

# MODÉLISATION DES FLUX DE MATIÈRES DANS LA BAIE DE MARENNES-OLÉRON :

couplage de l'hydrodynamisme, de la  
production primaire et de la consommation  
par les huîtres

---

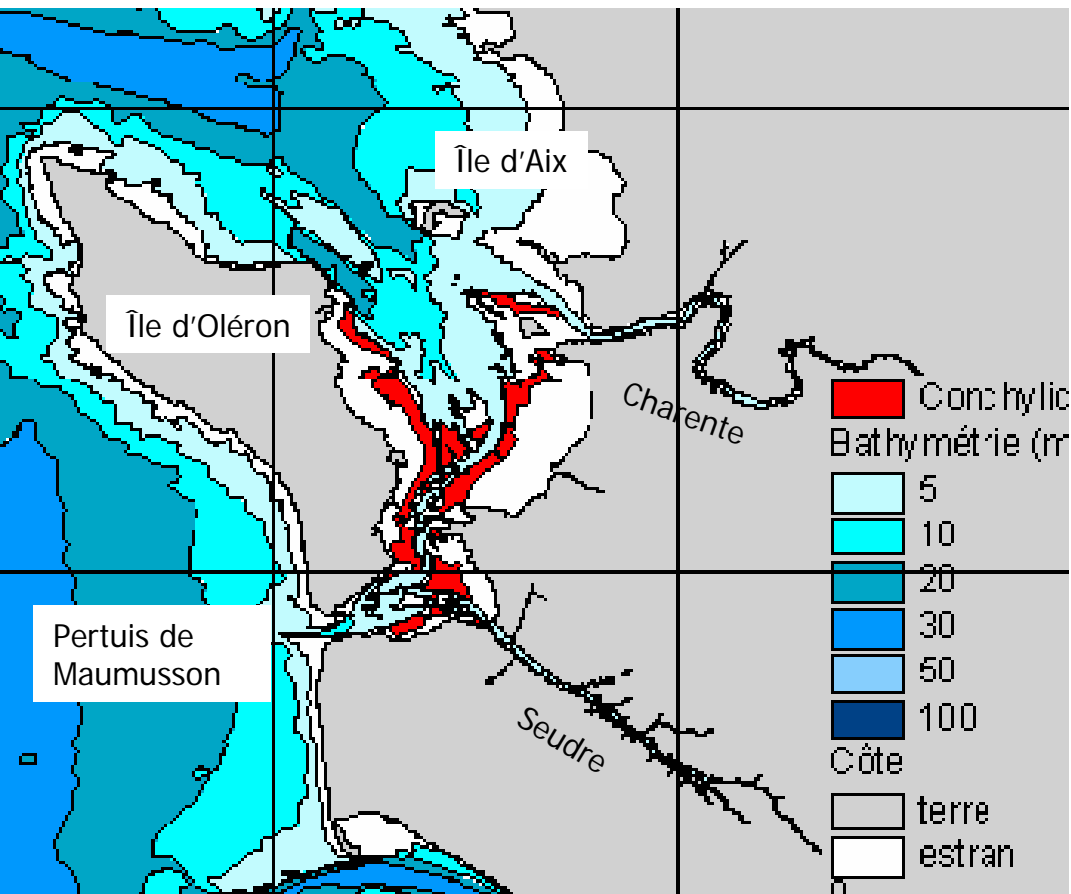
Caroline STRUSKI

---



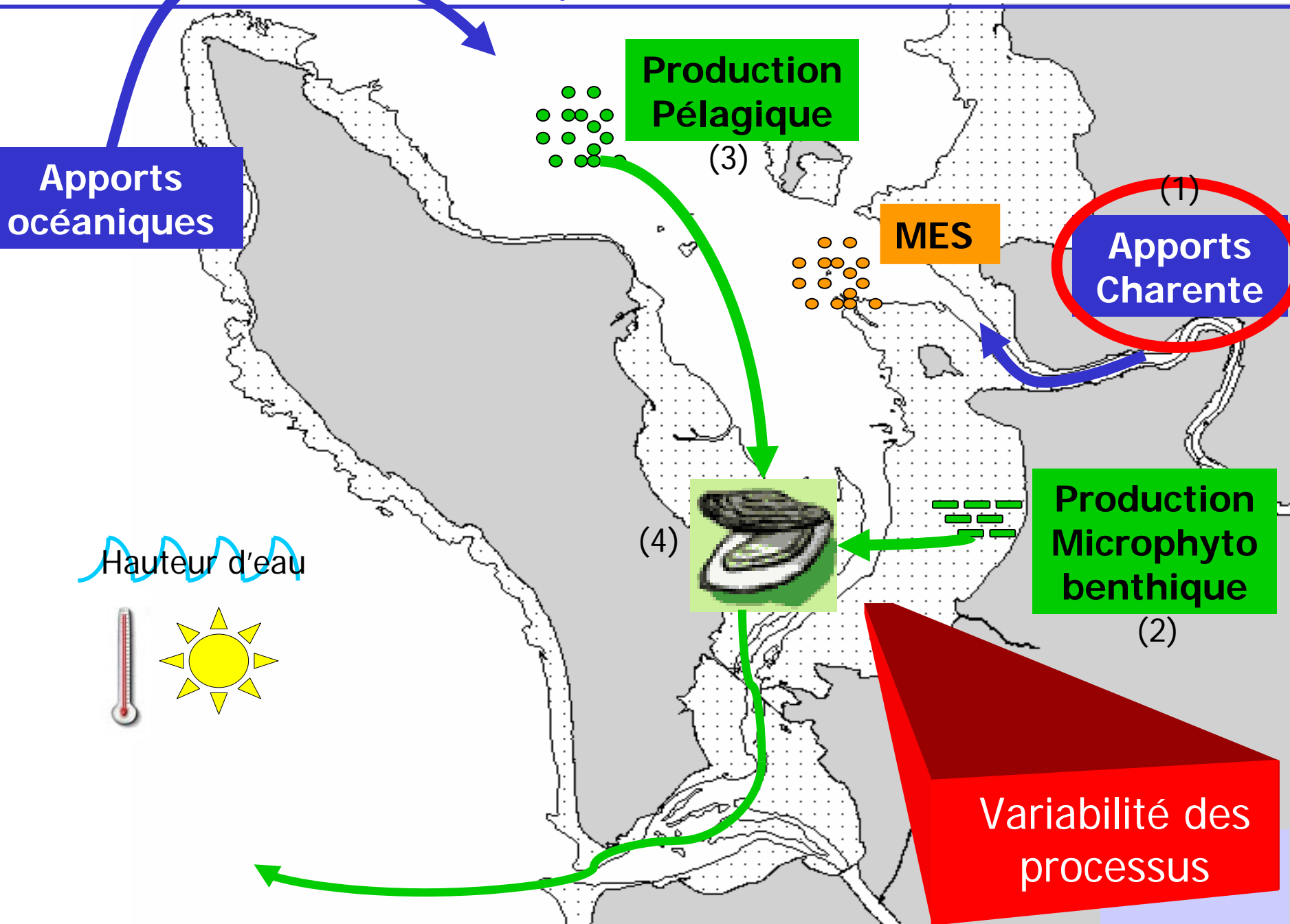
CREMA



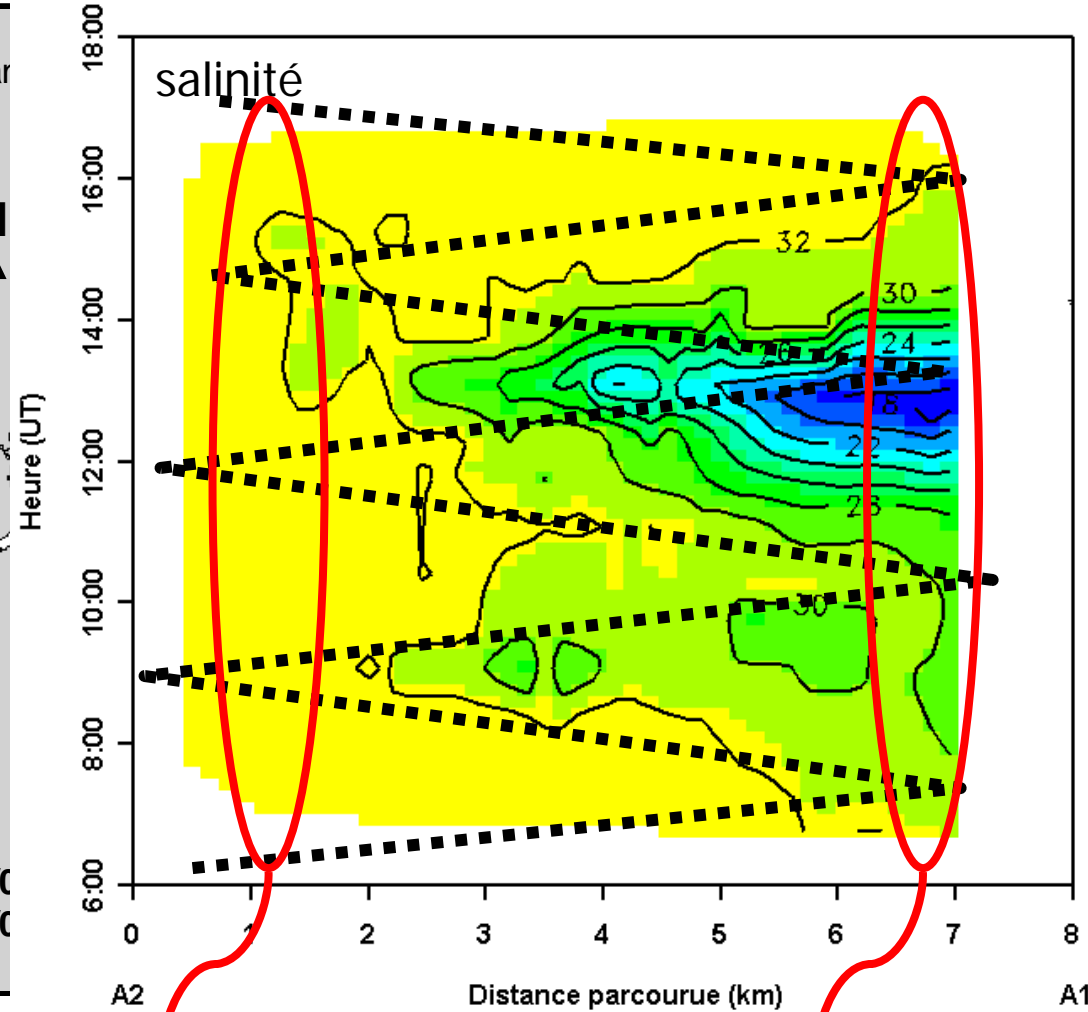
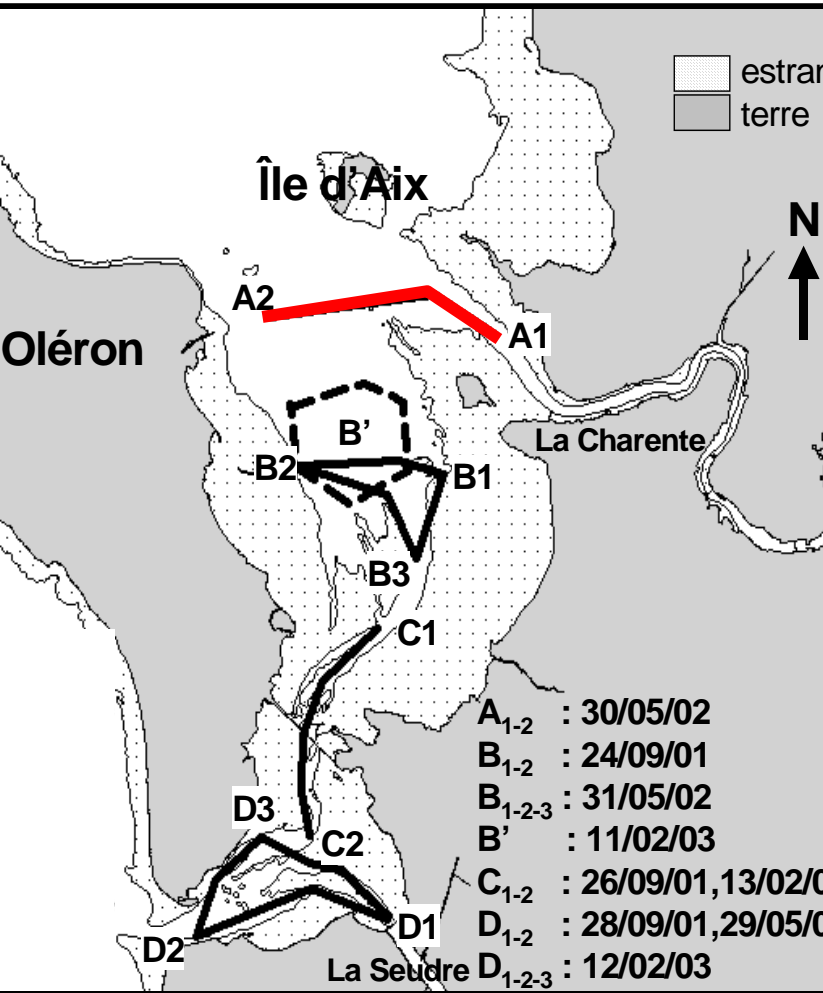


- Superficie : 180 km<sup>2</sup>
- Milieu vaseux et turbide
- Ostréiculture =
  - Stock ~ 81 000 t
  - Production annuelle ~ 40 000 t/an
  - Capacité atteinte / augmentation du temps de croissance
- Nourriture disponible ?

- Quels sont les **flux** de nourritures planctoniques disponibles pour les huîtres ?
- Quels sont les **facteurs qui contrôlent** ces productions primaires planctoniques ?
- Quelles sont les **échelles de variabilité** de ces facteurs ?



