

Analyse du fonctionnement hydrologique, morphologique, sédimentaire et écologique de l'estuaire de la Seine

en vue d'une recherche de pistes de restauration globale compatible avec les usages de
l'estuaire de la Seine
« ANPHYECO-SEINE »

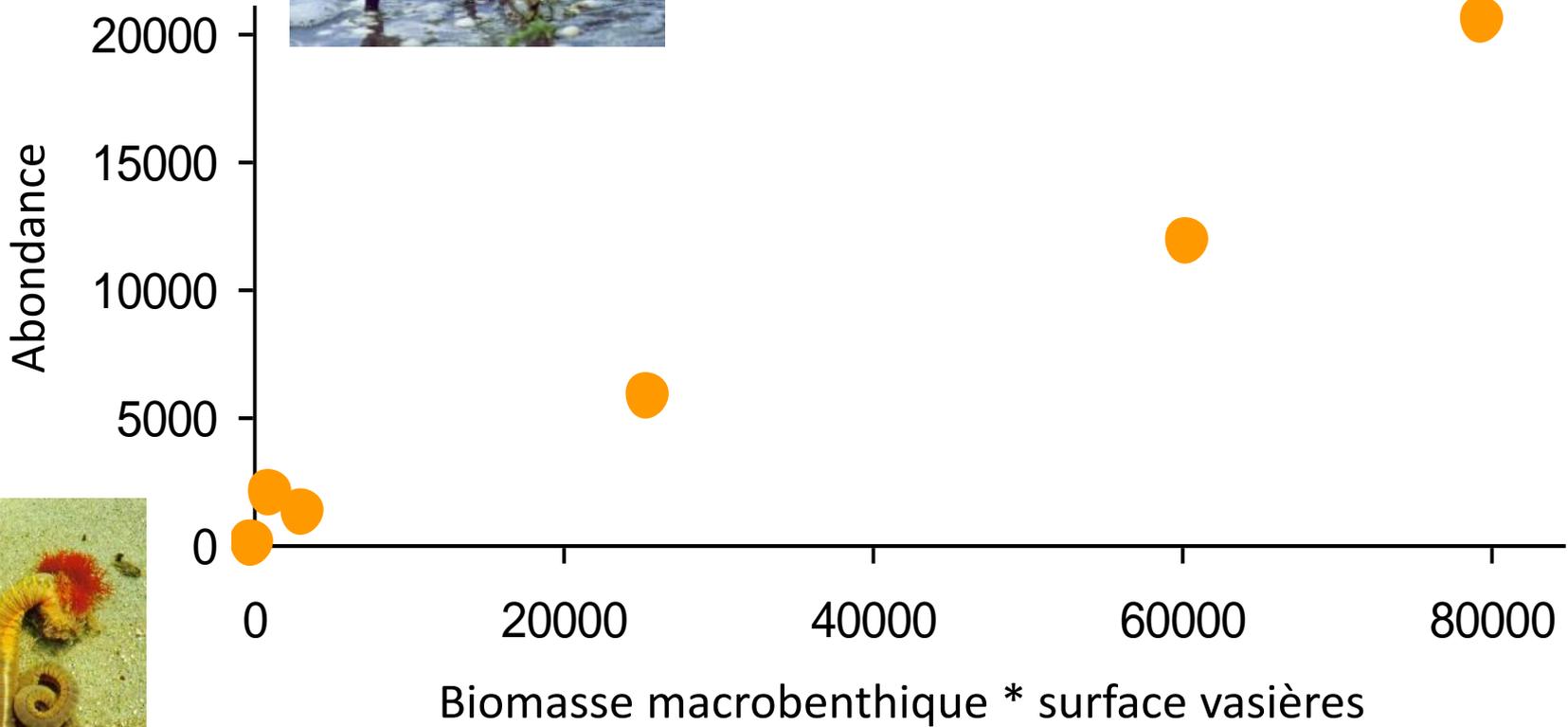
Atelier

**Diagnostic du fonctionnement hydro-écologique
et étude de leviers de gestion**

Objectifs

- Analyse écologique globale, holistique, systémique, fonctionnelle
 - Diagnostic: principaux facteurs
 - Comparaison inter-estuarienne
 - Diachronie
 - Leviers de gestion
 - Vision intégrée

Relation entre l'abondance des oiseaux échasse et leur nourriture

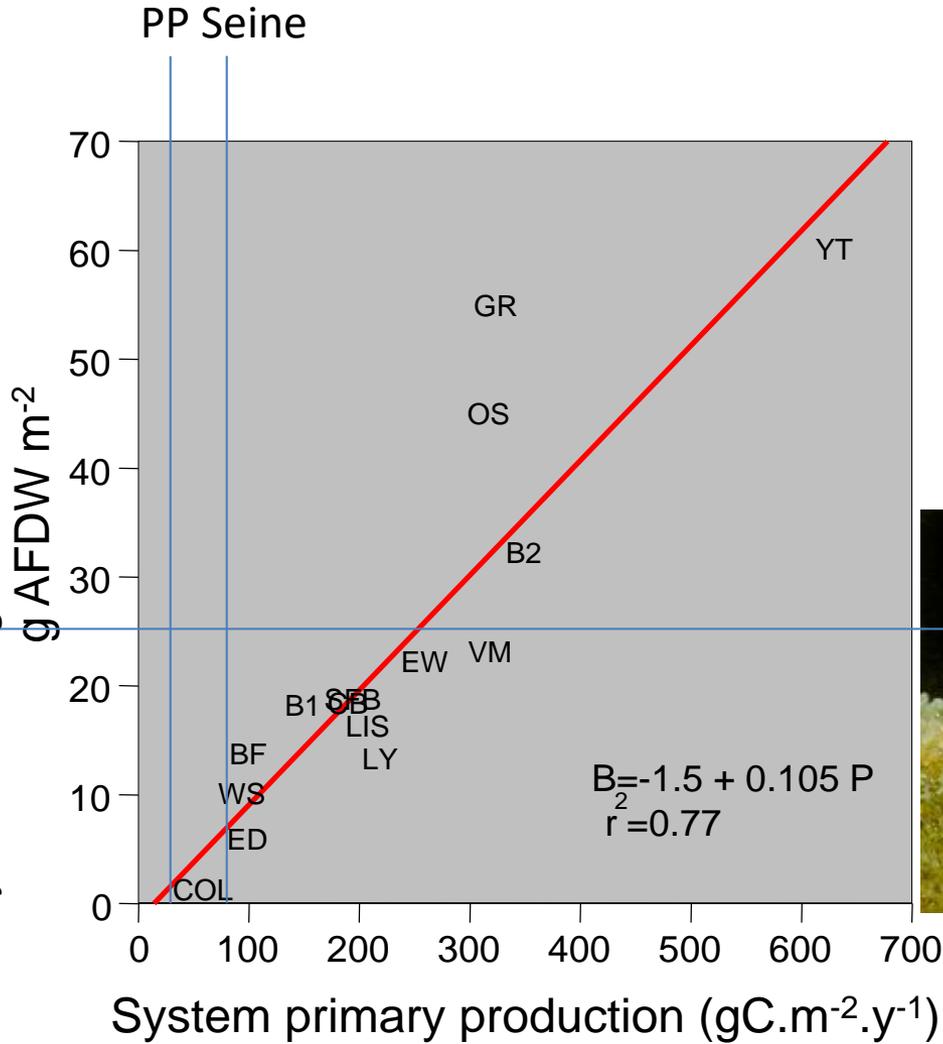


Data Tom Ysebaert NIOO- CEMO

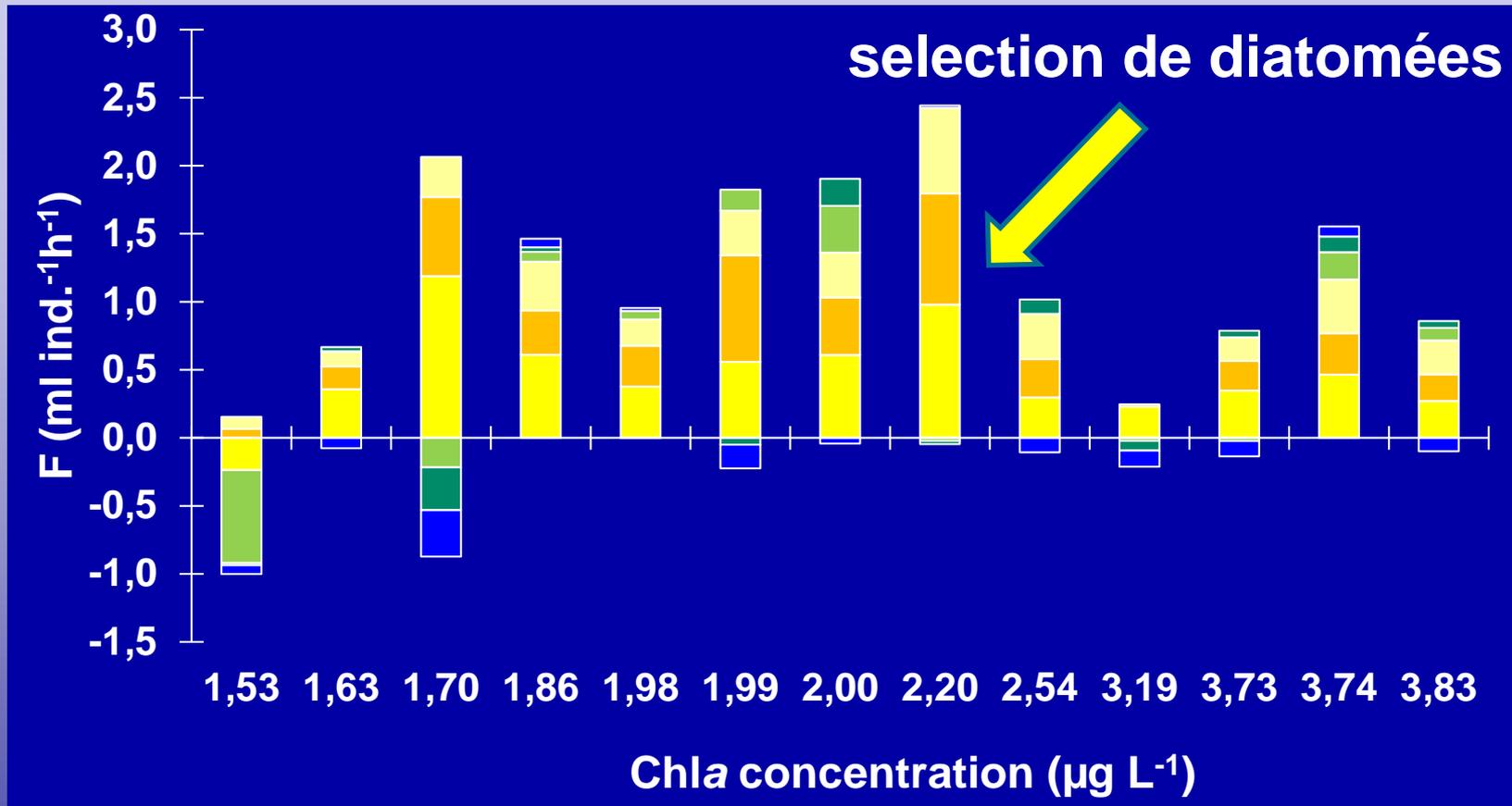
Relation entre la densité de biomasse du benthos et sa nourriture



System-averaged macrofauna biomass



E. Affinis adults : clearance rates



- Chl c
- Fucoxanthi
- Diadinoxanthi

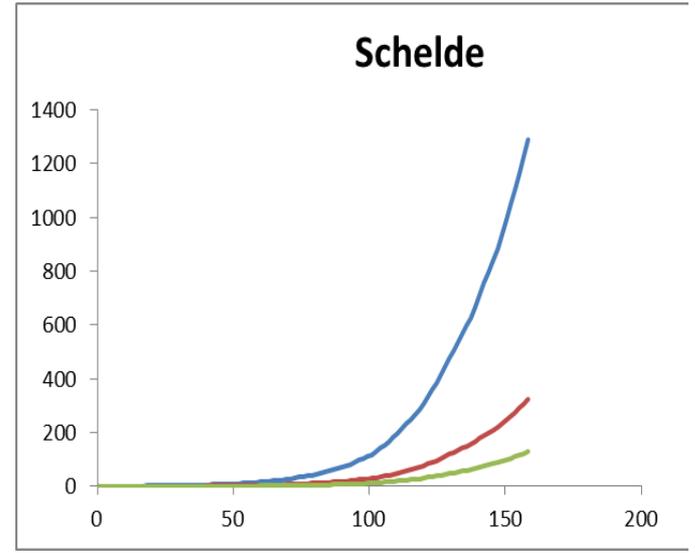
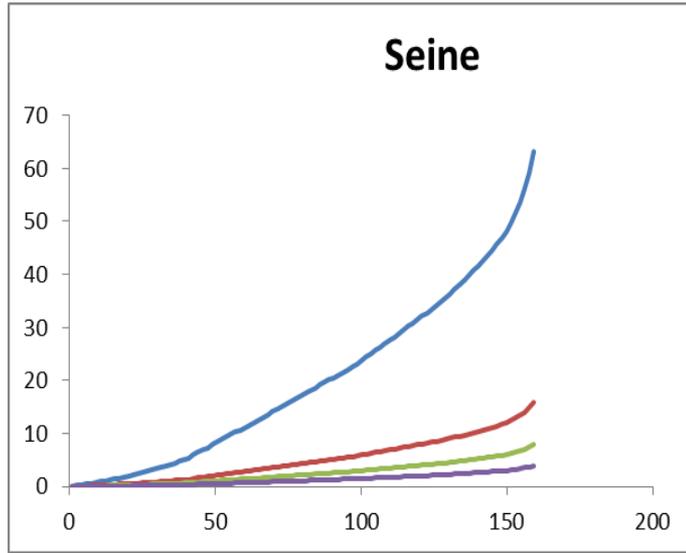
} Diatoms

