aide de la méthode PAM

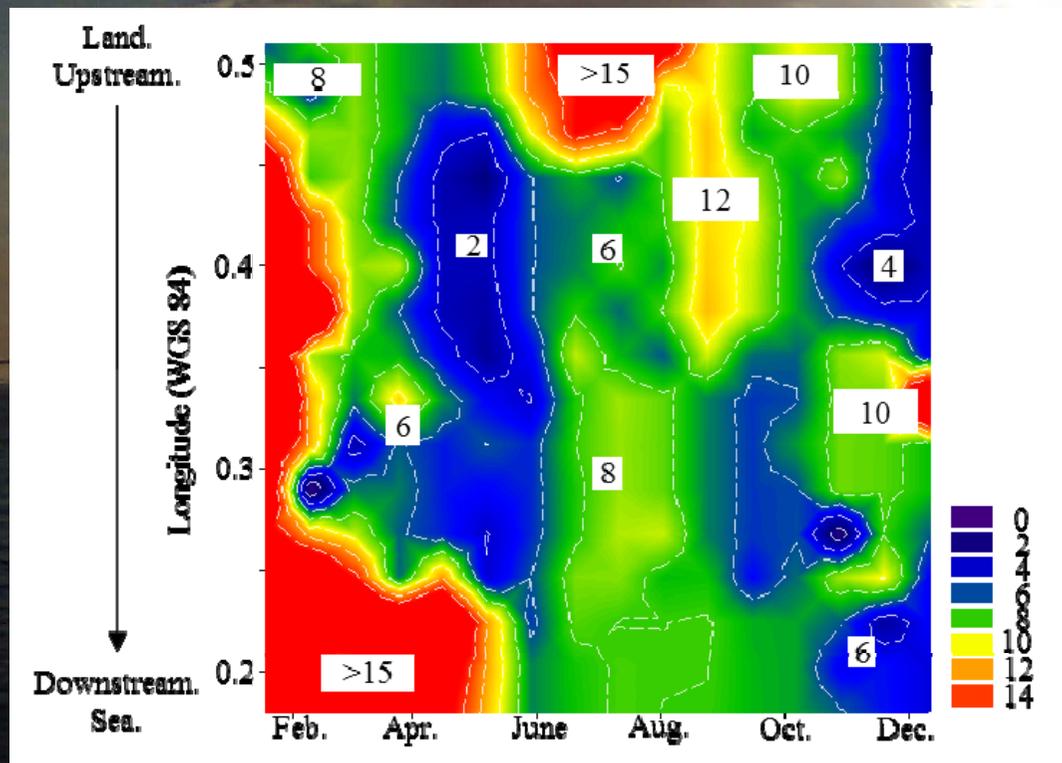


$ETR(II)_{max}; \text{mmole} \cdot \text{mgchl}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

- Variabilité temporelle
 - Conditions environnementales
- Variabilité spatiale
 - Irradiance/Turbidité

Phytoplancton - Résultats

- ✓ Nombre d'électrons nécessaires à la fixation d'une mole de carbone ($\Phi_{e,C}$)



- ETR/P
- Minimum: $1.6 \text{ mole} \cdot \text{molC}^{-1}$
- Maximum: $25 \text{ mole} \cdot \text{molC}^{-1}$
- moyenne : $8 \text{ mole} \cdot \text{molC}^{-1}$
- sels nutritifs

Phytoplancton - Résultats

✓ Modèle statistique

- Calibration avec les données de ^{13}C et les paramètres environnementaux

$$P_{\max}^{\text{sim}} = 0.43 - 1.19 \cdot 10^{-2} \times \text{ETR(II)}_{\max} - 9.75 \cdot 10^{-4} \times [\text{DIN}] + 1.29 \cdot 10^{-2} \times T^{\circ}\text{C}$$