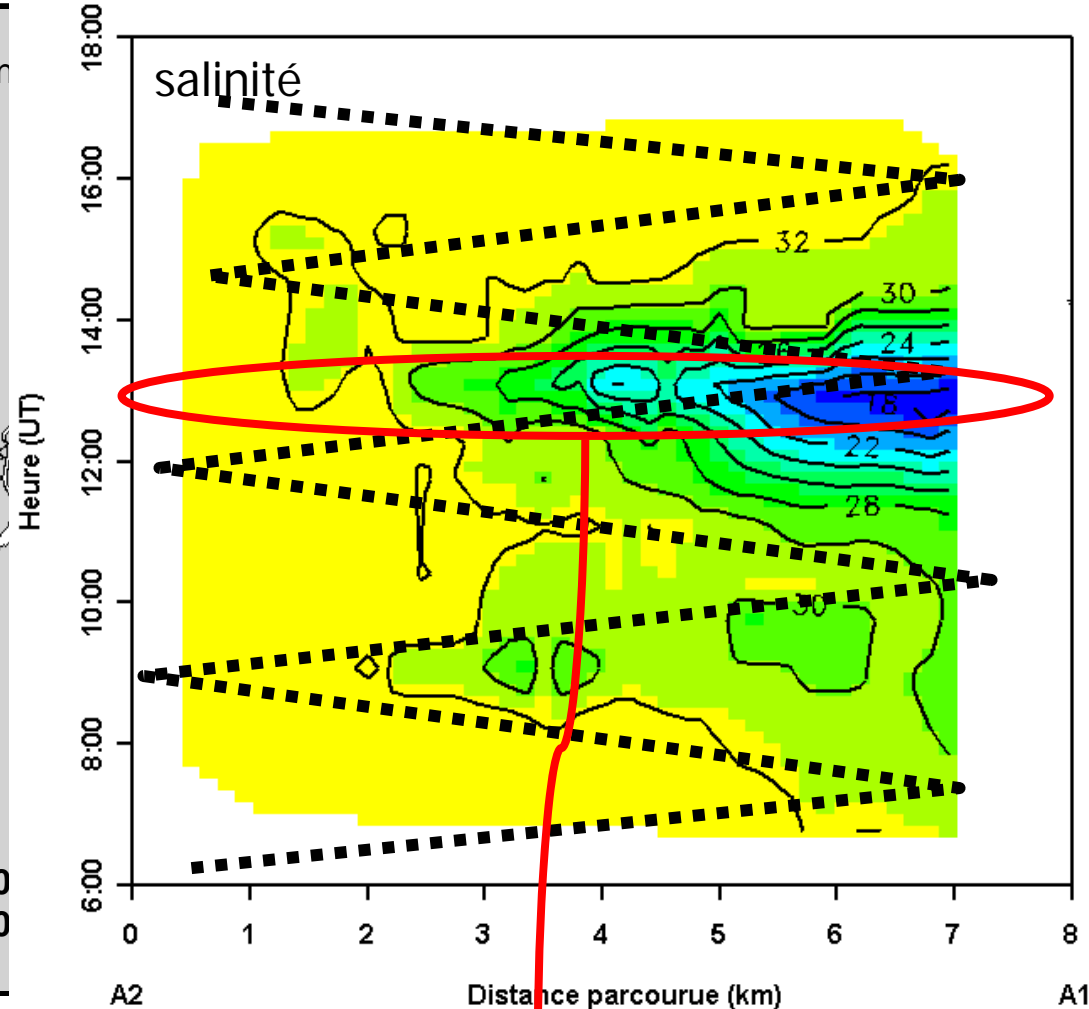
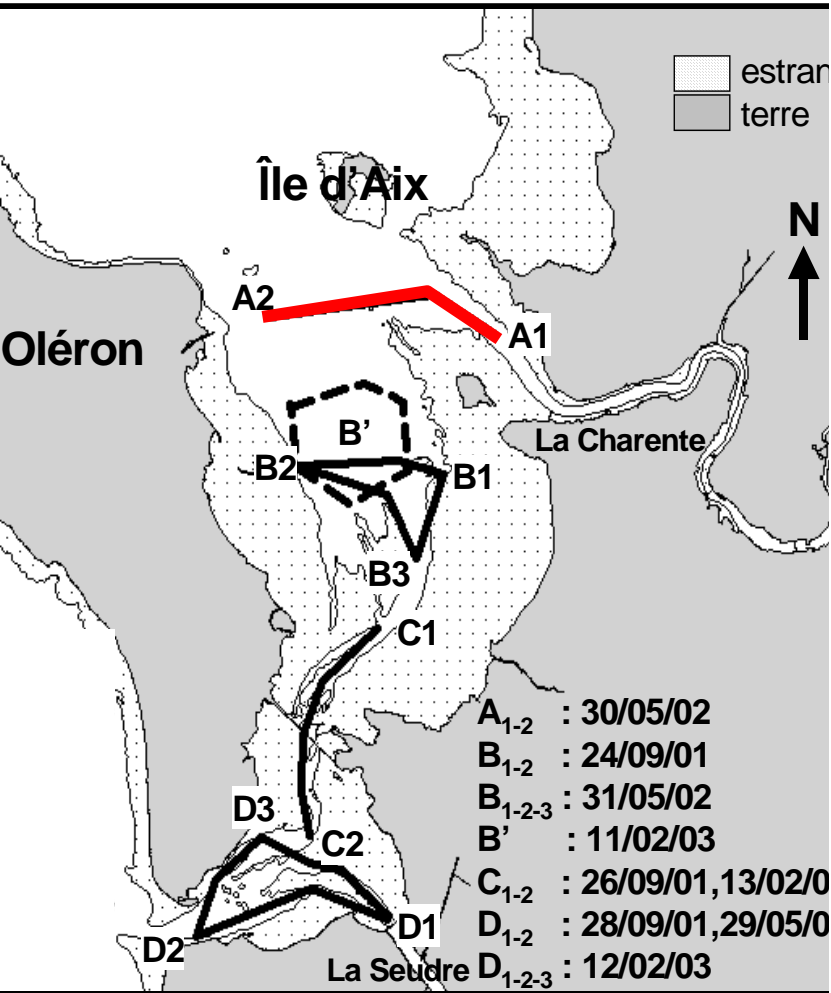
## Acquisition en continu (sonde YSI) : salinité et Chla



Au large :  
peu de variabilité temporelle

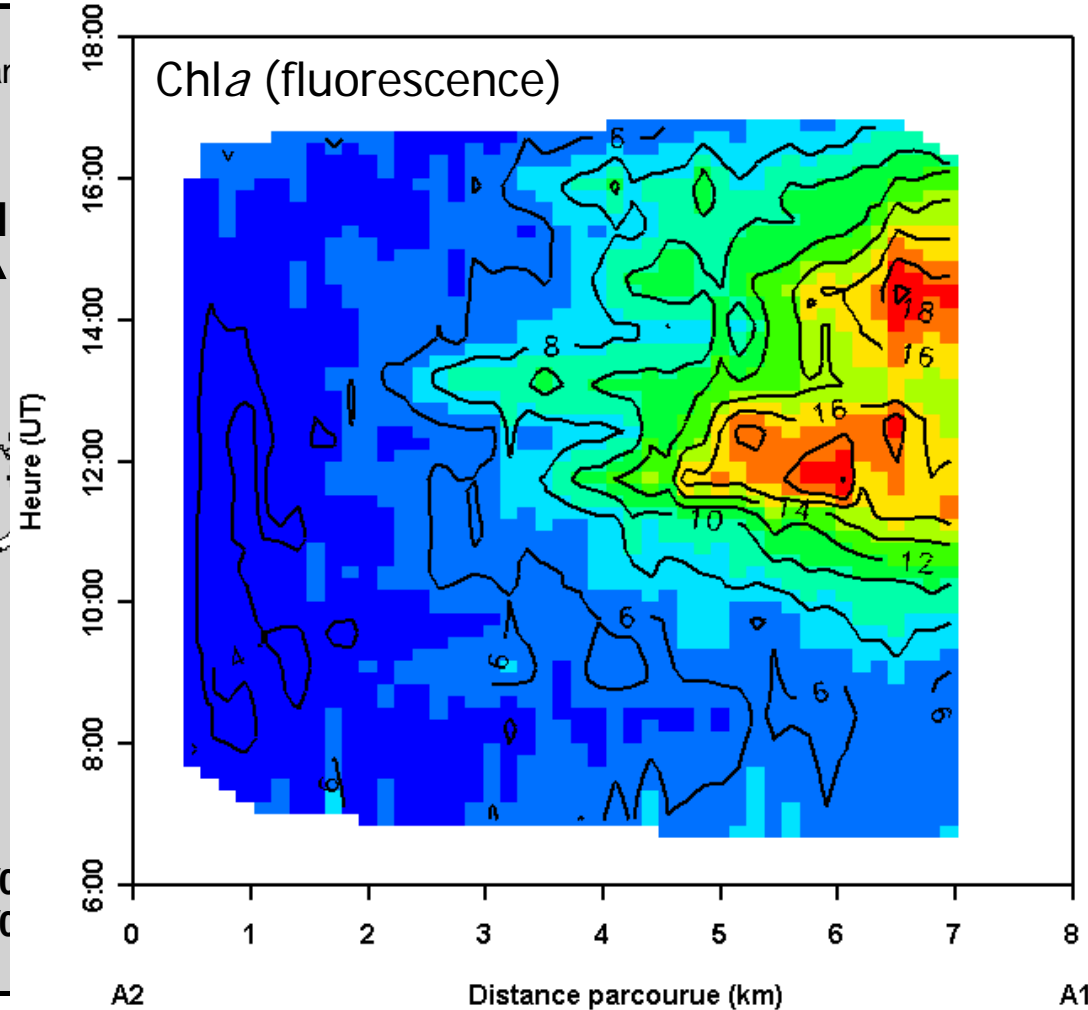
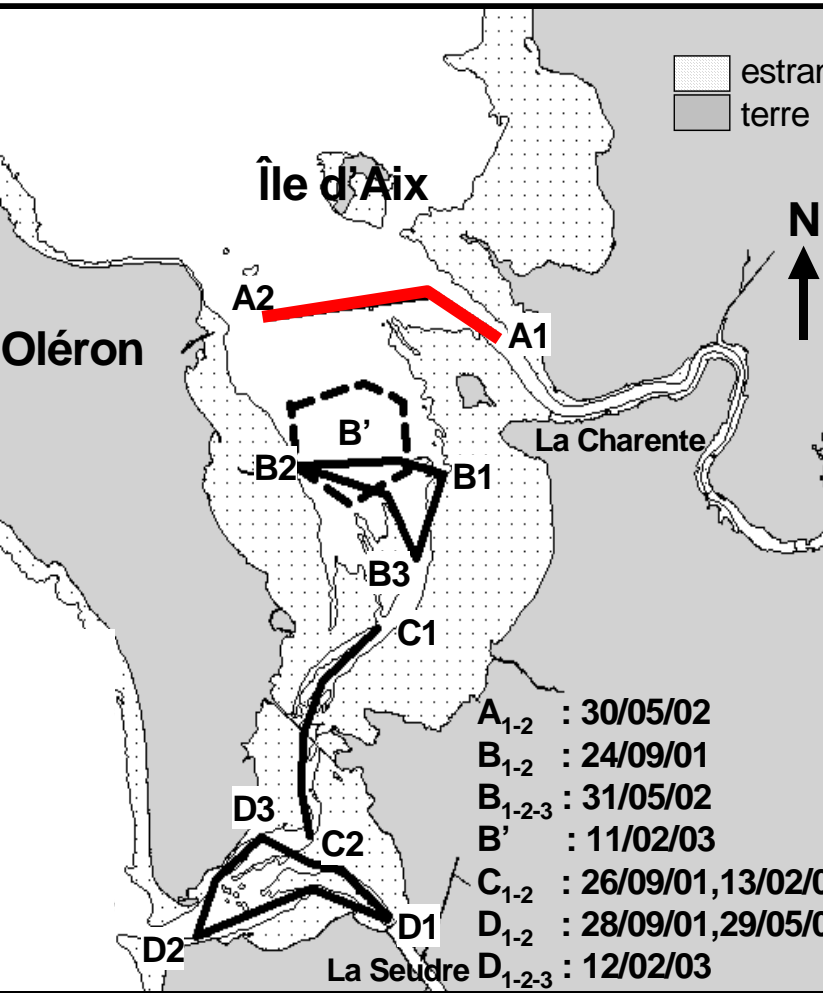
A l'embouchure :  
forte variabilité temporelle