- Violaxanthin*
- Lutein
- Alloxanthin

Green algae

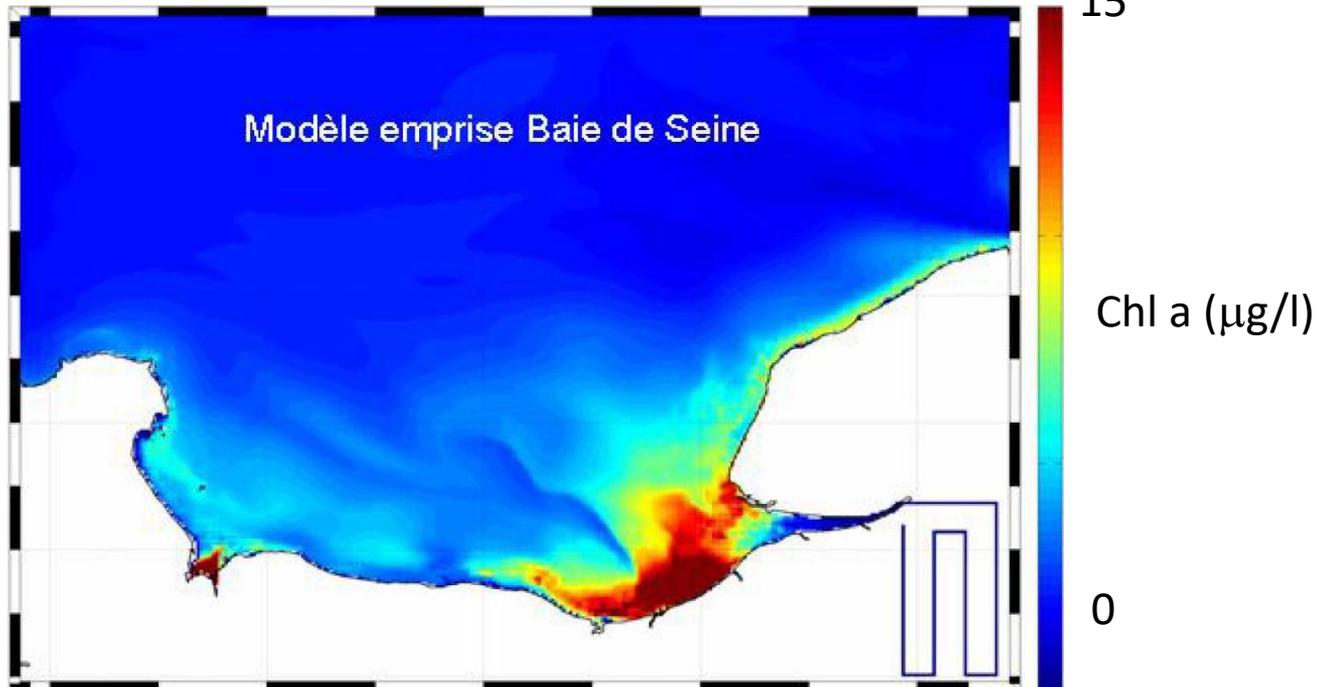
Cryptophytes

Temps de Residence (jours)



Poses

Melle



Billen et al.
Project RESET

Production primaire: facteurs et diagnostic

Le Havre

Tancarville

Rouen

Poses

Légende couleurs



Favorable

Plutôt favorable

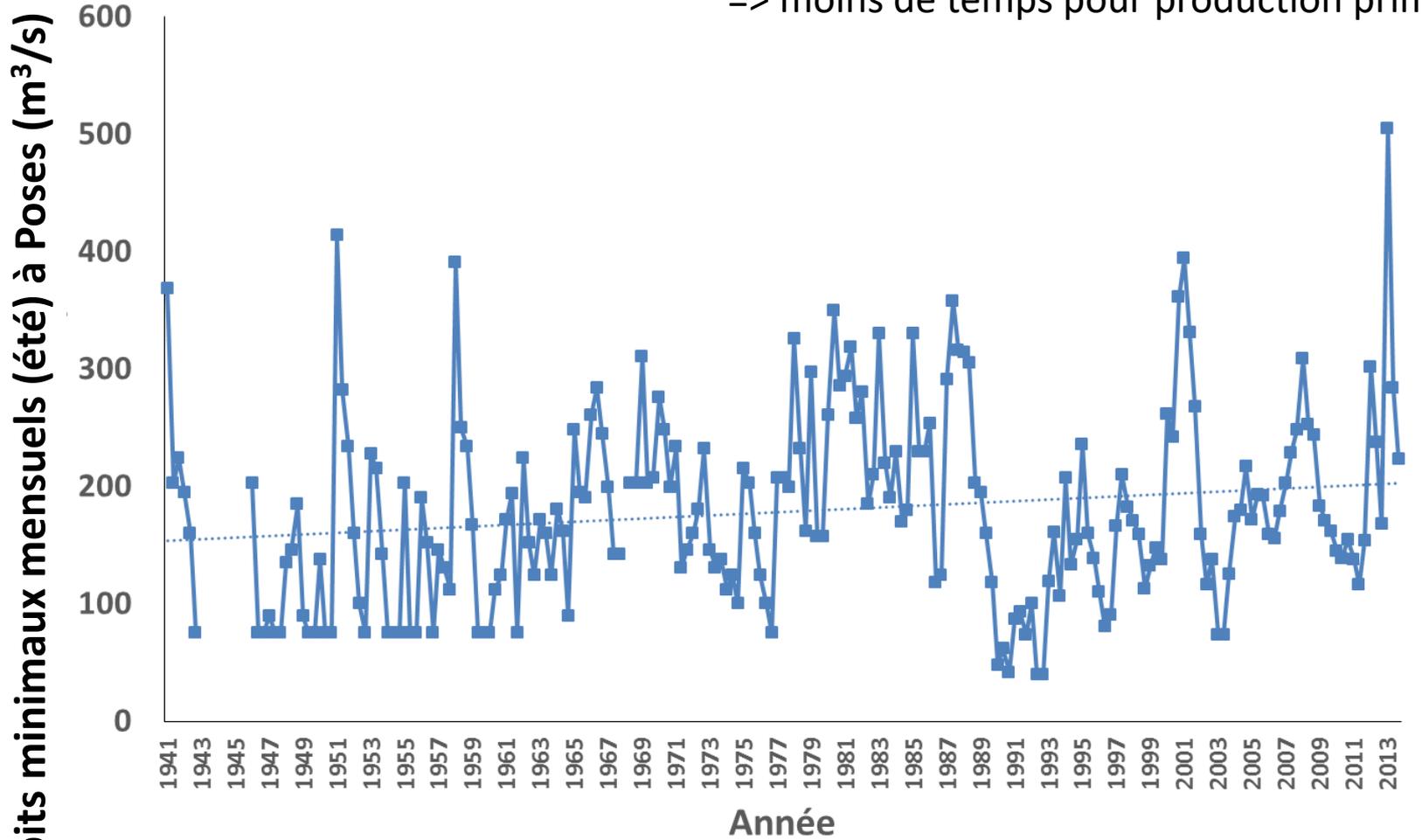
Médiocre

Pas favorable



$1/T_{res}$

Débits minimaux en été augmentent => raccourcissement du temps de résidence
=> moins de temps pour production primaire



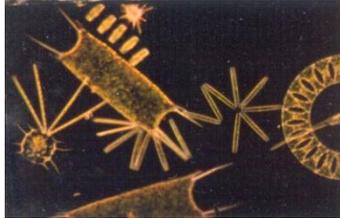
**Long-term hydrological changes of the Seine River flow
(France) and their relation to the North Atlantic
Oscillation over the period 1950–2008[†]**

Confirmé et prédit par:

Nicolas Massei,* Benoit Laignel, Julien Deloffre, Johanna Mesquita, Anne Motelay,
Robert Lafite and Alain Durand

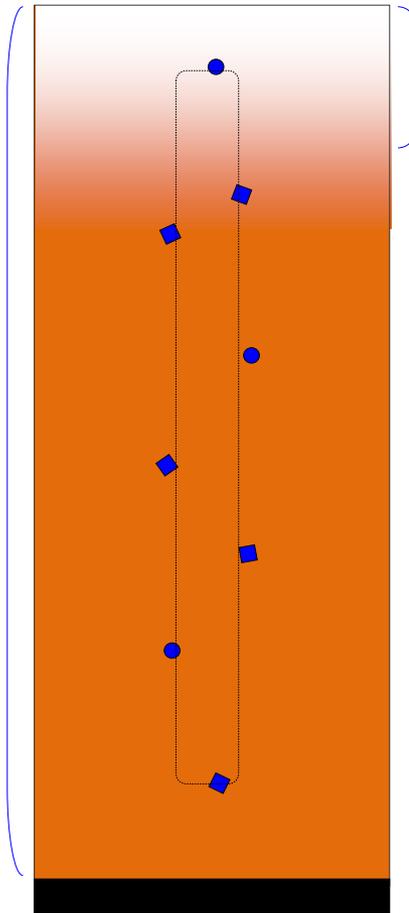
CNRS, UMR 6143 "Continental and Coastal Morphodynamics", University of Rouen, Department of Geology, 76821 Mont-Saint-Aignan Cedex,
France

Lumière phytoplankton



Profondeur
mixage

Z_m

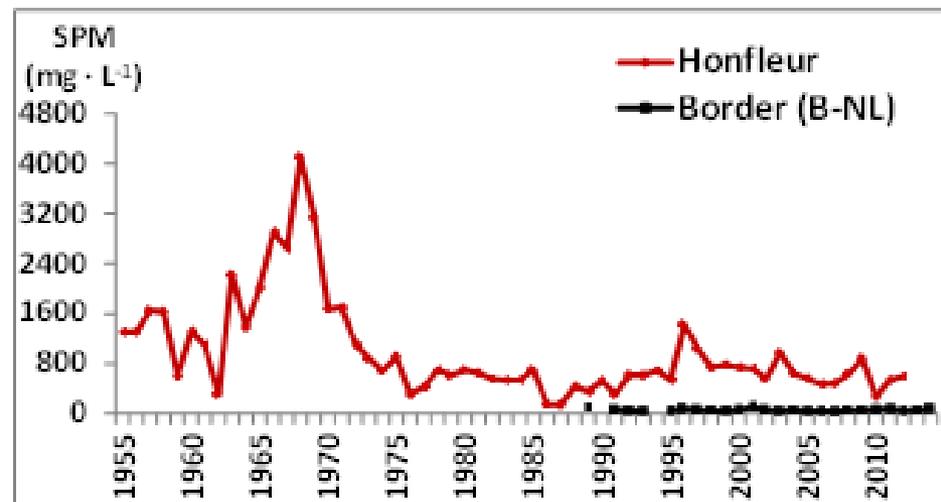
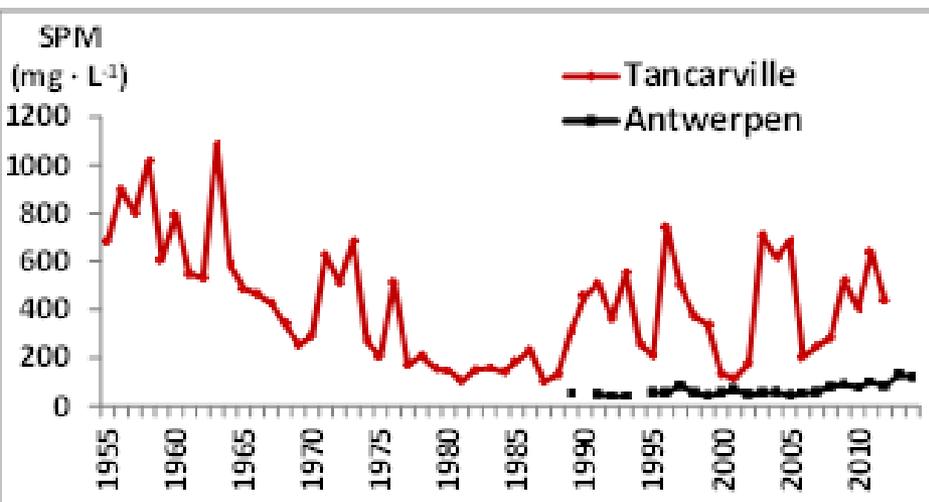
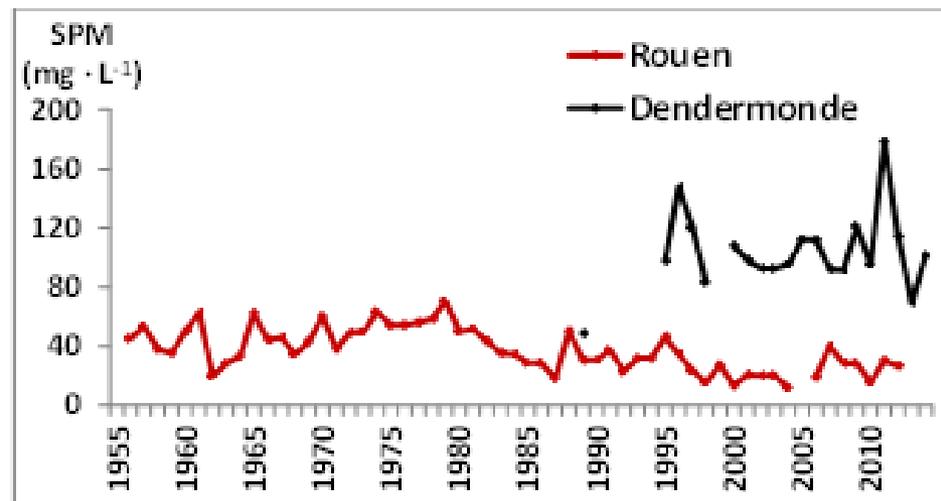
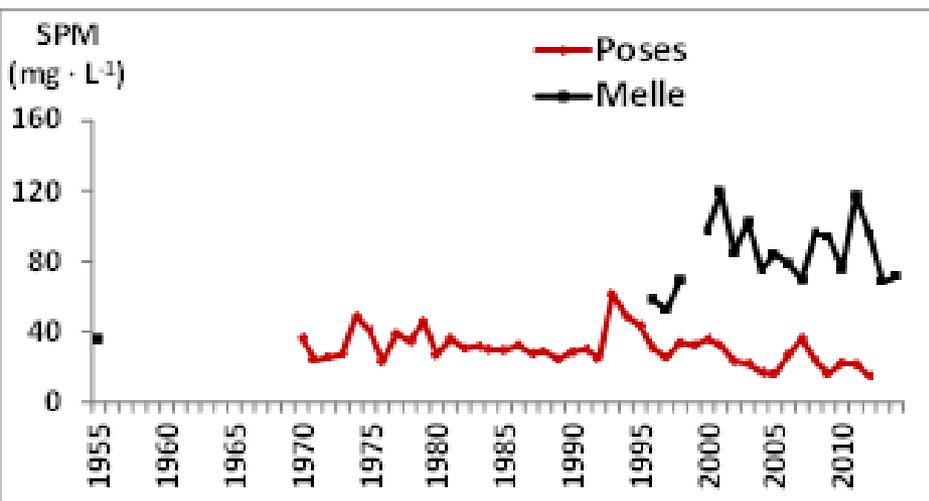