✓ Intégration avec la profondeur en fonction de l'atténuation de la lumière

$$\text{PP (mgC. m}^{-2}\text{. h}^{-1}\text{)} = 10 \times \int_{z_0=0.05}^{z_i=n} P_{\max}^{\text{sim}} \times \left(1 - e^{-\alpha^{\text{sim}} \times \frac{E_{z_i}}{P_{\max}^{\text{sim}}}}\right)$$

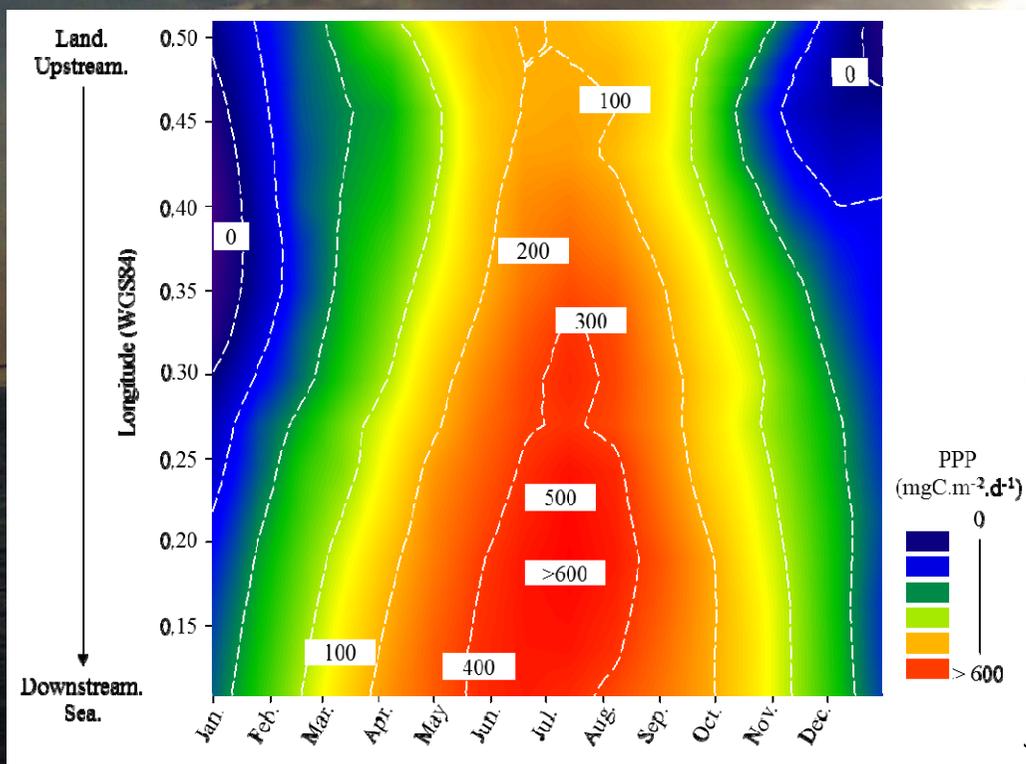
$$E_{z_i} = (E_{z_0} \times e^{-k_d \times z_i}) - (E_{z_0} \times e^{-k_d \times z_i}) \times 0.06$$