## Acquisition en continu (sonde YSI) : salinité et Chla



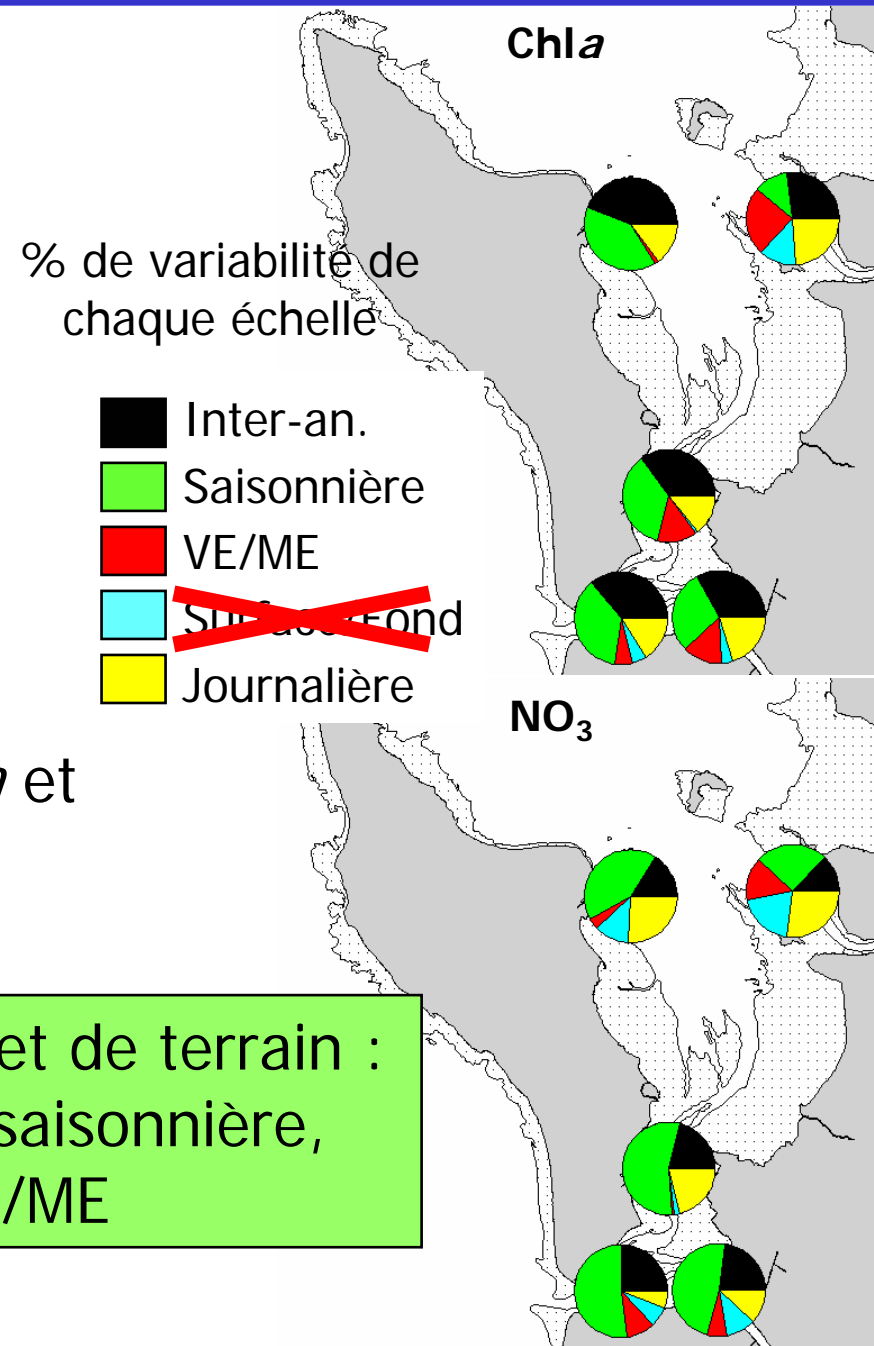
A basse-mer :  
Forte variabilité spatiale

## ■ Acquisition en continu (sonde YSI) : salinité et Chl*a*



→ Variabilité importante à petites échelles

- Variabilité des autres échelles ?
- Données RAZLEC :
  - 5 stations
  - 1977 à nos jours ...
  - 11 paramètres
  - 2 fois par mois (VE et ME)
  - Surface / Fond
- Calcul de la variabilité de la  $Chl_a$  et des  $NO_3$



Stratégie de modélisation et de terrain :  
échelles inter-annuelle, saisonnière,  
journalière et VE/ME



- Capacité trophique : modèles en boîtes couplant production primaire et croissance des huîtres

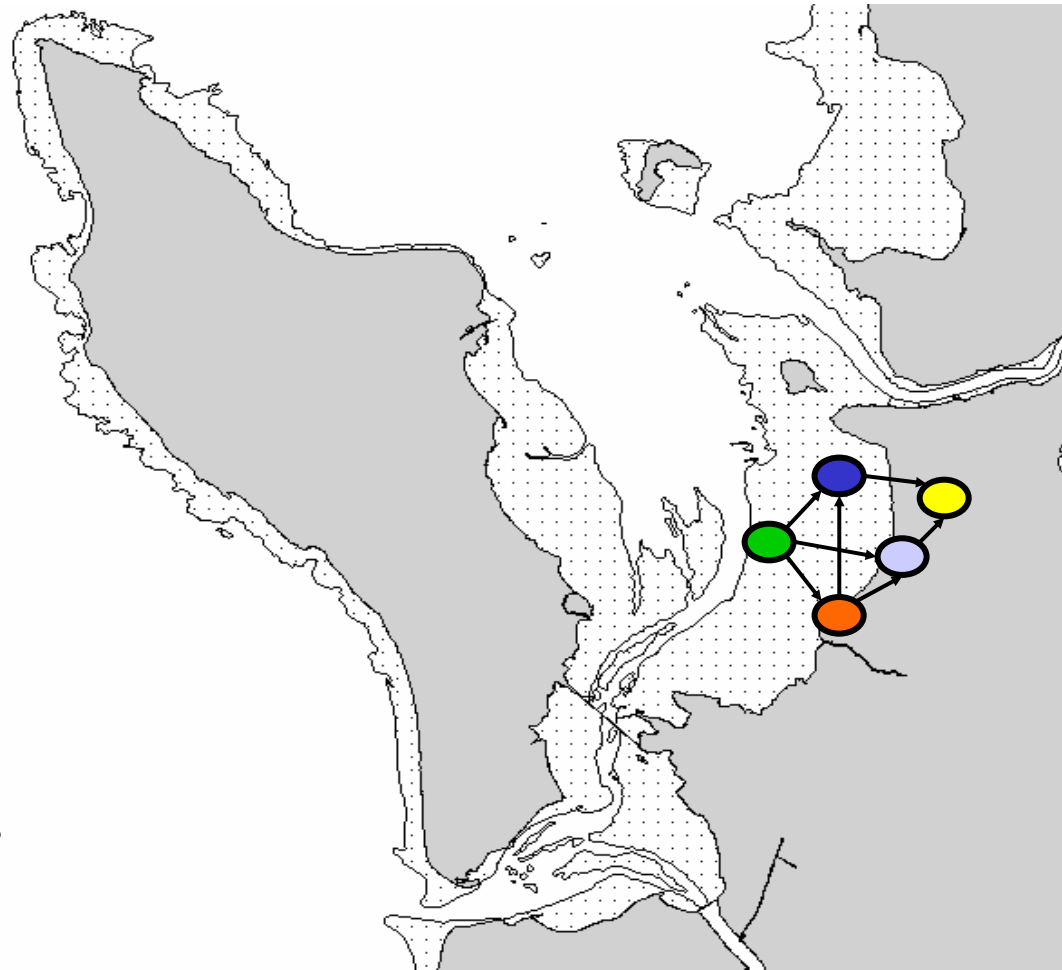
(Raillard & Ménesguen, 1994; Bacher *et al.*, 1998)