Z_p Profondeur photique < MES

Chance de survie

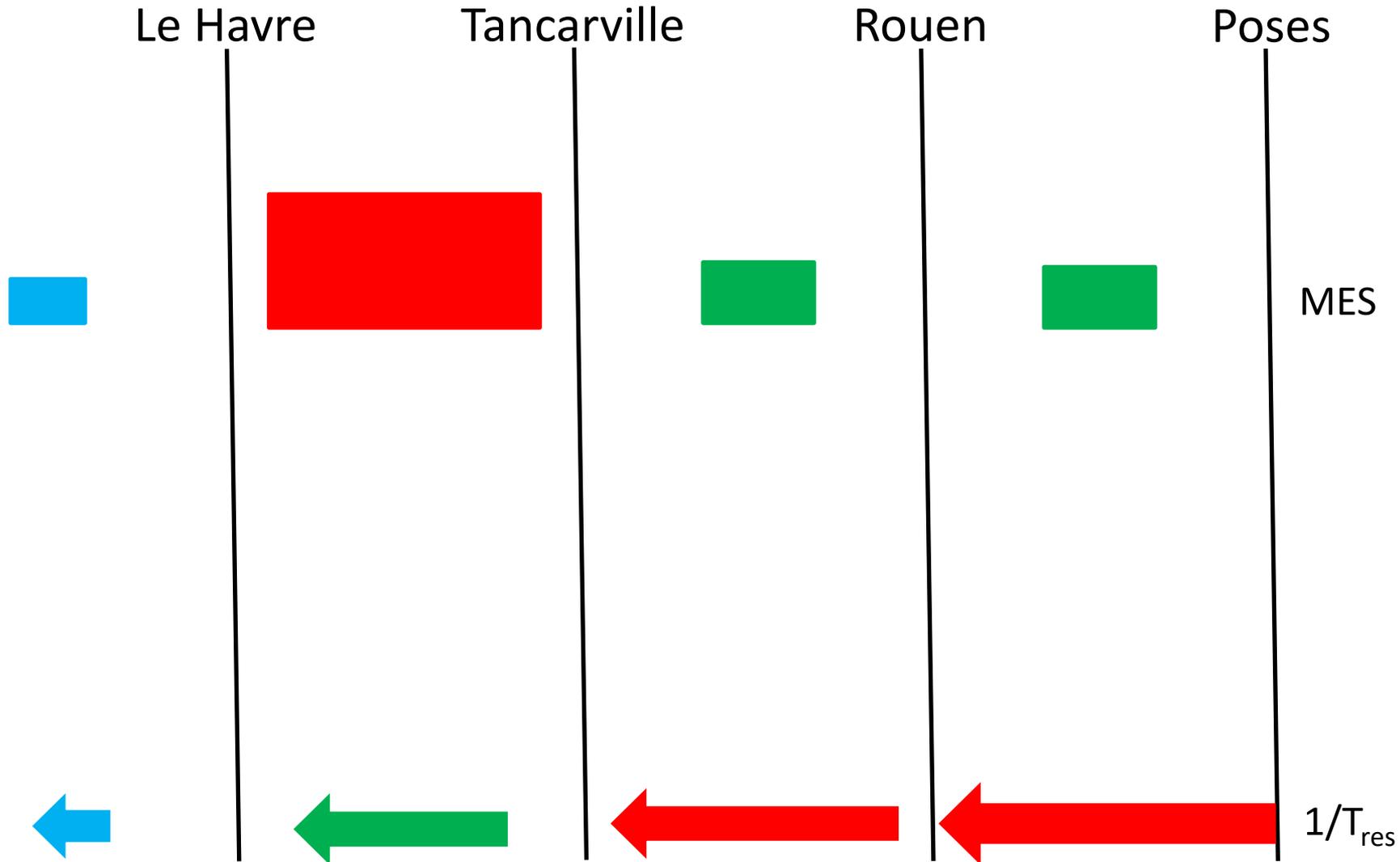
$$\sim Z_p/Z_m$$

MES (annuel)



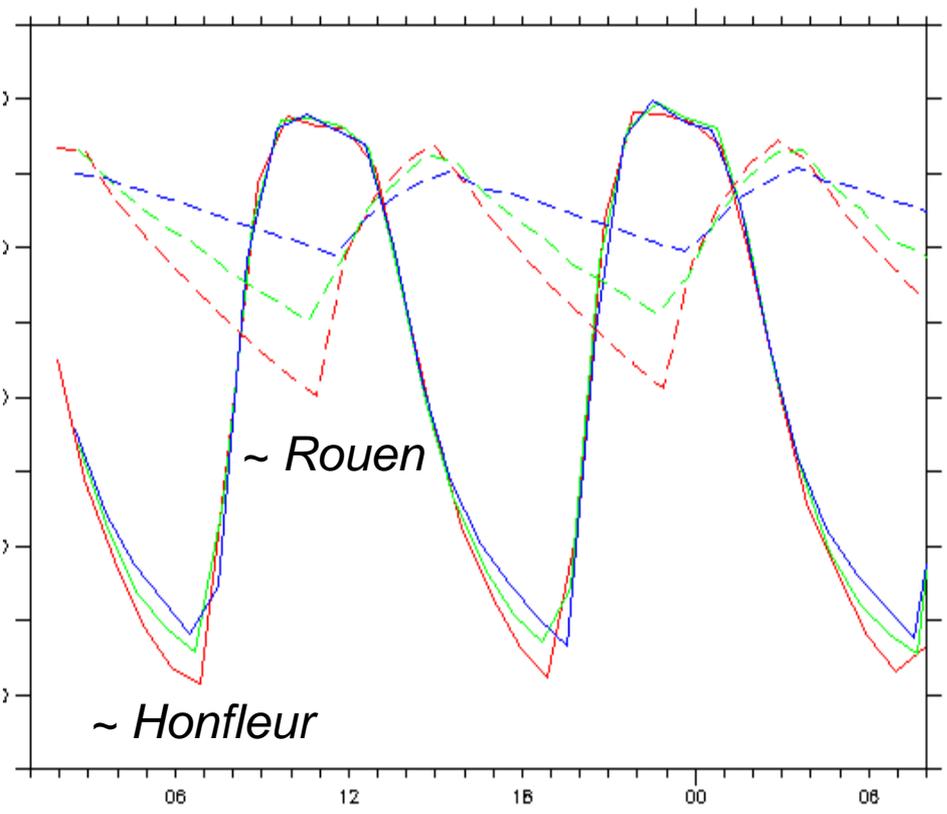
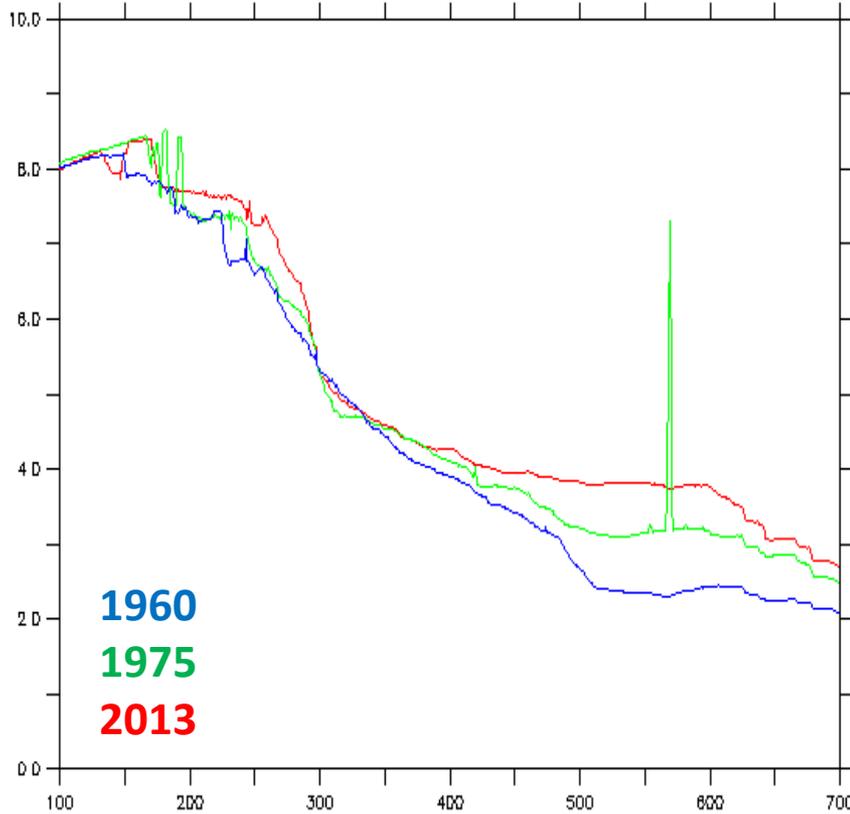
Baisse à Poses et Rouen attribuée à purification d'eau dans le bassin versant
Effet estuarien?

Production primaire: facteurs et diagnostic



Propagation de la marée dans l'estuaire de la Seine (m)

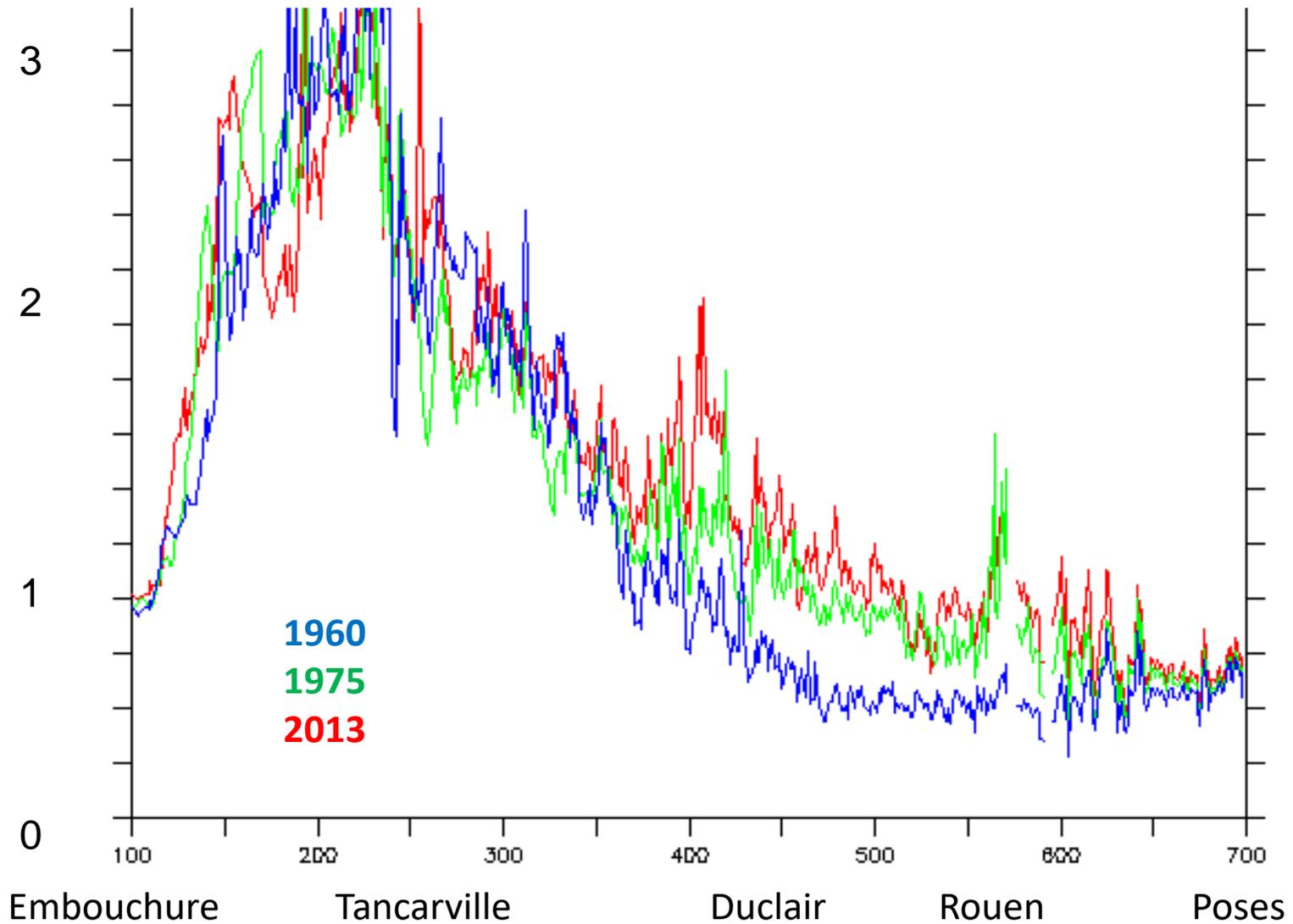
marée



Embouchure Duclair Poses

Remuage plus accentué de MES à Rouen par les flots de marée?

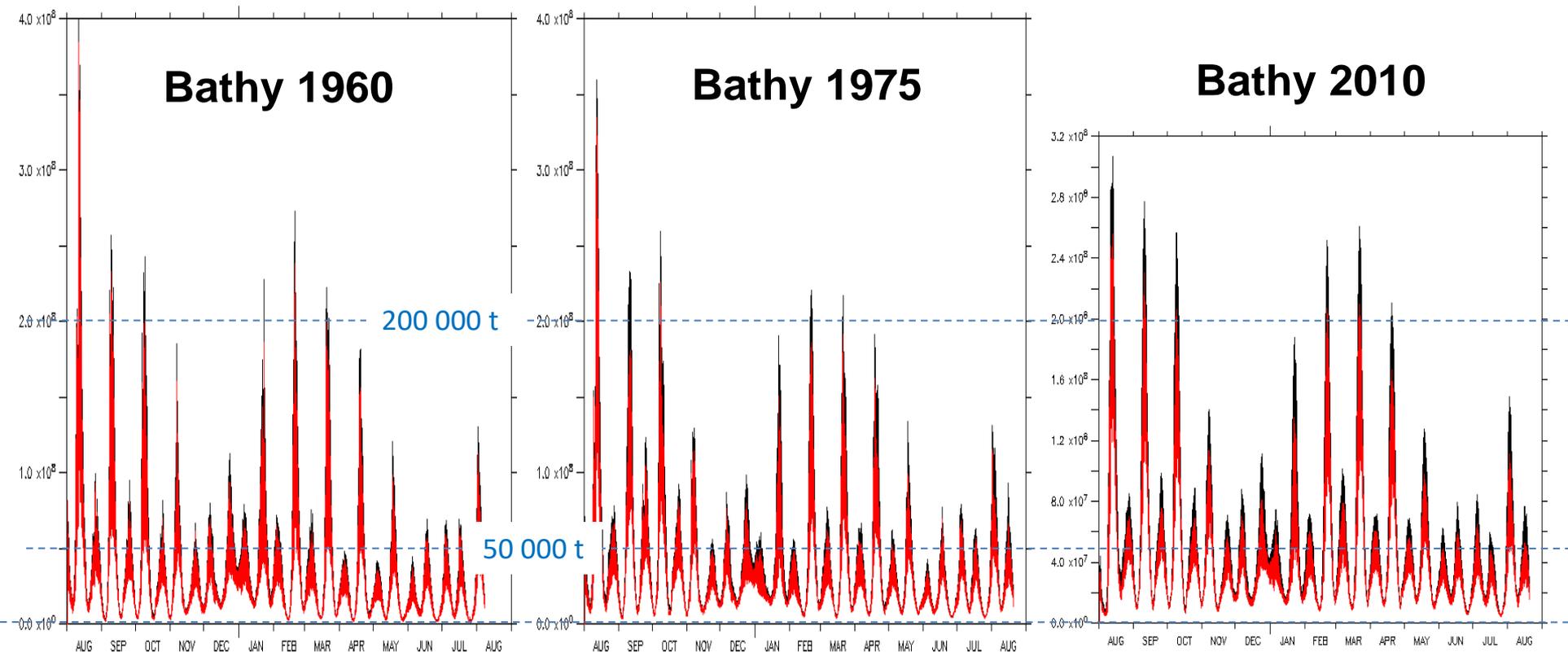
Courant maximal en VE étiage (m/s)



Plus de drainage de MES et de PP par les vitesses élevées?