- Pour chaque site et à chaque heure

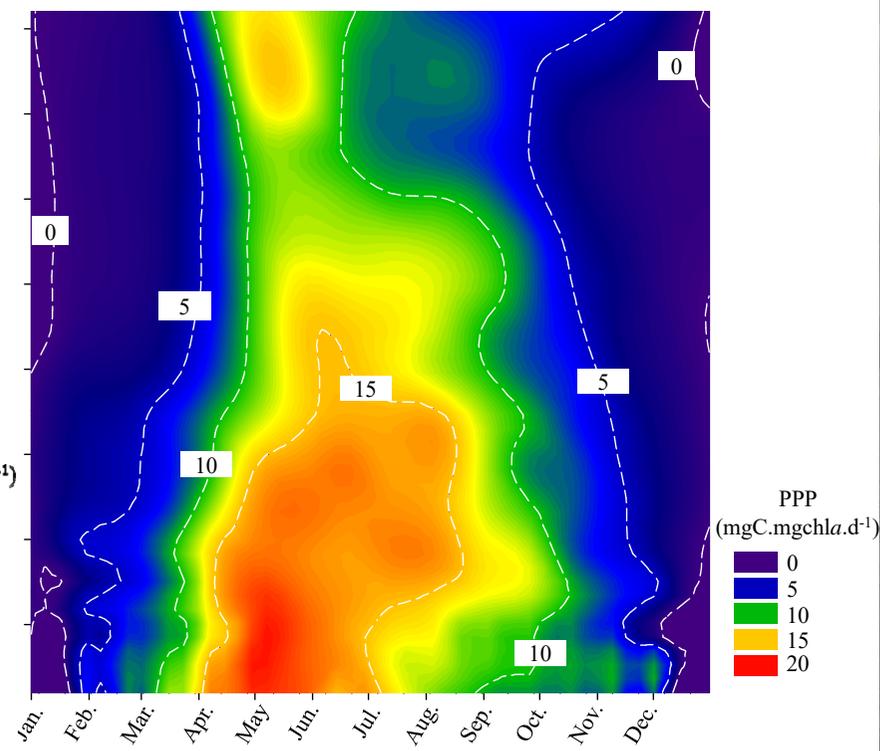
Phytoplankton - Résultats

- ✓ Production primaire et productivité phytoplanctonique à haute résolution

PRODUCTION
 $\text{mgC.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$

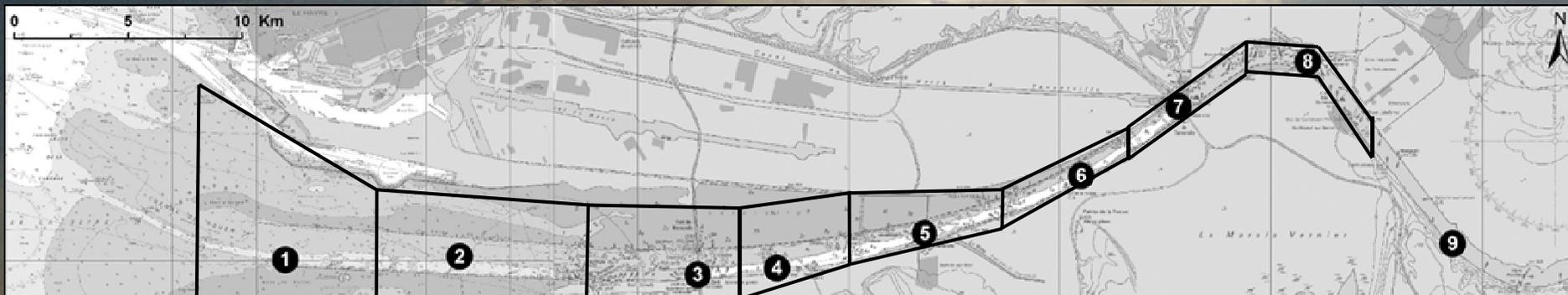


PRODUCTIVITY (P/B)
 $\text{mgC.mgchl}^{-1}.\text{d}^{-1}$



Phytoplancton - Résultats

✓ Production primaire annuelle du phytoplancton dans l'estuaire



	1	2	3	4	5	6	7	8	Annual PP
Annual PP (gC.m ⁻² .y ⁻¹)	72.13	81.53	50.68	45.68	31.16	17.26	17.62	18.54	-
Surface (km ⁻²)	44.38	23.07	9.81	4.27	3.79	2.61	2.26	2.96	-
Annual PP (tC.y ⁻¹)	3200	1881.3	497.15	195.26	118.15	45.09	39.84	54.92	64.75 gC.m⁻².y⁻¹

▪ Site productif/zone productive

Phytoplancton - Résultats

✓ Diversité du phytoplancton dans l'estuaire

- Microscopie optique (IFREMER)

Forte turbidité, peu de taxons identifiables (54)

- Cytométrie en flux (pico & nanoplancton)