- Dynamique à court terme de la matière en suspension : modèle 2D à maille fine sur vase

(SiAM2D par Le Hir *et al.*, 2000)

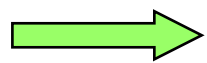
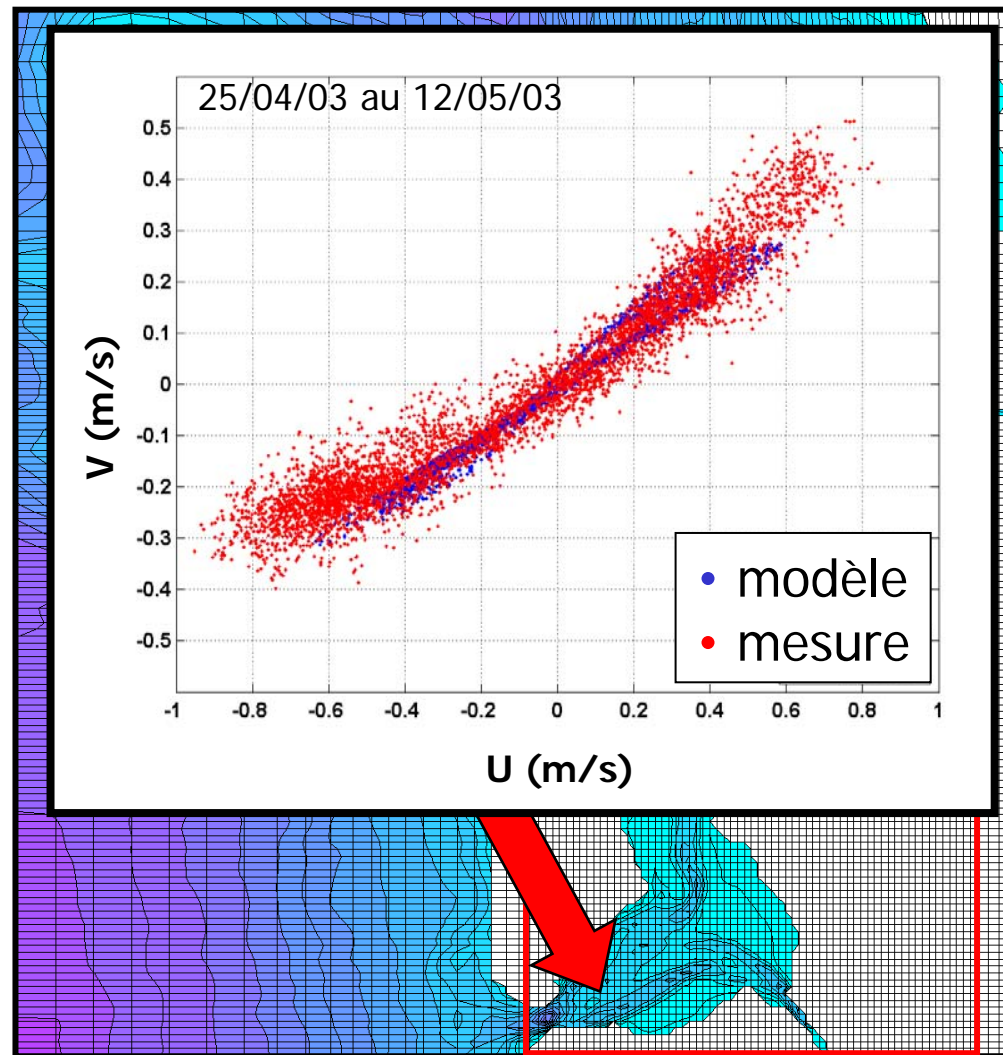
- Flux de matières dans le réseau trophique et échanges benthos/pélagos : analyse inverse

(Leguerrier *et al.*, 2003; 2004)