Masse du bouchon vaseux pour des simulations sans vague

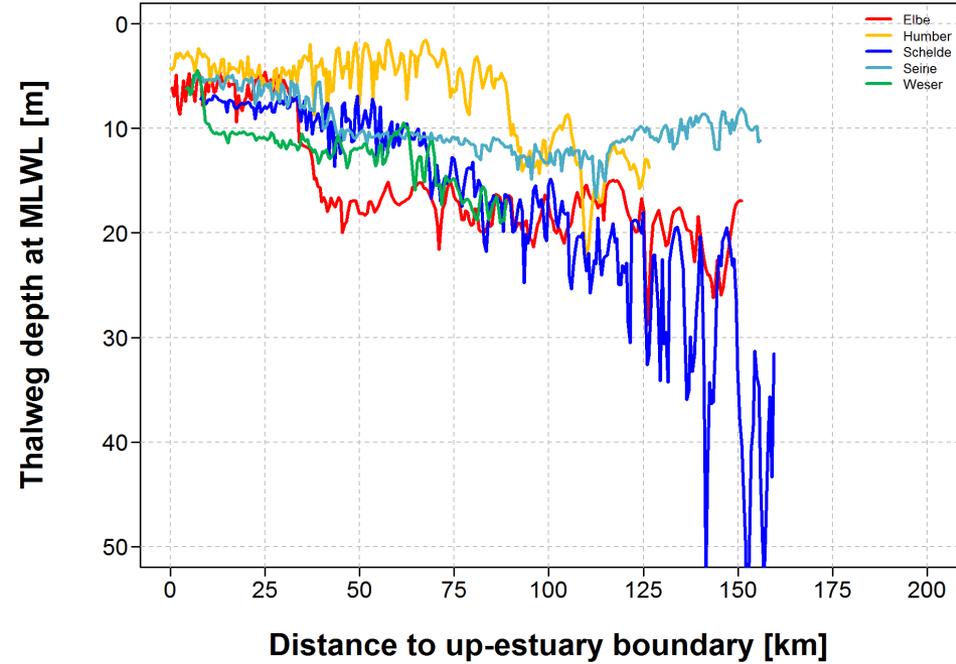
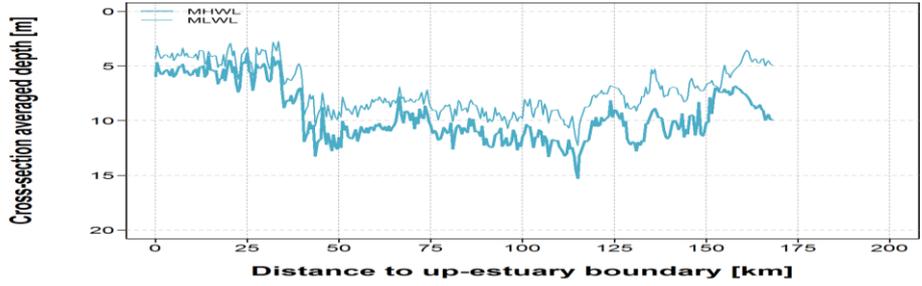
emprise : entre la côte du Calvados et l'entrée du port du Havre, depuis l'engainement jusqu'à Caudebec (en rouge : limitée à l'ouest par « balise A »)



pour toutes les simulations, marée, vents et débits de l'année Aout 2010-juillet 2011

En 1960 : décantation supérieure en morte eau ; 1975 : intermédiaire

Profondeur Z_m



Mixing depth:

= average depth per section at average tidal level?

or

= average depth per section at average level calculated as $(LT + HT)/2$?

What is the ratio average depth vs thalweg depth per section for all estuaries?

Production primaire: facteurs et diagnostic

Le Havre

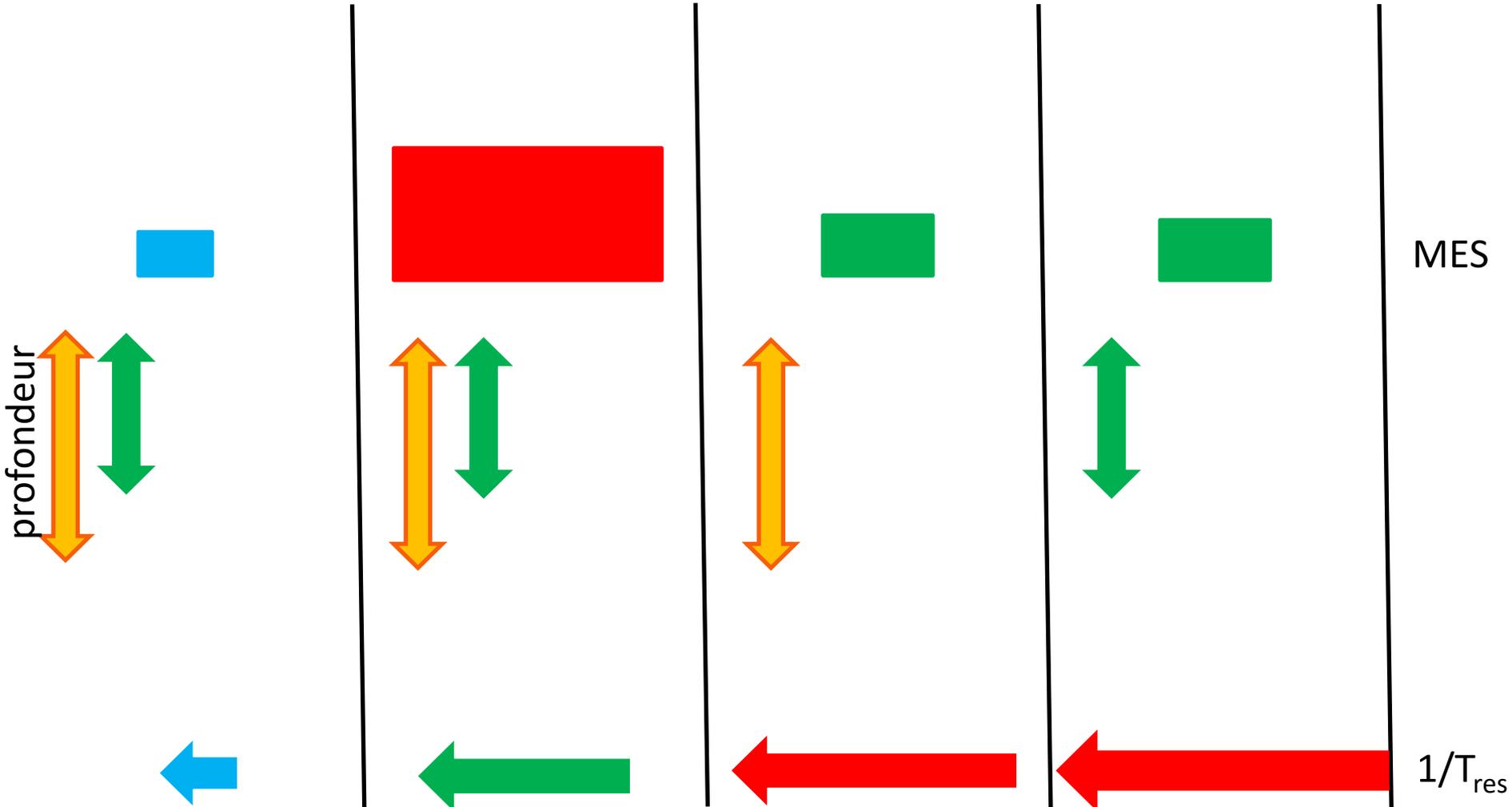
Tancarville

Rouen

Poses

MES

$1/T_{res}$



Production primaire: facteurs et diagnostic

Le Havre

Tancarville

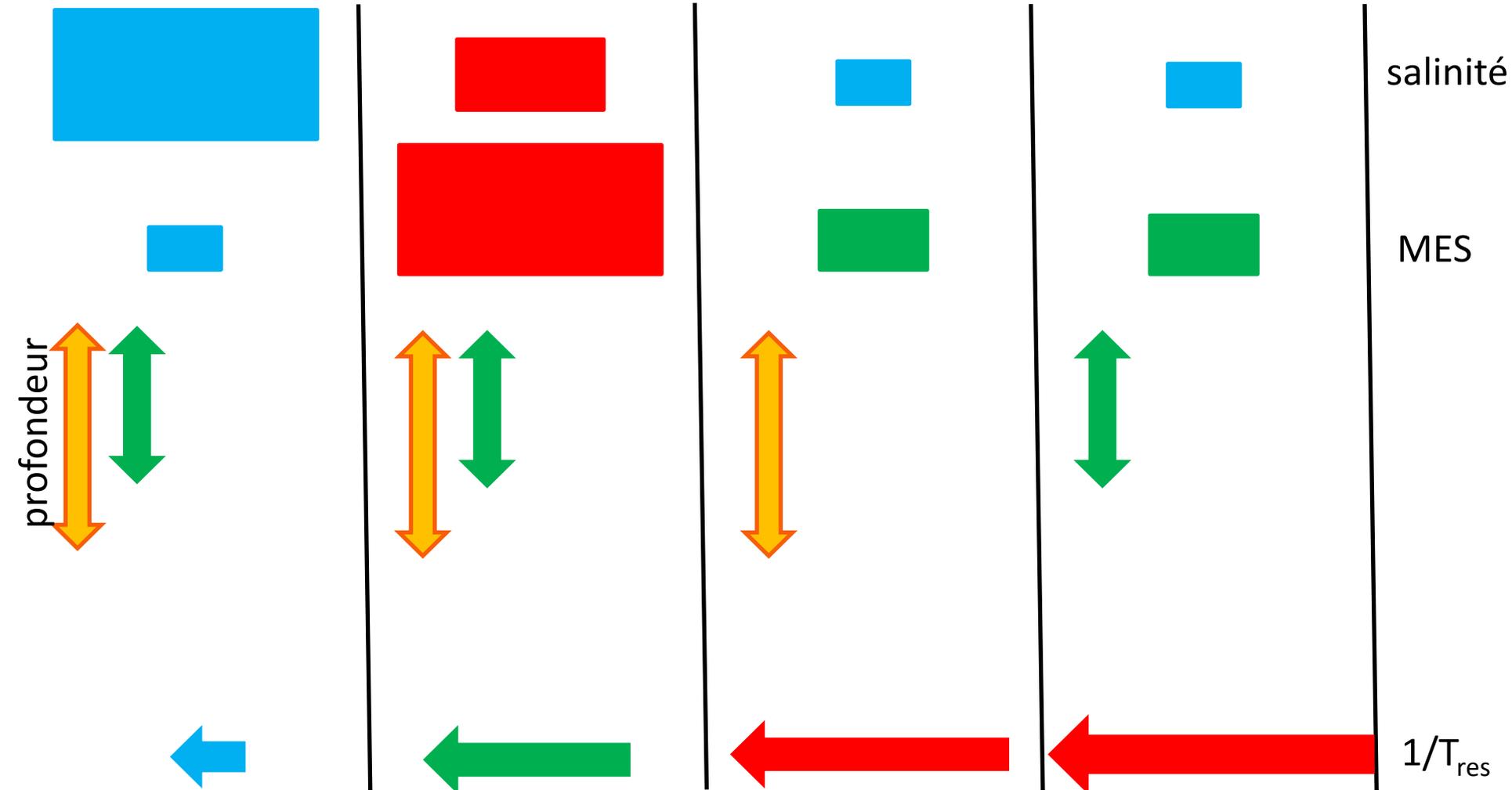
Rouen

Poses

salinité

MES

$1/T_{res}$

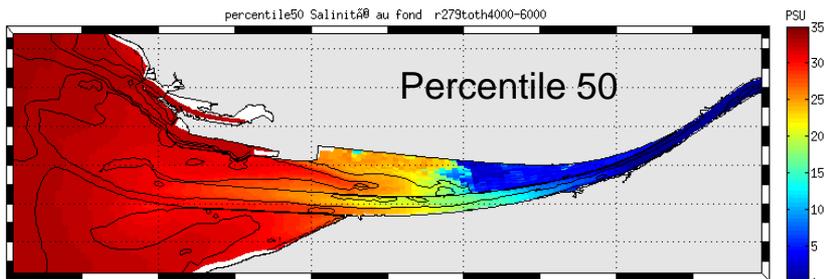
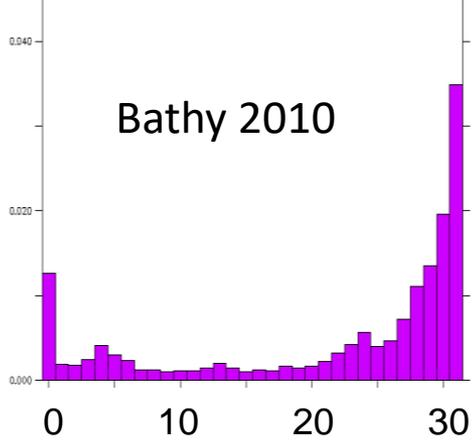
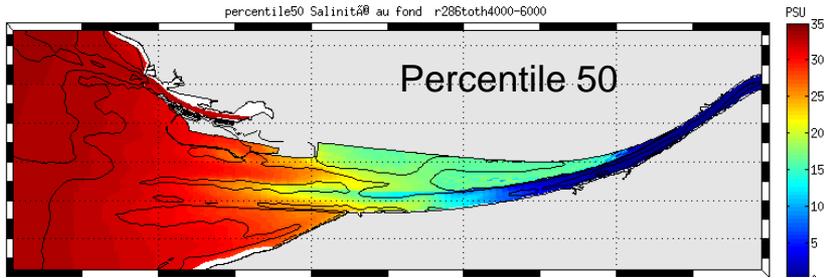
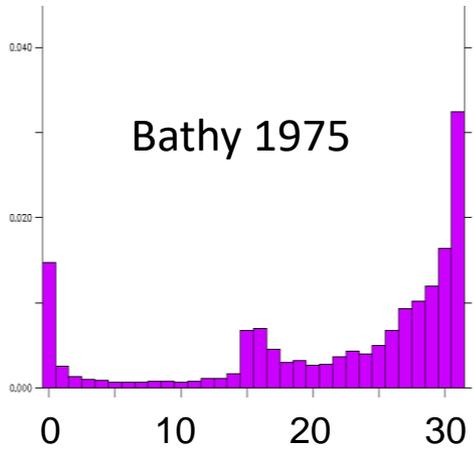
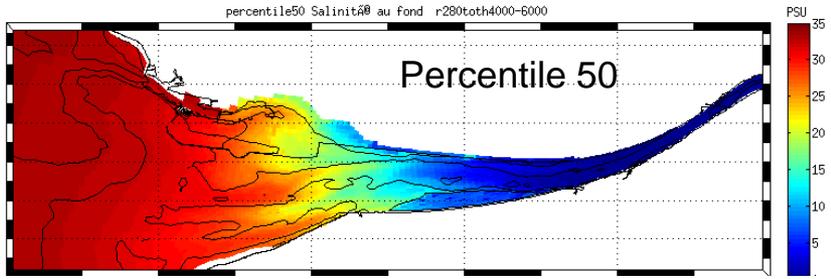
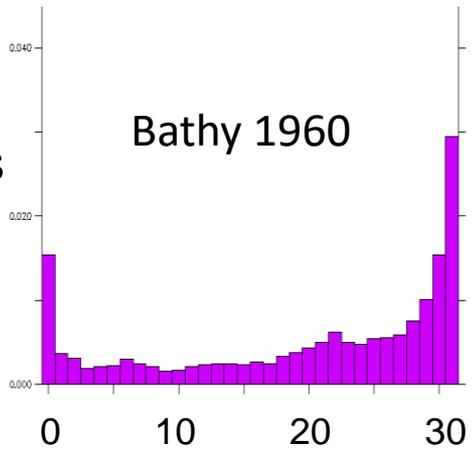


Histogramme des salinités

(pondérées par les surfaces des mailles)

14 janvier au 8 avril 2011
(H 4000 à 6000)

Distribution des salinités intermédiaires mieux répartie en 1960
=> Effet sur PP ?