Forte concentration de pico/nanoplancton en aval sur l'ensemble de la colonne d'eau

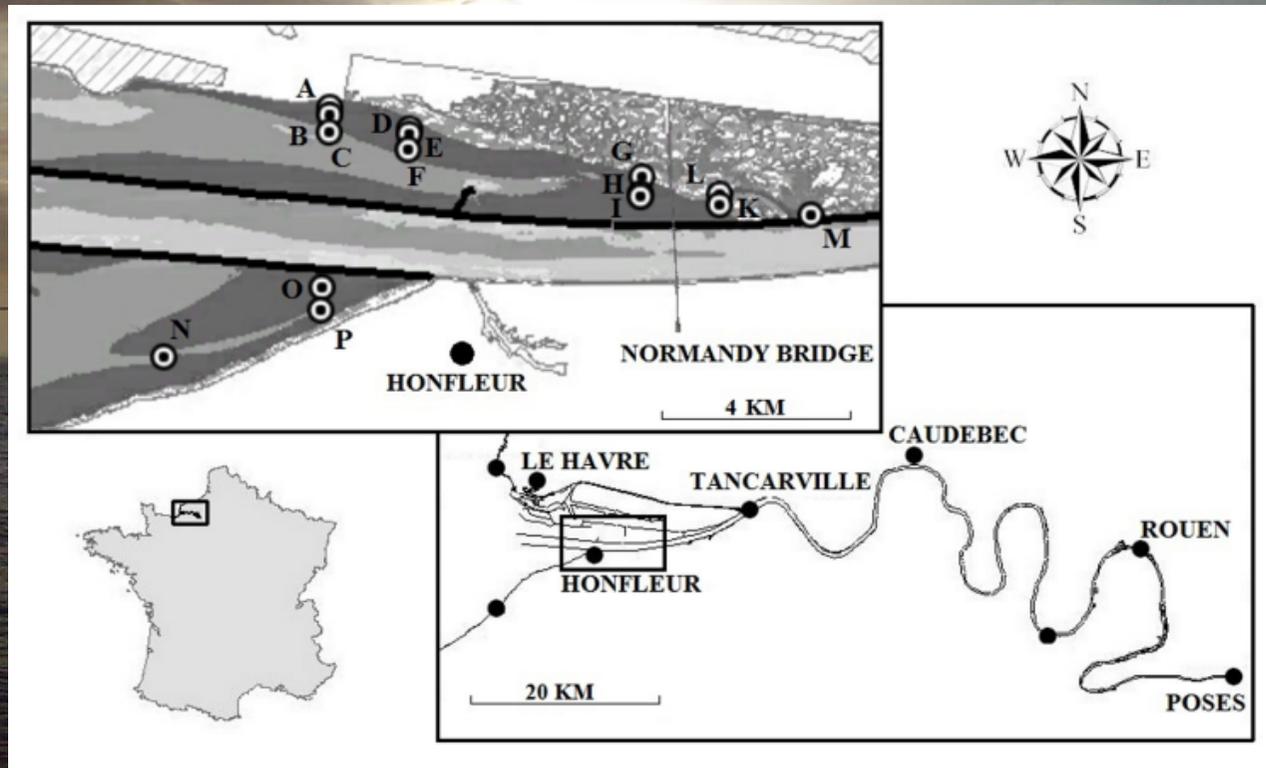
- Identification biomoléculaire

Très grande diversité d'OTUs de procaryotes (11000 OTUs) et d'eucaryotes (9000 OTUs) dont plus de 3000 OTUs d'eucaryotes photosynthétiques.