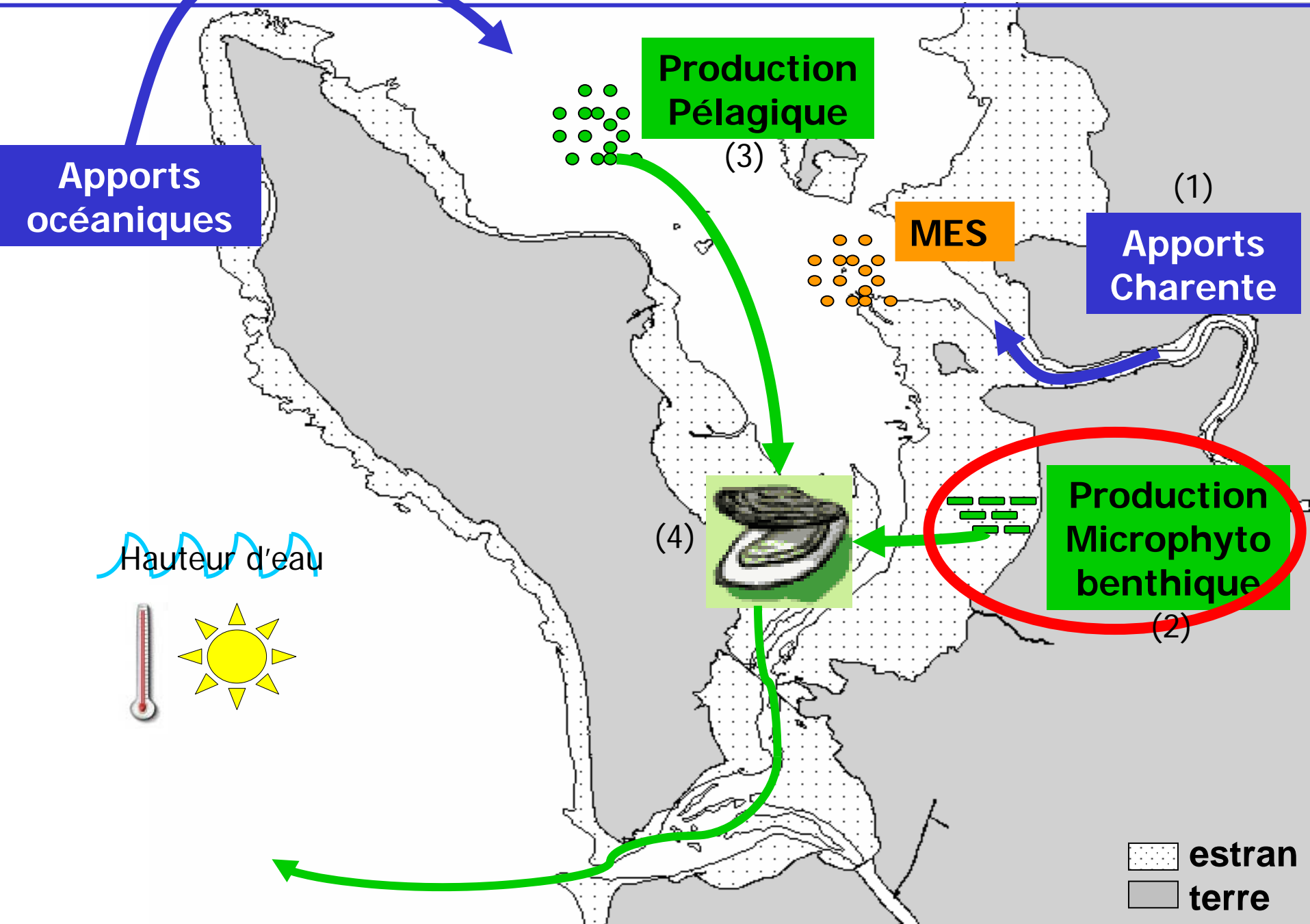


- Être + réaliste dans les sources de nourriture
- Production, remise en suspension et devenir du microphytobenthos
- Loi de production primaire pélagique propre à Marennes-Oléron
- Paramètres photosynthétiques de cette loi peuvent ...
  - ... varier spatialement (hétérogénéité des masses d'eau)
  - ... varier à l'échelle de la journée, de la saison → sous-estimation
- Stratégie de terrain pour les mesures de production primaire
- Stratégie de modélisation :
  - Caractériser et suivre les masses d'eau à des échelles spatio-temporelles fines → modèle 2D à maille fine et faible pas de calcul
  - Tester la sensibilité aux forçages (apports de Charente)

- SiAM2D : modèle d'hydrodynamisme et de transport à 2 dimensions
- Pas de temps de calcul: 20 secondes
- Maillage 200 x 200 m
- Validation (partielle) des courants par des mesures au point fixe



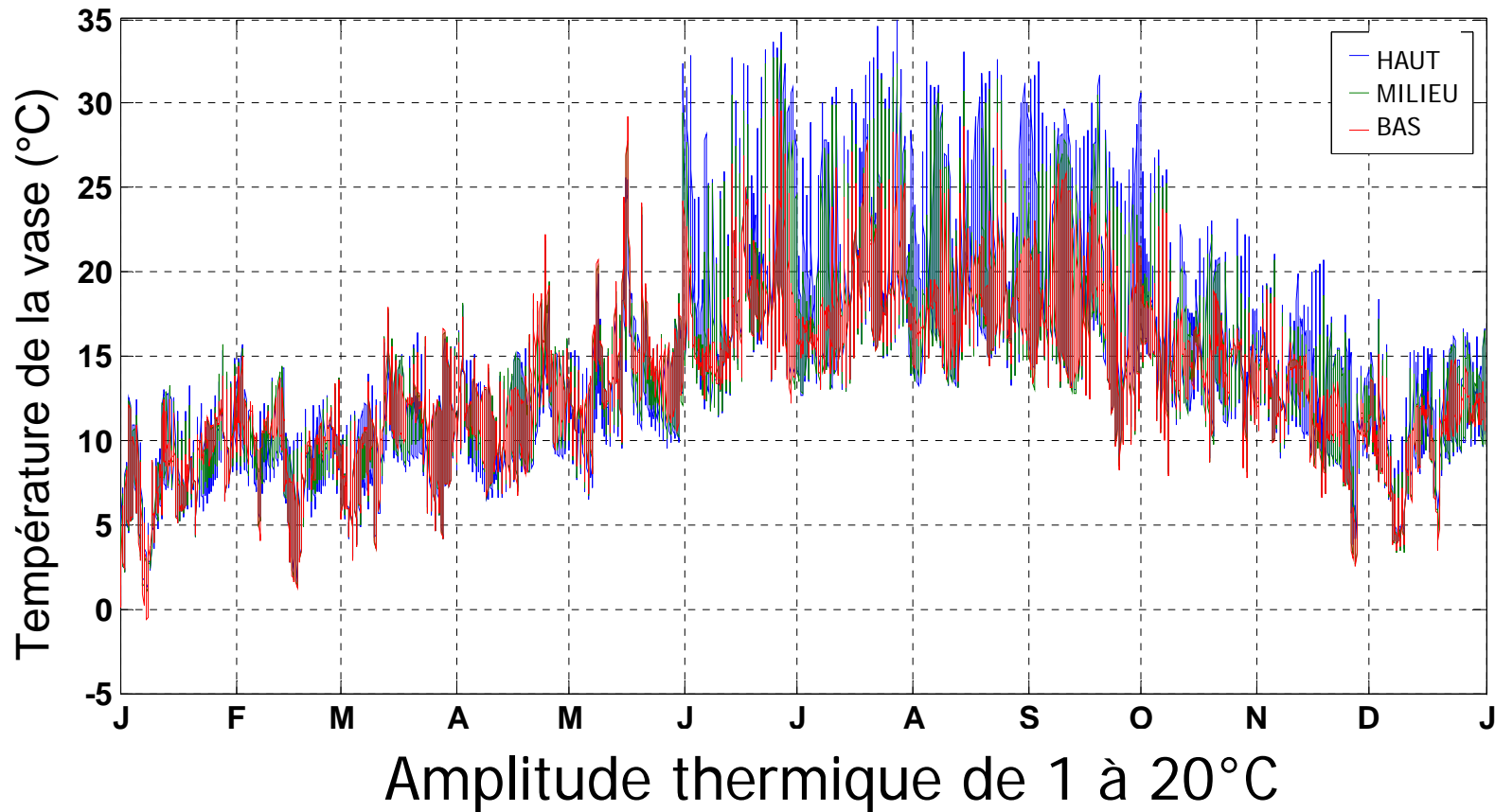
Couplage des modèles biologiques



■  $Prod = Prod_{max} \times f(Temp) \times f(Lum) \times f(\text{Sels/Nut})$  (Guarini, 1998)

■ Couplage dans SiAM2D : données MétéoFrance (intensité lumineuse, Tair)  
données RAZLEC (Teau)