Production primaire: facteurs et diagnostic

Le Havre

Tancarville

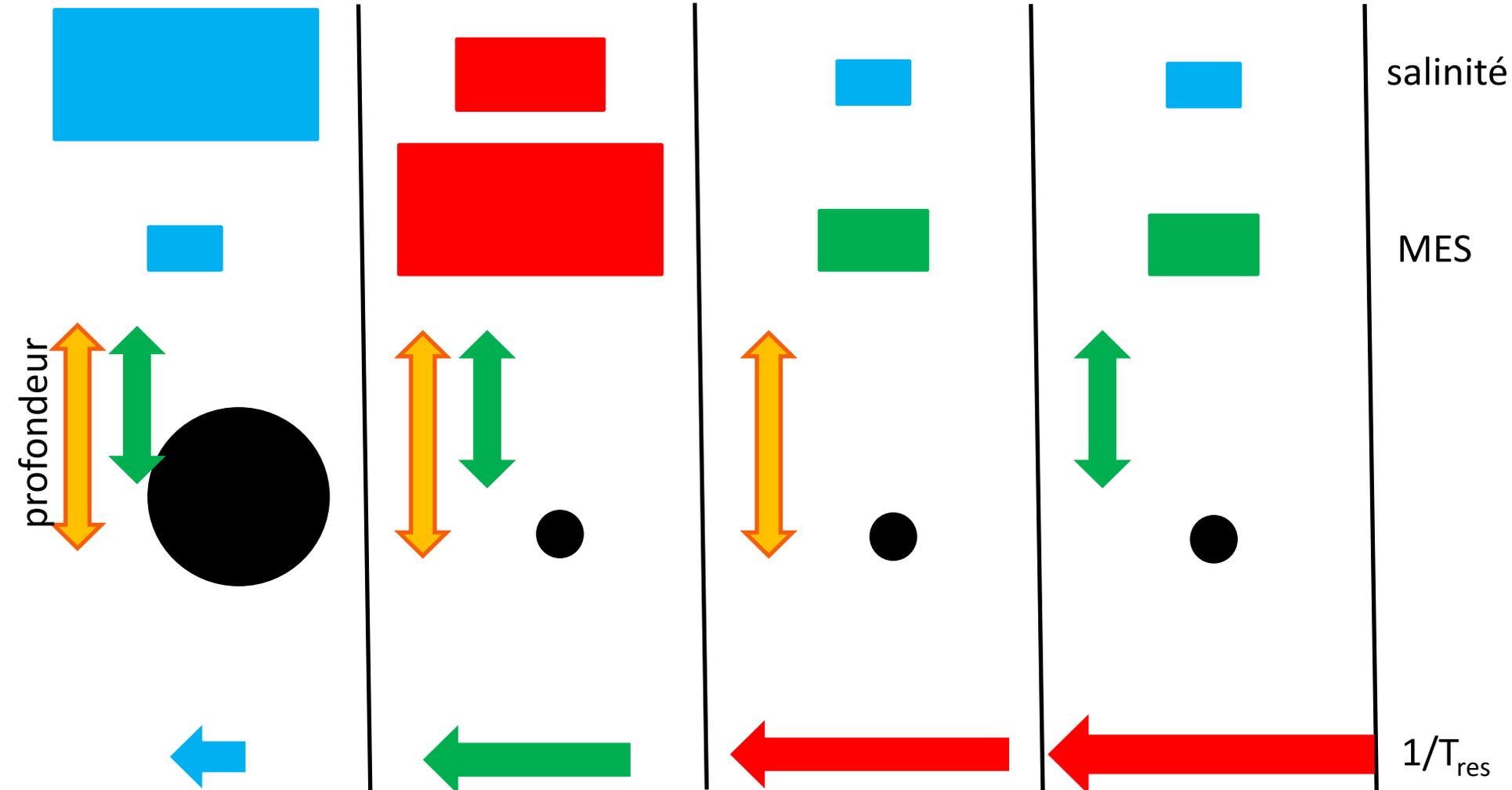
Rouen

Poses

salinité

MES

$1/T_{res}$



Production primaire: facteurs et diagnostic

Le Havre

Tancarville

Rouen

Poses

salinité

MES

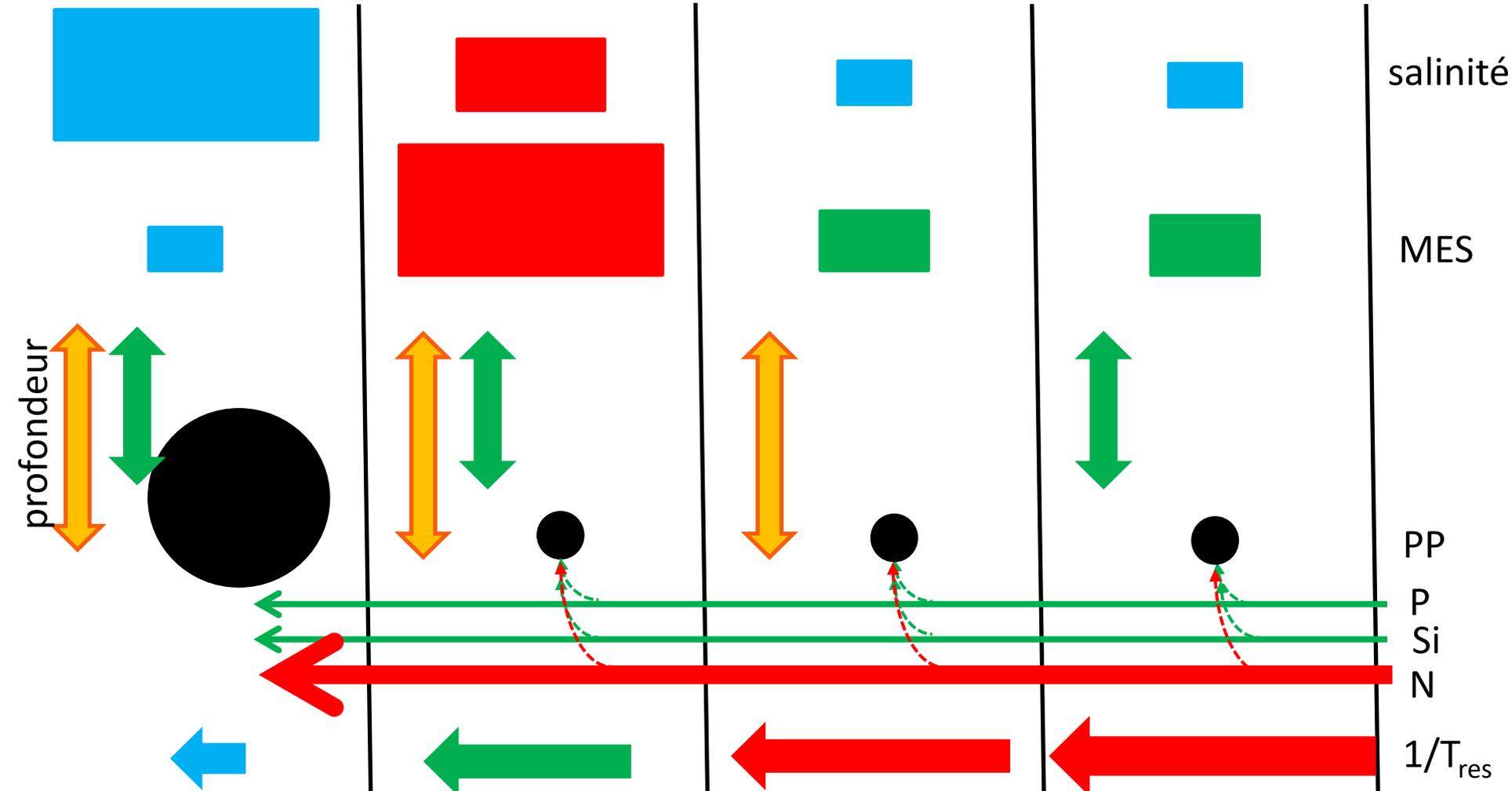
PP

P

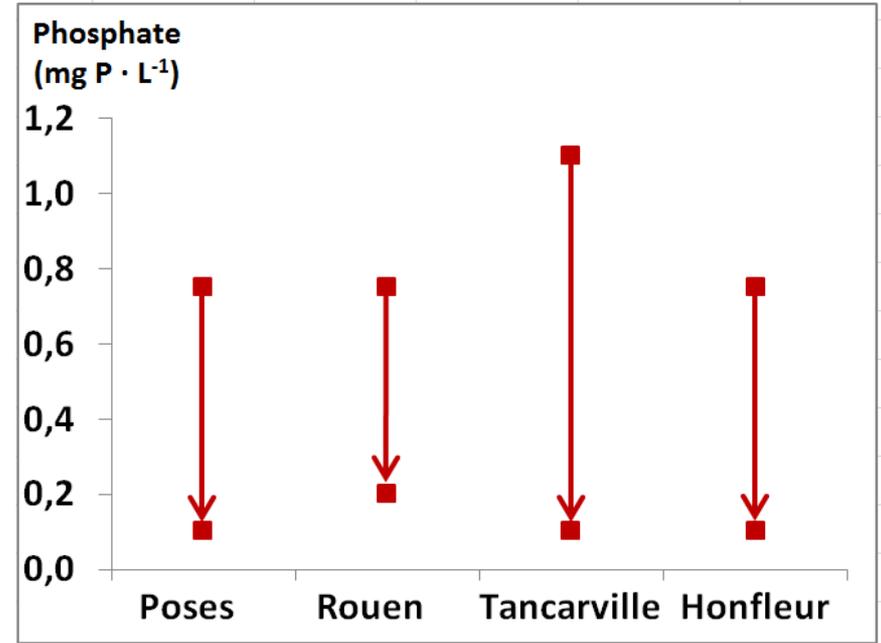
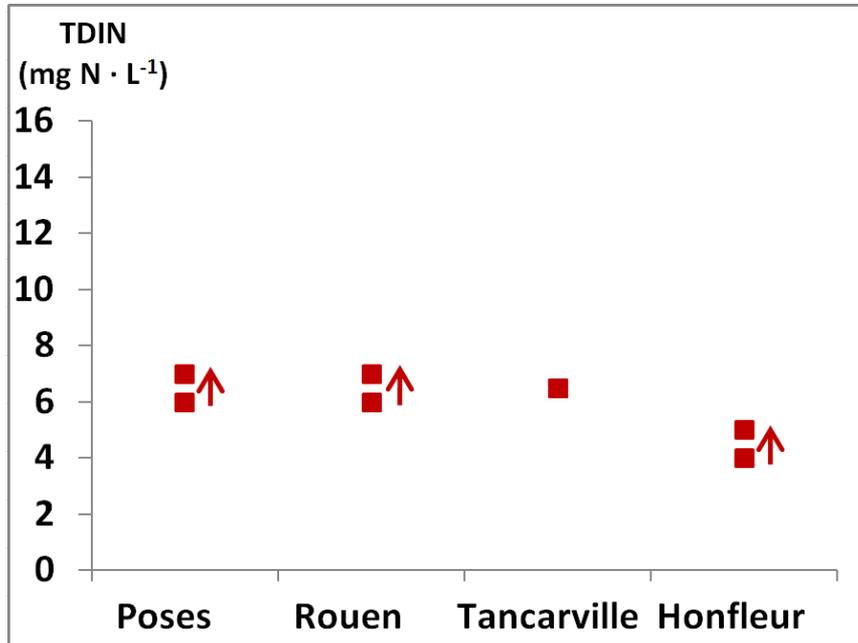
Si

N

$1/T_{res}$



Diachronie nutriments



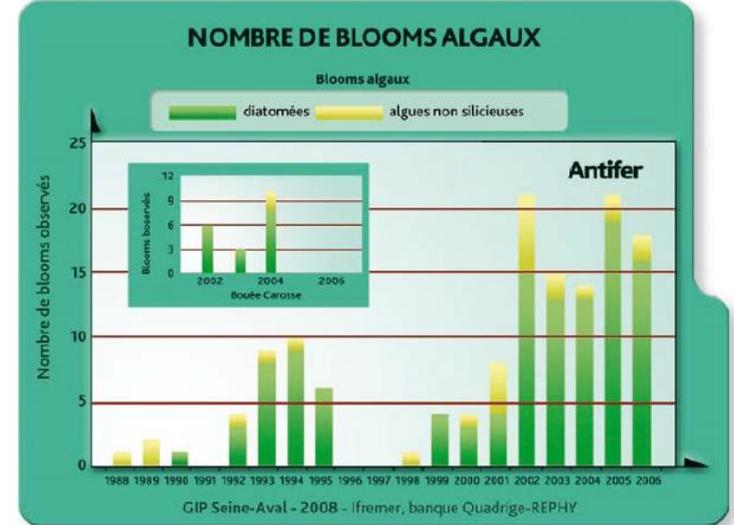
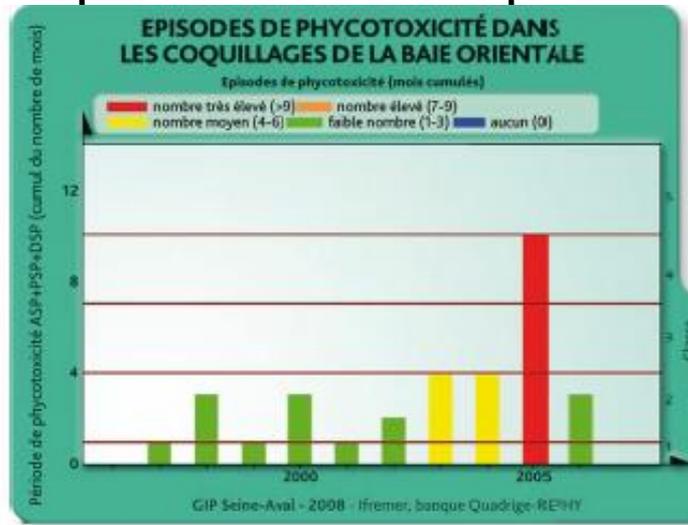
Production primaire: Diagnostic Baie