Microphytobenthos - Echantillonnage

✓ Saisonnier - BARBES

- 15 sites répartis sur les trois vasières de l'estuaire (granulométrie)
- Utilisation de la méthode PAM
- A deux saisons (Septembre 2014 et Avril 2015)



Microphytobenthos - Résultats

- Etat physiologique et productivité

Utilisation d'un modèle de correction en fonction de l'atténuation de la lumière

	Granulométrie	F_V/F_M	$rETR_{max}$	Correction	F_V/F_M	$rETR_{max}$	Correction
Vasière Nord	Sablo-vaseux	0.56	485	17%	0.53	504	23%
Vasière Sud	Sable	0.65	477	32%	0.47	321	20%
Chenal environnemental	Vase	0.33	541	7%	0.62	471	37%

Microphytobenthos - Résultats

✓ Production primaire

- Utilisation d'un modèle statistique intégré sur la couche de sédiment pour estimer la production en terme de carbone

Vasière	Surface (km ²)	Septembre 2014		Avril 2015	
		PP (gC.m ⁻² .m ⁻¹)	PP (tC.m ⁻¹)	PP (gC.m ⁻² .m ⁻¹)	PP (tC.m ⁻¹)
Nord	4.65	12.69	58.99	9.60	44.63
Sud	0.08	4.90	0.39	4.90	0.39
Chenal env.	1.29	2.09	2.69	5.79	7.46

Excrétion - Résultats

Etudier en transect et au cours des cycles de marée

✓ Excrétion de carbone sous forme de TEP

Principalement d'origine phytoplanctonique et liés à la turbidité et à la remise en suspension

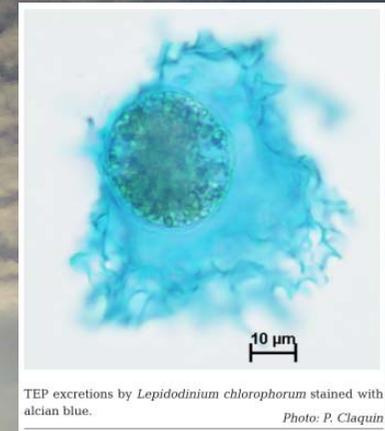
Stock disponible : entre 0.36 et 68.74 mgC.L⁻¹

✓ Excrétion sous forme d'EPS

Présents dans l'eau et représentant entre 0.48 et 24.26 mgC.L⁻¹

D'origine phytoplanctonique (entre 9% et 34%) et microphytobenthique (entre 2 et 6%), le reste étant animale.

Présent également sur les vasières en stock important, jusqu'à 340 mgC.m⁻² disponible directement



Conclusion

- ✓ Nous avons caractérisé et estimé la dynamique de la production primaire dans l'estuaire de Seine ainsi que celle des excréments de TEP et d'EPS.

	Production			Excrétion		
	Stations	gC.m ⁻² .an ⁻¹	tC.an ⁻¹	TEP	S-EPS	
				mgC.L ⁻¹	mgC.L ⁻¹	tC.an ²
Phytoplancton	1	72.13	3200	Entre 0.36 et 68.74	1.15	/
	2	81.53	1881.3			
	3	50.68	497.15			
	4	45.68	195.26			
	5	31.16	118.15			
	6	17.26	45.09			
	7	17.62	39.84			
	8	18.54	54.92			
	Estuaire	64.75	6032 tC.an ⁻¹ ₁			
	Vasière	gC.m ⁻² .m ⁻¹	tC.m ⁻¹			
Microphytobenthos	Sud	4.90	0.39	/	0.055	5.04
	Nord	11.14	52.31			323.03
	Chenal environnemental	3.94	5.08			111.33
	Estuaire		525 tC.an ⁻¹			439

Conclusion

- ✓ La production primaire est contrôlée et limitée par la lumière, les sels nutritifs n'étant pas limitants
- ✓ Nous avons montré l'importance des apports phytoplanctoniques venant de la baie (« du panache ») comme apport trophique pour les consommateurs primaires de l'estuaire.
- ✓ La diversité des protistes est extrêmement importantes. A côté des autotrophes dont nous avons caractérisé la production le rôle fonctionnel de la diversité des protistes hétérotrophes reste à explorer (recyclage de la matière)
- ✓ Une extension à la baie et en amont permettrait d'encore mieux appréhender le rôle écologique de l'estuaire.

Conclusion

- ✓ Remontée en eaux douces (Sep, 2015)