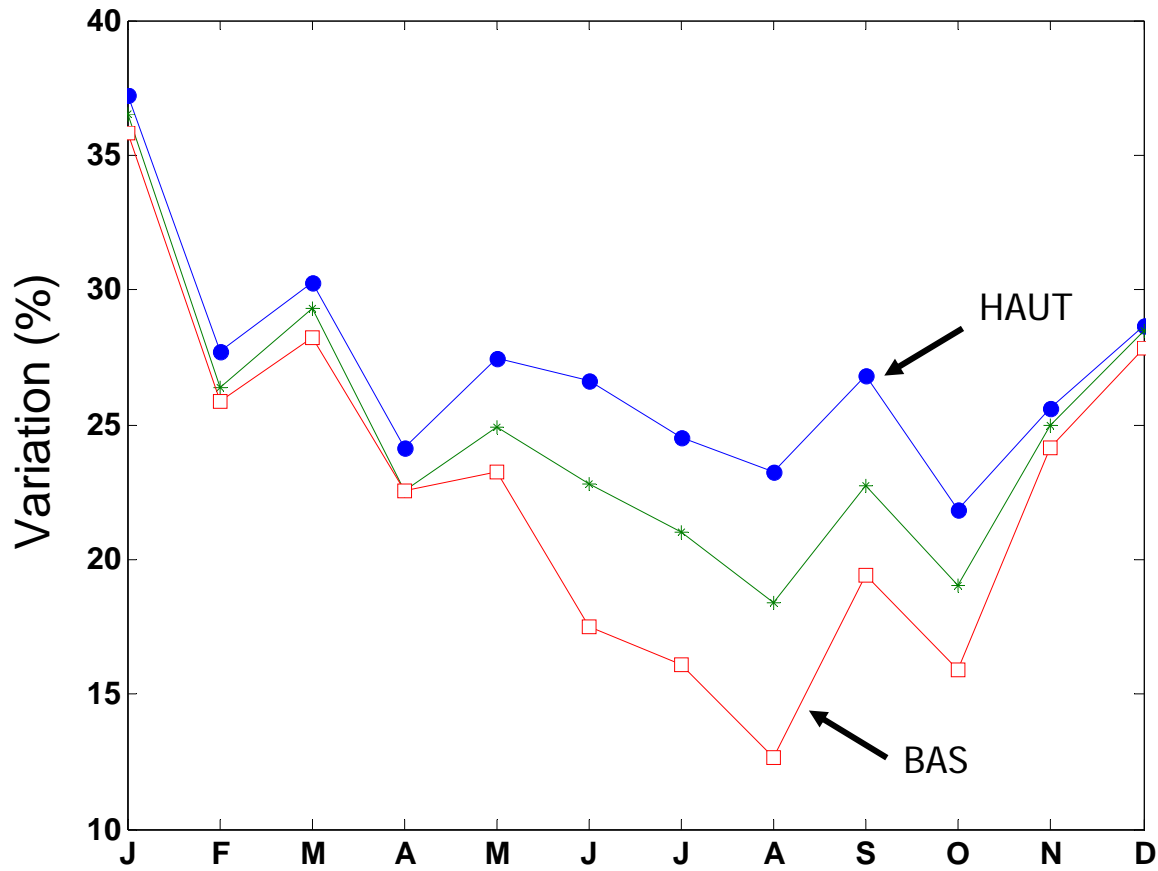
Température simulée dans SiAM2D - 2002



■  $Prod = Prod_{max} \times f(Temp) \times f(Lum) \times f(\text{Sels/Nut})$

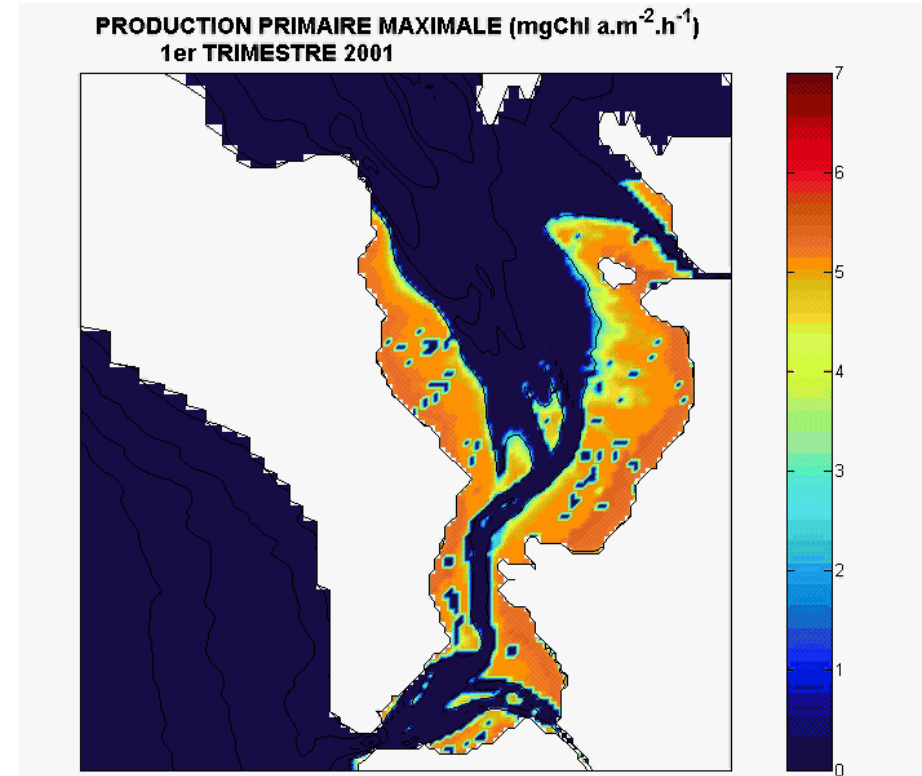
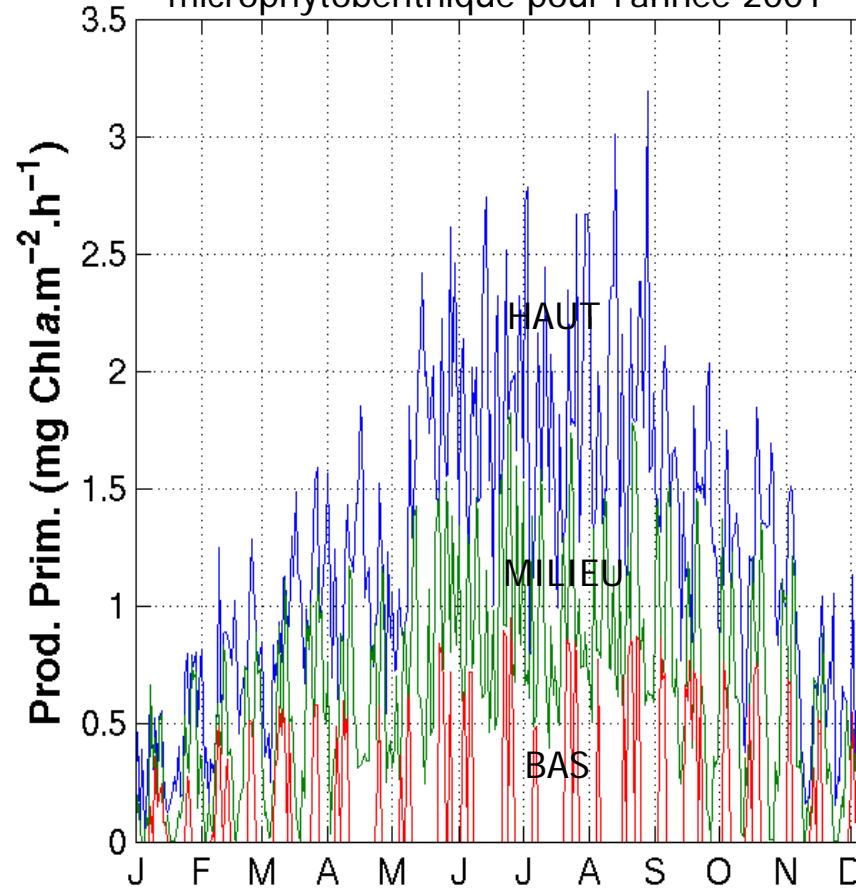
(Guarini, 1998)

■ Couplage dans SiAM2D



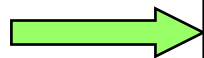
Variabilité mensuelle : 15 à 35%

Simulation de la production  
microphytobenthique pour l'année 2001



[Voir l'animation](#)