Le Havre

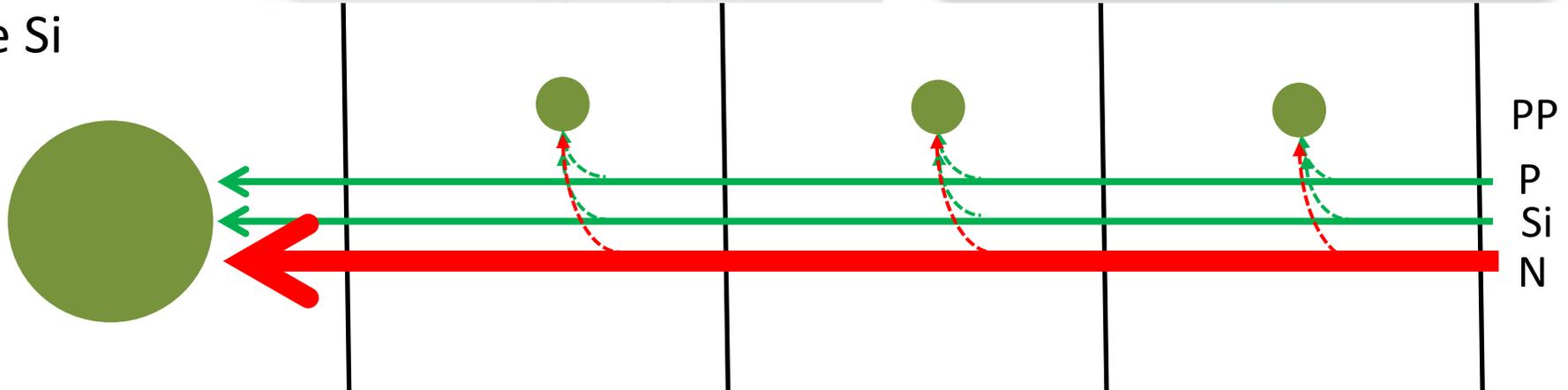
Tancarville

Rouen

Poses



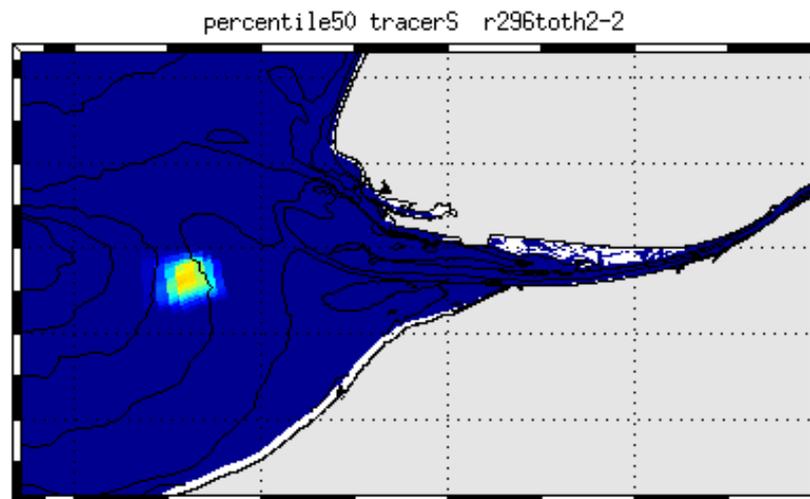
épuisement de Si



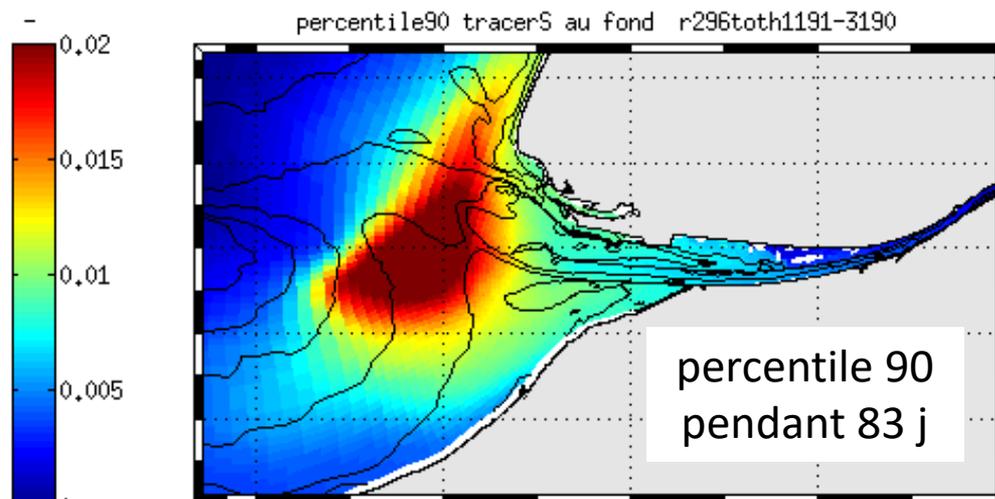
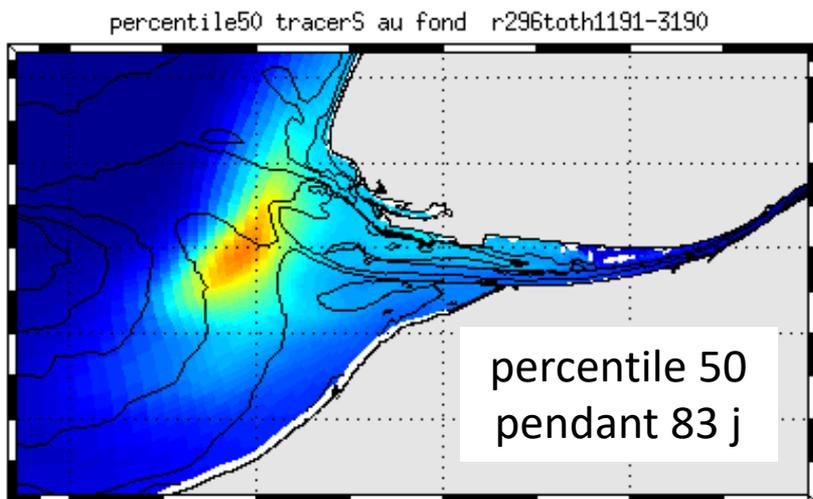
Devenir d'un traceur conservatif

« lâcher » continu de 55 /s
à l'ouest de l'embouchure

*Représente une potentielle alimentation
de l'embouchure par une production en
baie de Seine*



Concentration près du fond

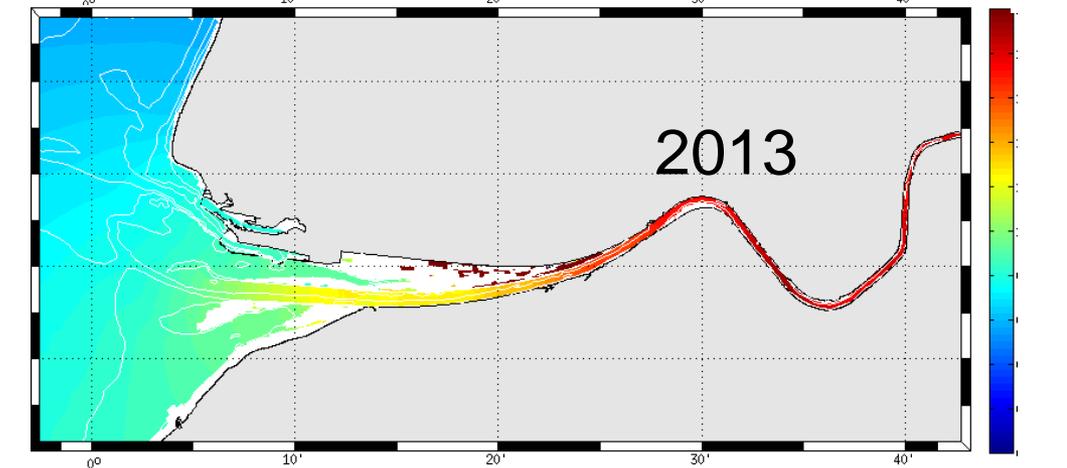
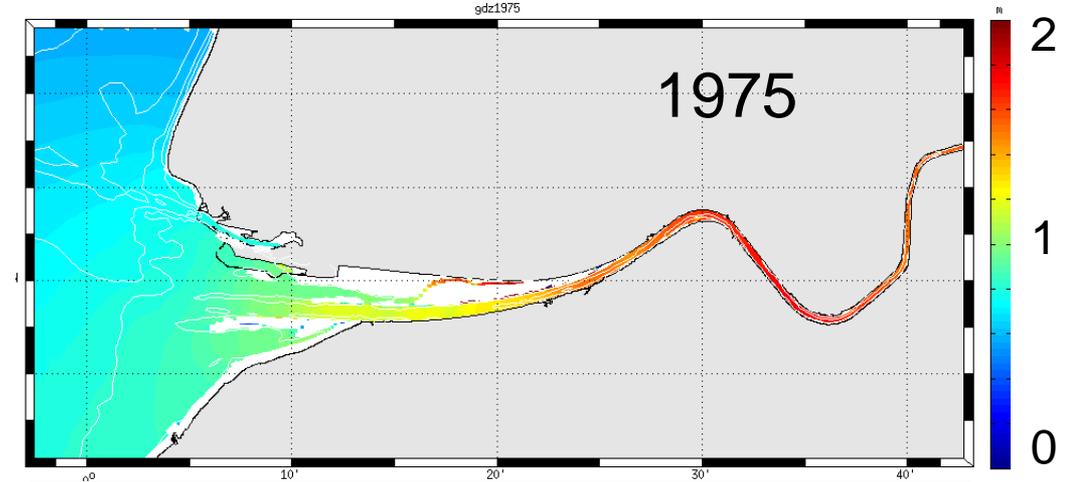
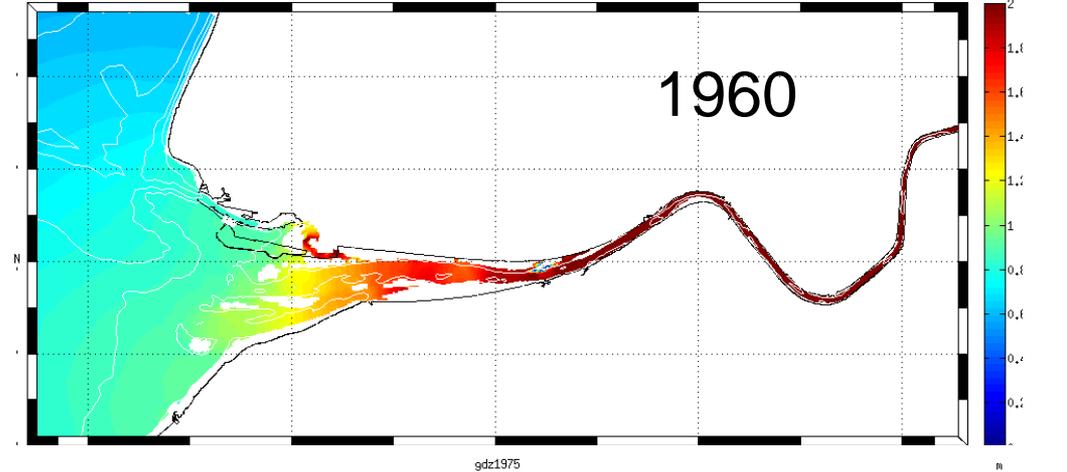


Asymétrie de la marée

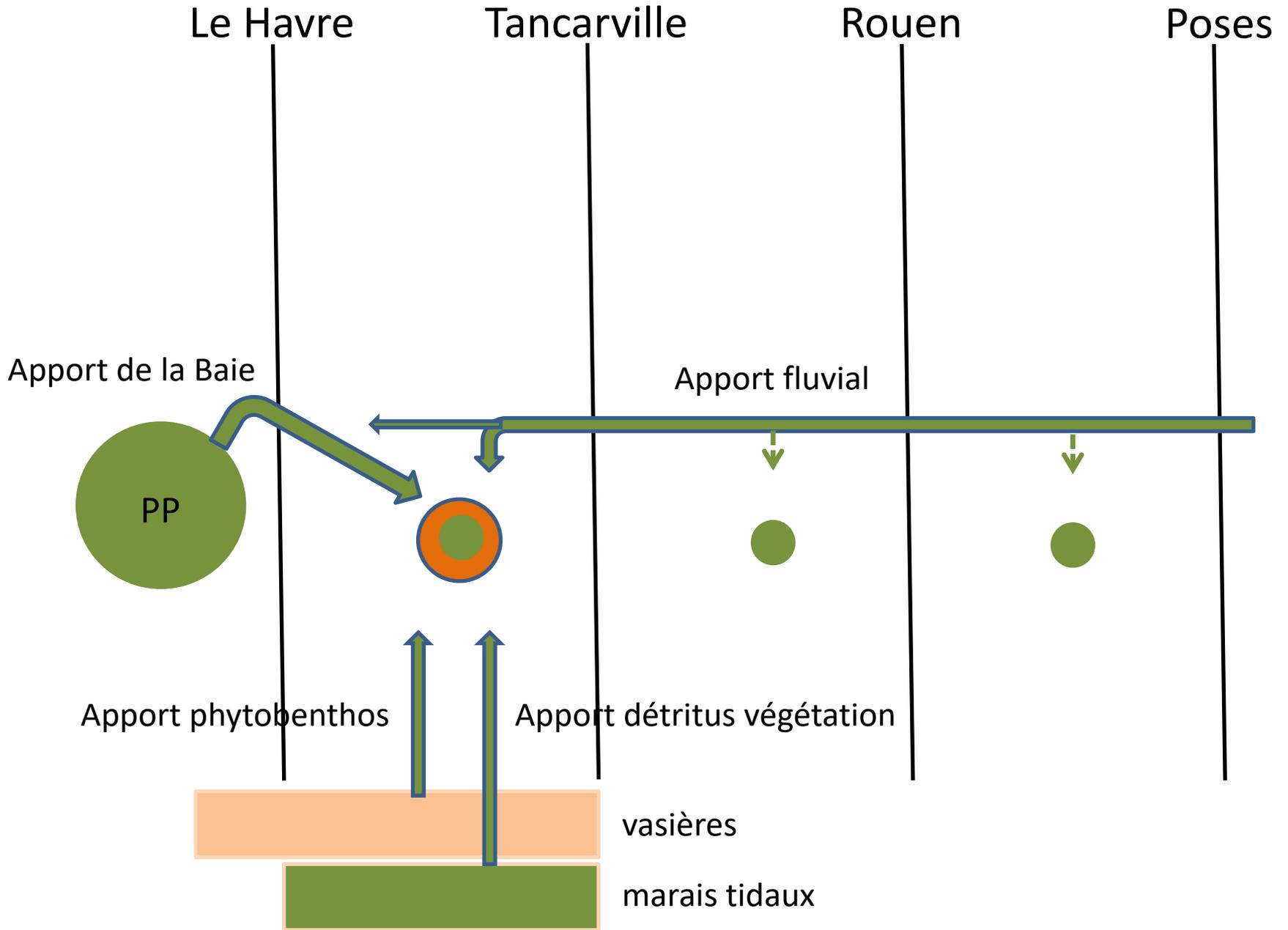
$$= Mo_3 / Mo_2^{3/2}$$

$$\text{où } Mo_i = \sum_N (\delta z / \delta t)^i / (N-1)$$

Nidziko & Ralston, 2012



Macrozoobenthos: nourriture



Macrozoobenthos

Le Havre

Tancarville

Rouen

Poses



Benthos

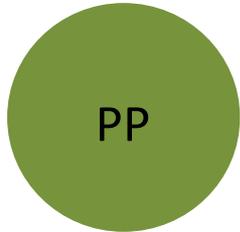


Nourriture: ok

ok?

Trop peu

Trop peu



PP



Surface Habitat: ok

ok?

Trop peu

Trop peu

Qualité Habitat: ok

ok?

Trop dynamique

Trop dynamique

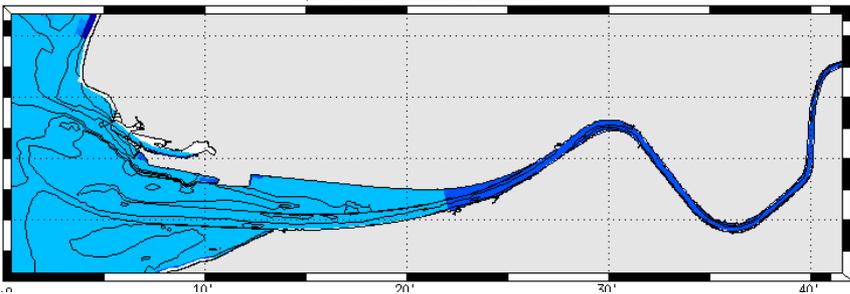


vasières

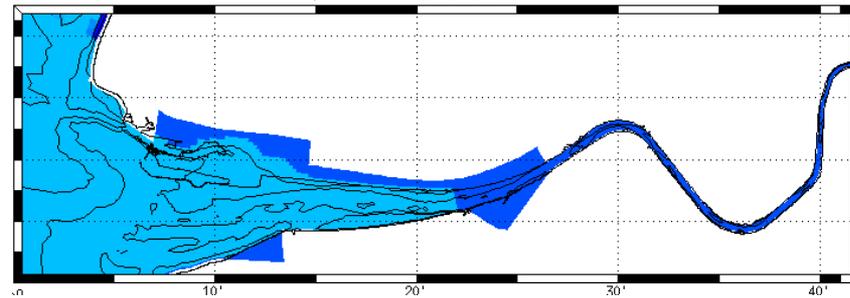


marais tidaux

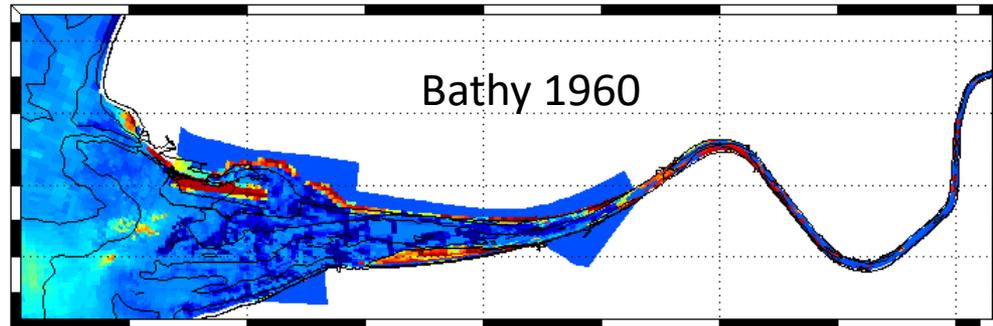
percentile90 fracvas r279toth12-12



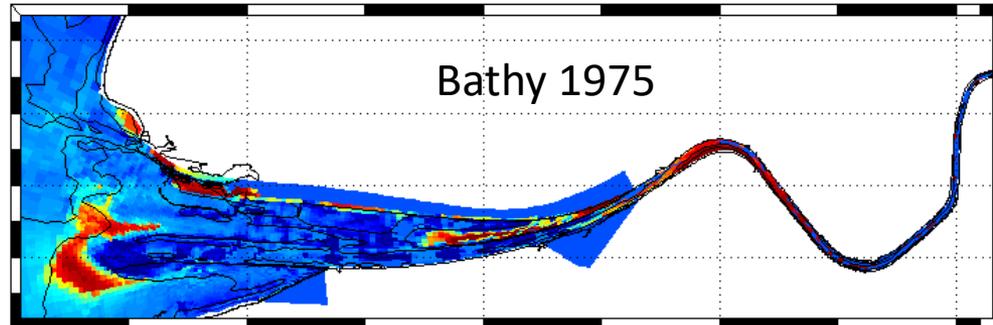
percentile90 fracvas r280toth12-12



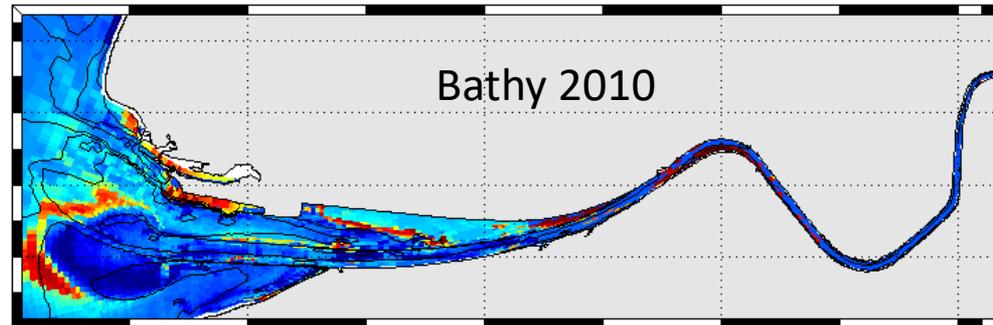
percentile90 fracvas r280toth8704-8754



percentile90 fracvas r286toth8704-8754



percentile90 fracvas r279toth8704-8754

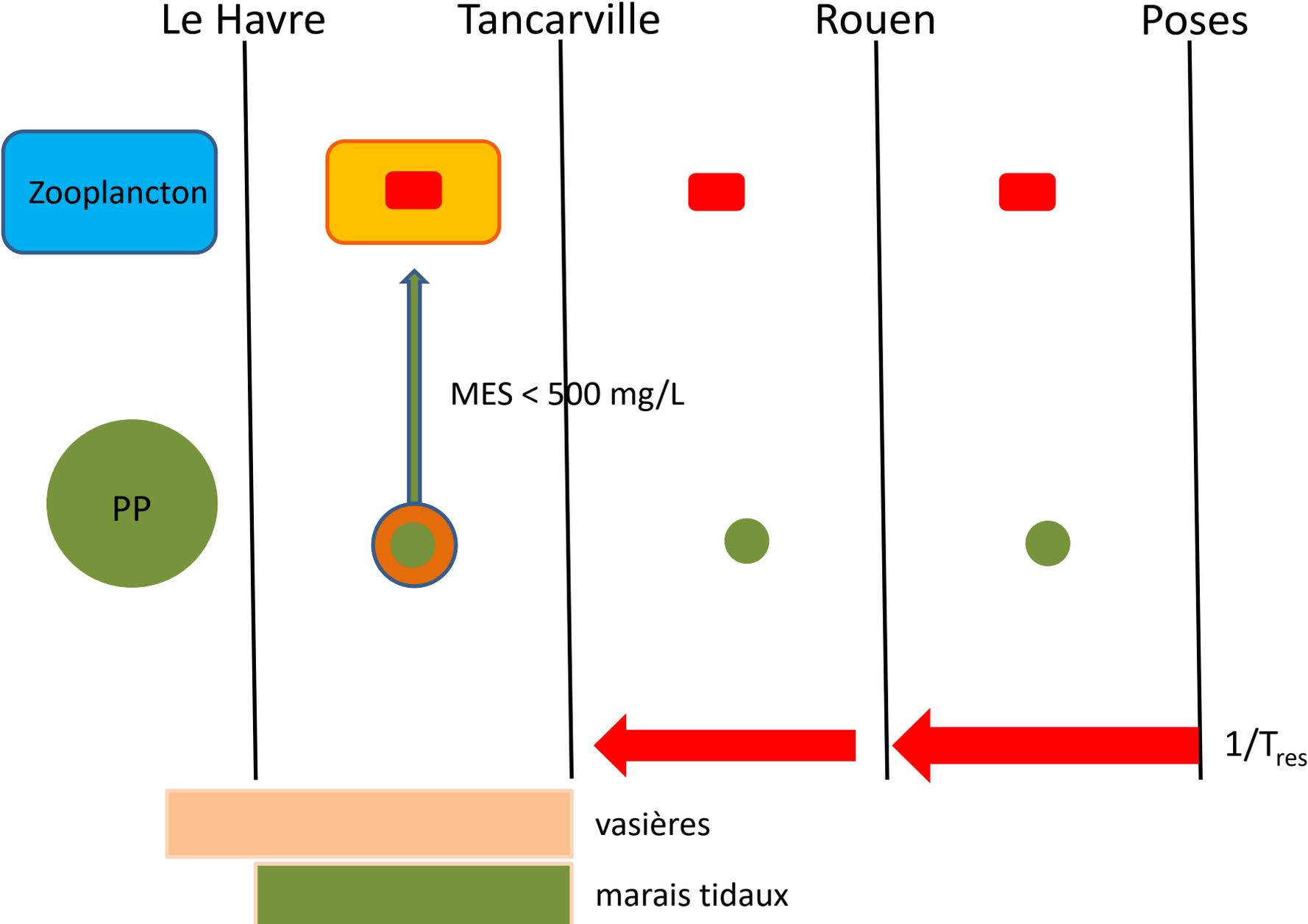


Fraction de vase

- Distribution initiale uniforme
- Relation avec qualité de habitat benthos = ?

Distribution après 1 ans

Zooplancton



Poissons

Le Havre

Tancarville

Rouen

Poses

Zooplancton

Benthos



Habitat = ?

Toxicité: ?



vasières

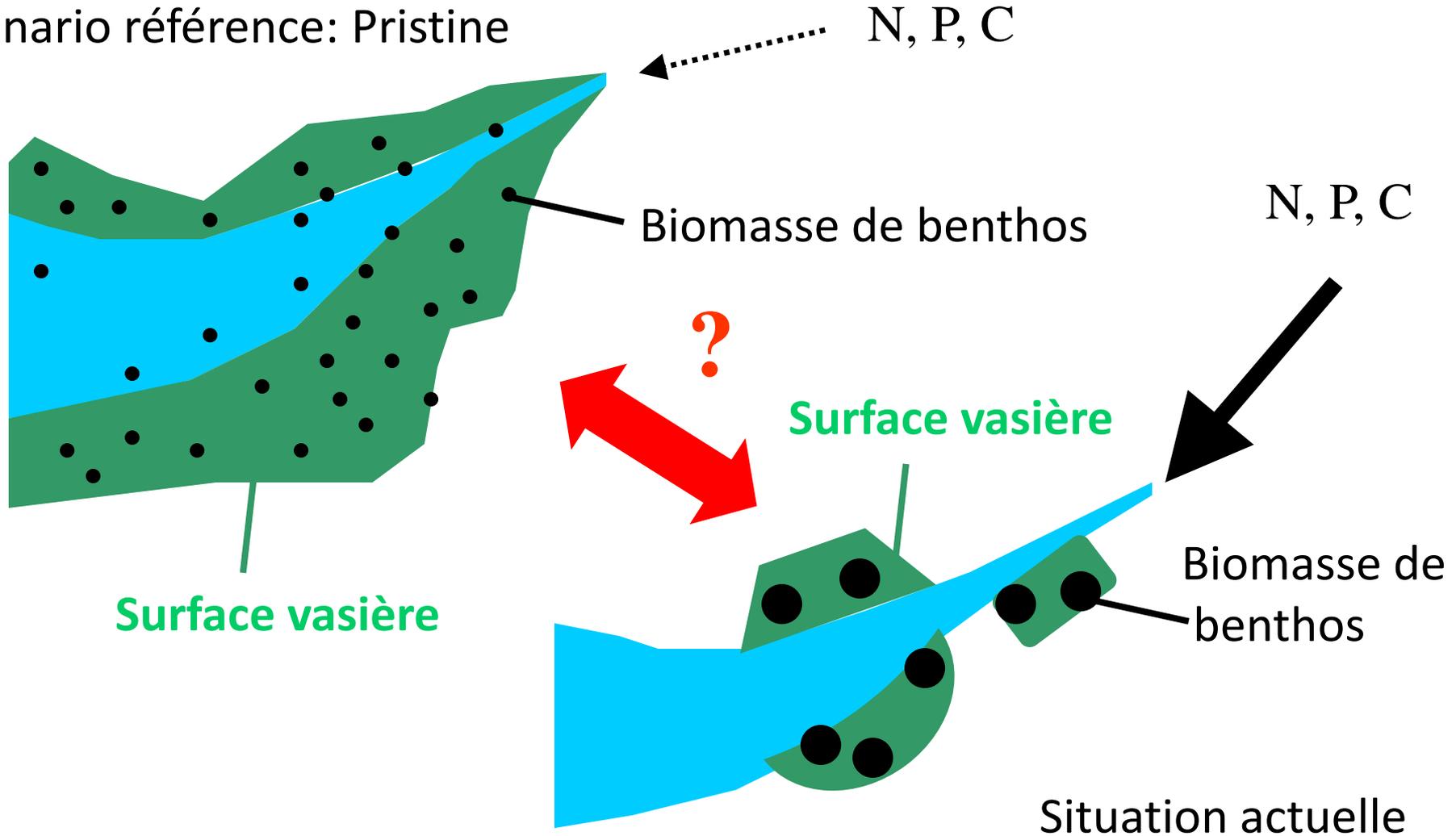


marais tidaux

Leviers de gestion

Echelle systémique: surface vasières

Scénario référence: Pristine



Leviers de gestion

Echelle systémique: surface marais tidaux

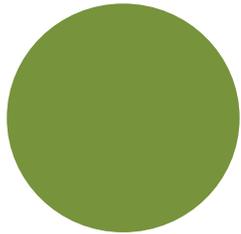
Le Havre

Tancarville

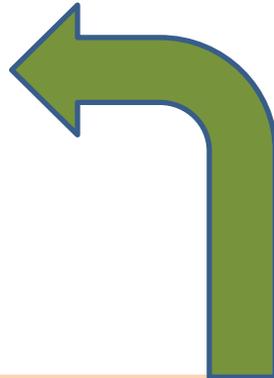
Rouen

Poses

Epuisement
de Si

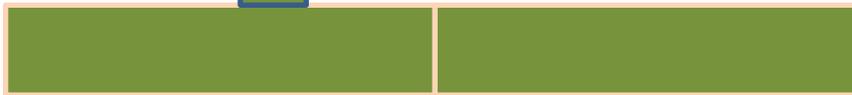


DSi

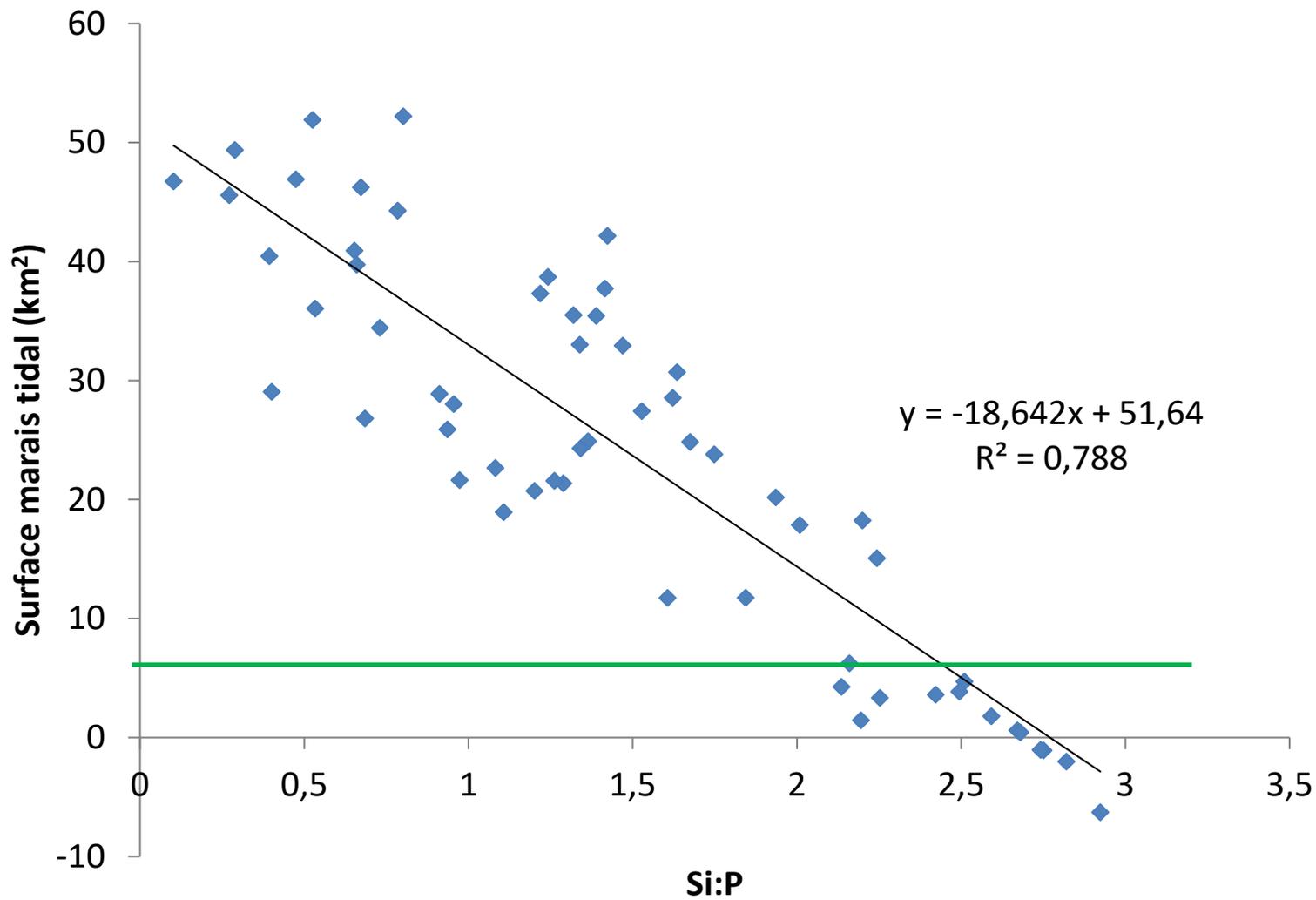


?

marais tidaux

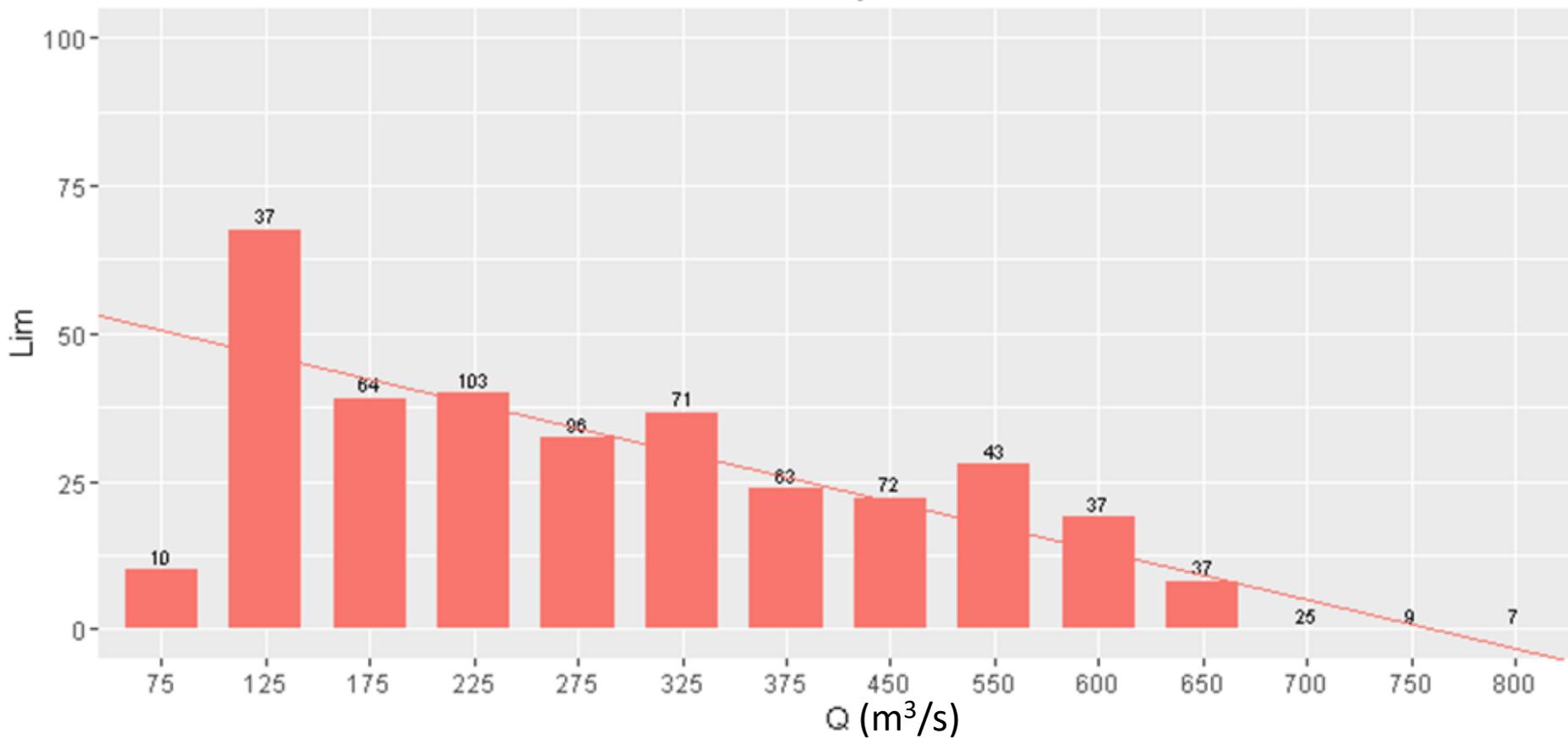


Demande de Surface pour restaurer Si:P vers la valeur 3

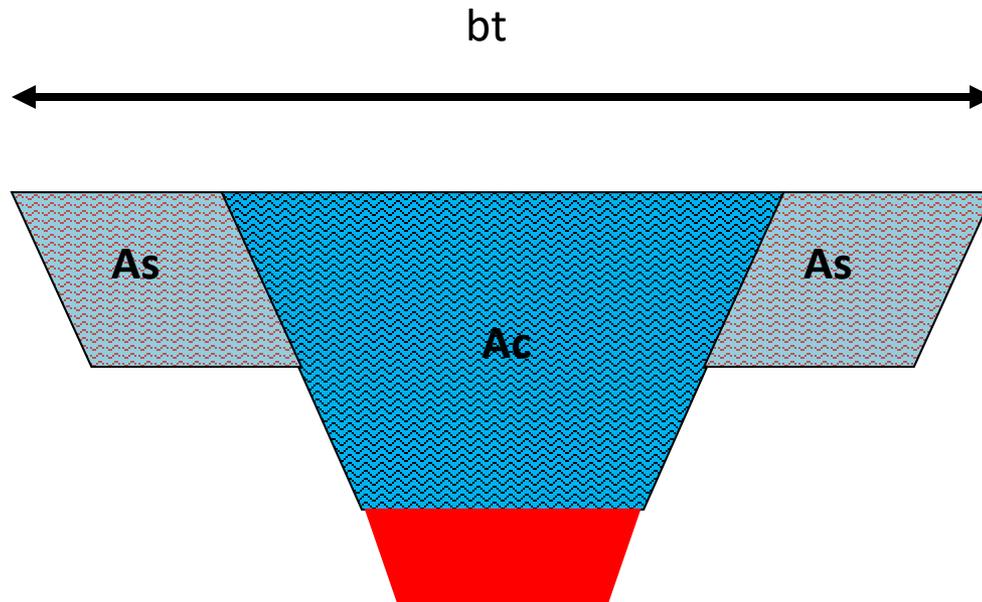


Nombre de mesures avec limitation de silice dissoute en relation avec les débits

Baie de Seine



Effect of shallow areas (A_s) and deepening

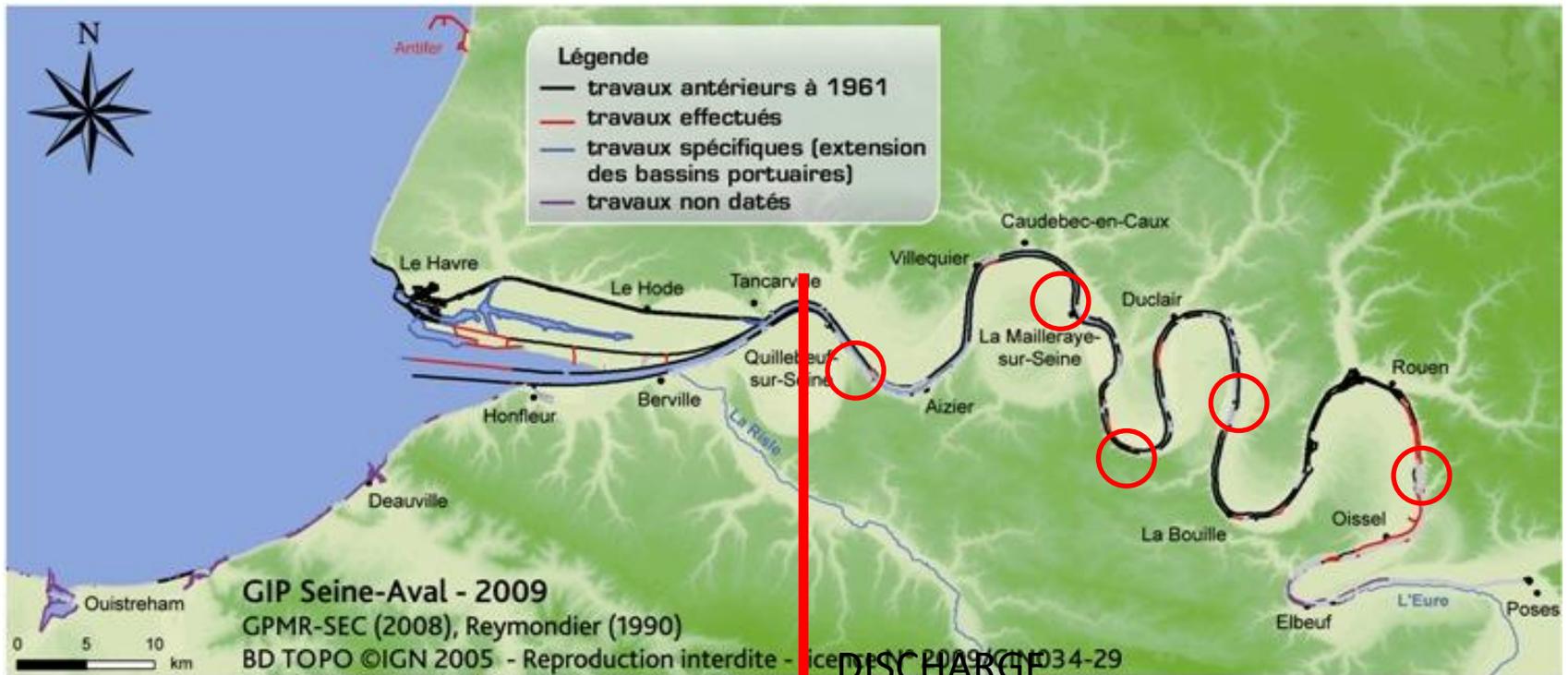


$$c = \sqrt{\frac{g^* (A_c + 2A_s)}{b_t}}$$

Zone contrôlée d'inondation



Conclusion: restauration framework



DISCHARGE

- Hydro-morphologic measures
- Habitat quality
- (Wind action)
- ...
- Stepstones of low dynamic areas
 - Primary production
 - Secondary production: zooplankton, benthos
 - Connectivity, migration function, ...
 - DSi delivery
 - Habitat quality, species, ...
 - N, P consumption

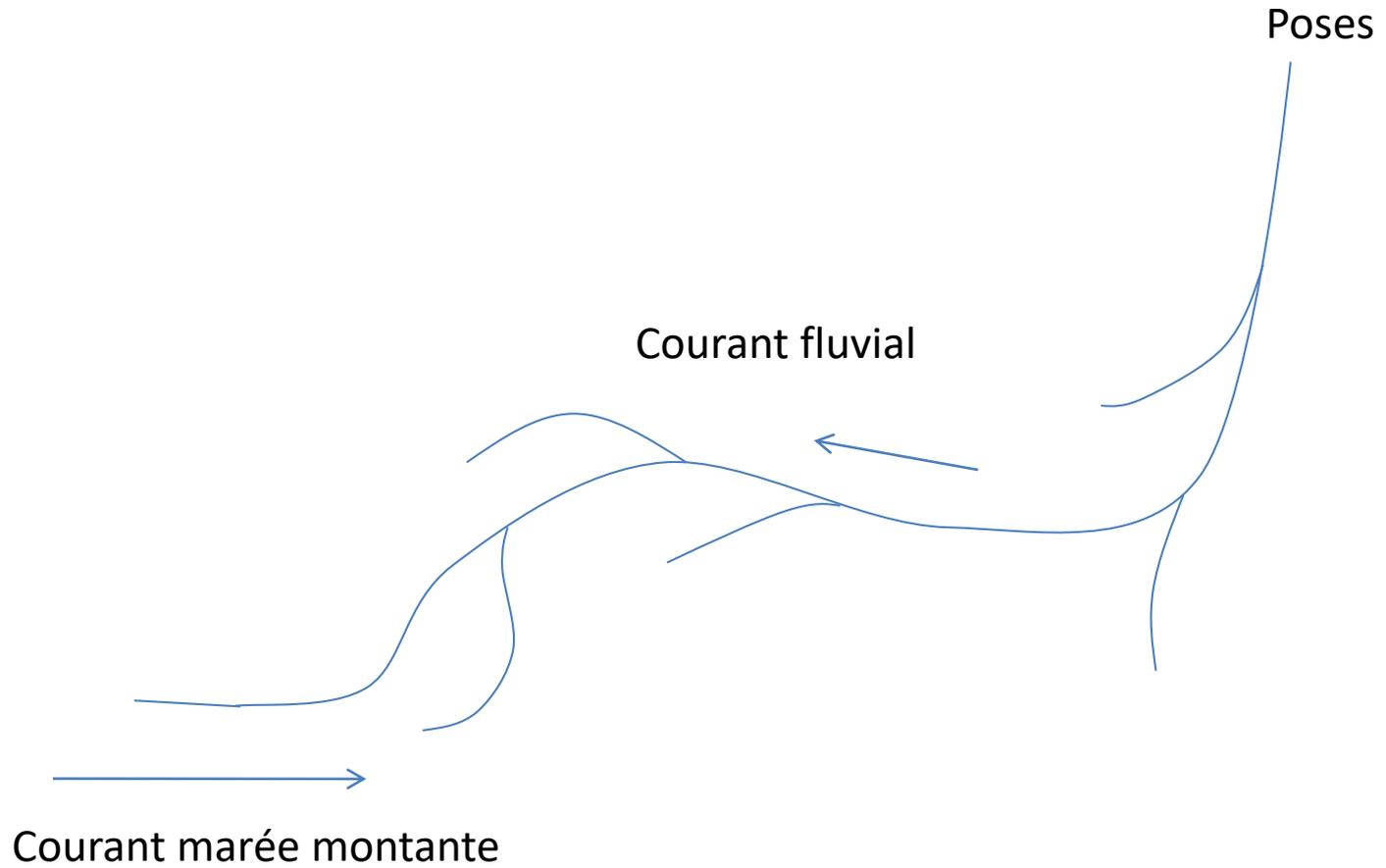
Quantification of functions, needs, areas, ... in relation with a source to mouth approach

Zone contrôlée d'inondation

Potentiels

- Hydrologie: faible courants, $T_{res} \sim \text{Volume/Dimensions entrée-sortie}$
- MES: sédimentation
- Peu profond
- N: dénitrification, consommation PP
- P: sédimentation, consommation PP
- Si: relâche par roseaux mais consommation interne par diatomées => exportation de diatomées
- => Production primaire en excès
- Benthos: habitat vaseuse mais évoluant vers marais
- Zooplancton: site de reproduction active
- Poissons: nombre élevé mais nombre d'espèces \sim design

Dissipation d'énergie





© 2011 Google
Image © 2011 DigitalGlobe

©2010 Google