Production annuelle = 586 tChla



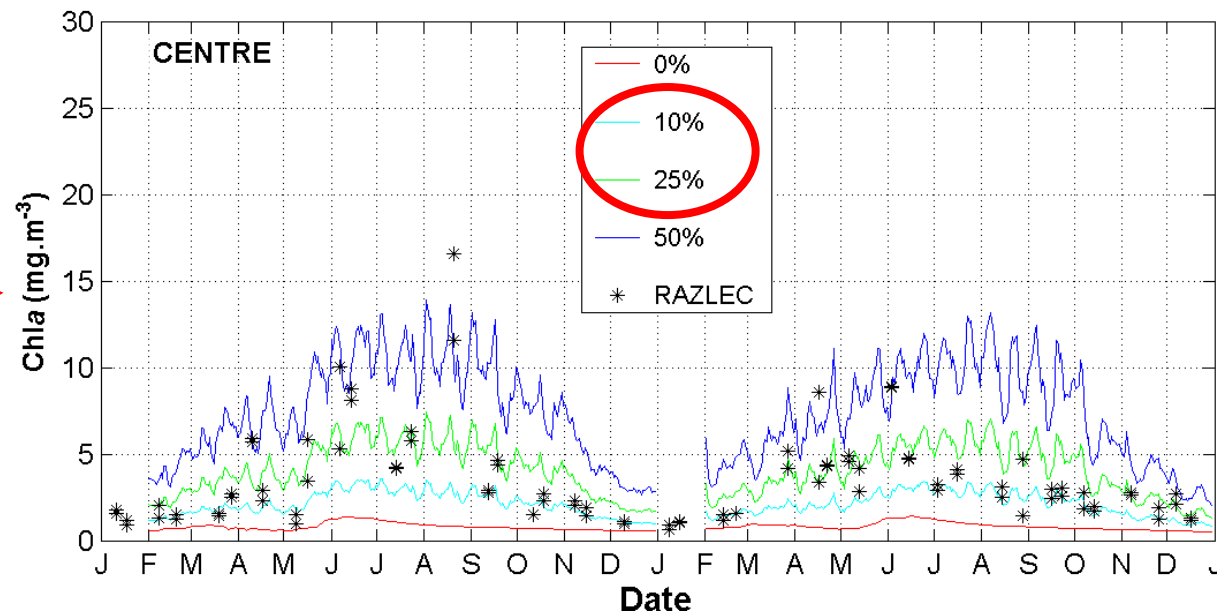
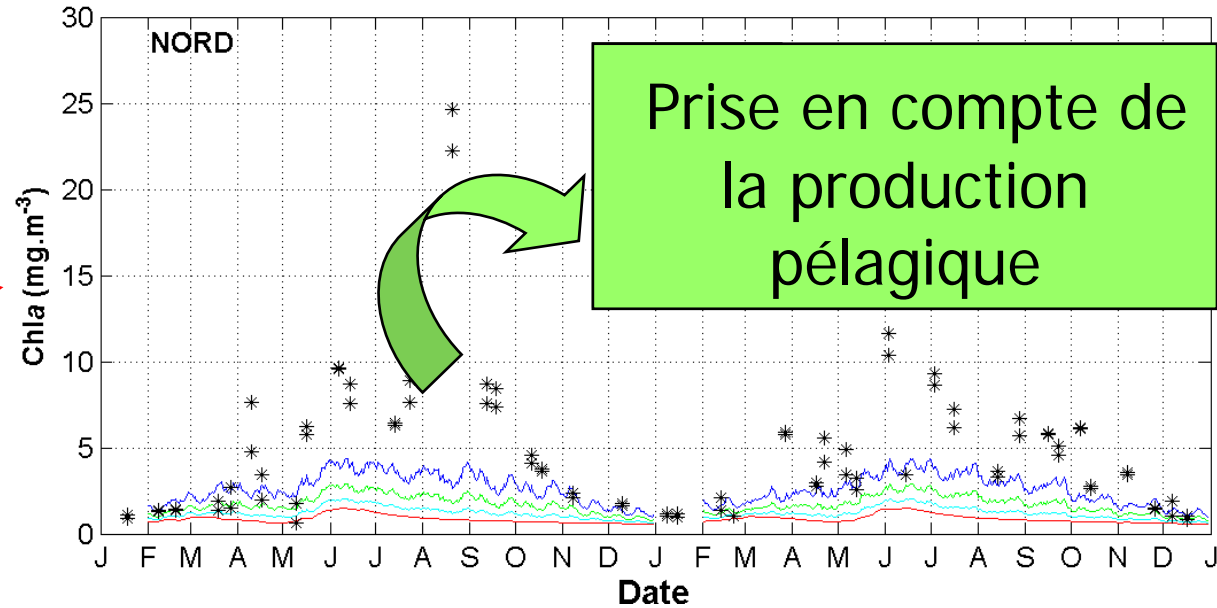
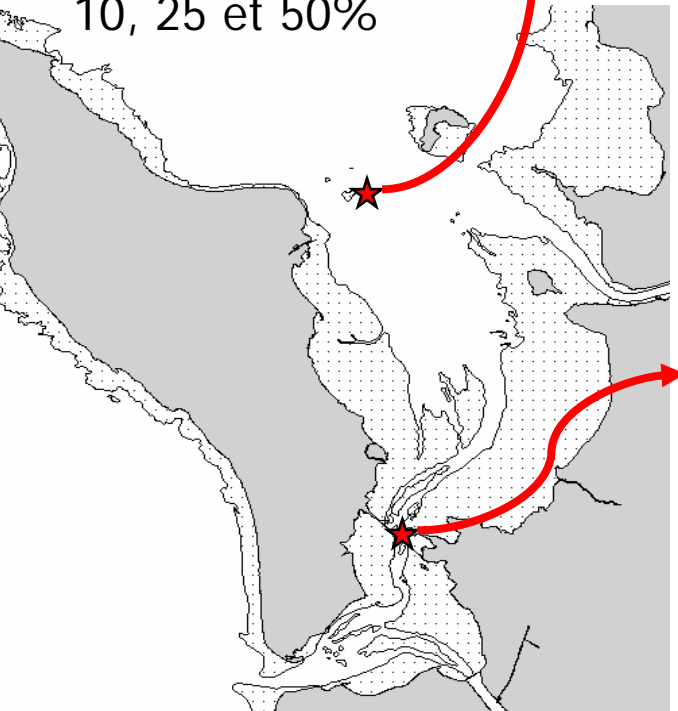
Quelle quantité est remise en suspension ?

- Simulation : remise en suspension + transport

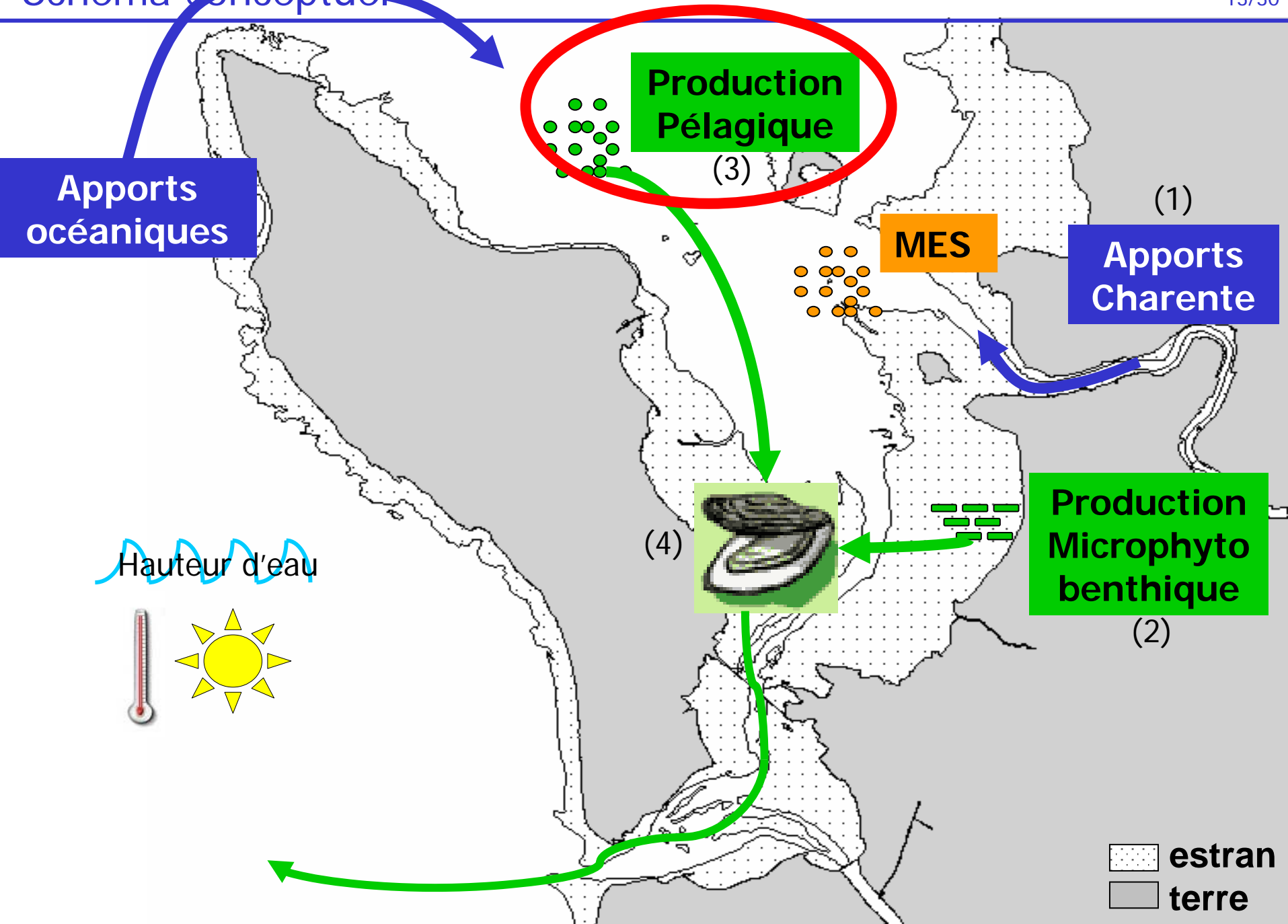
- Données MétéoFrance (intensité lumineuse, Tair)  
données RAZLEC (Teau)

- Chla océanique (Labry, 2001)  
Chla Charente = 0

- Coefficient uniforme de remise en suspension : 0, 10, 25 et 50%



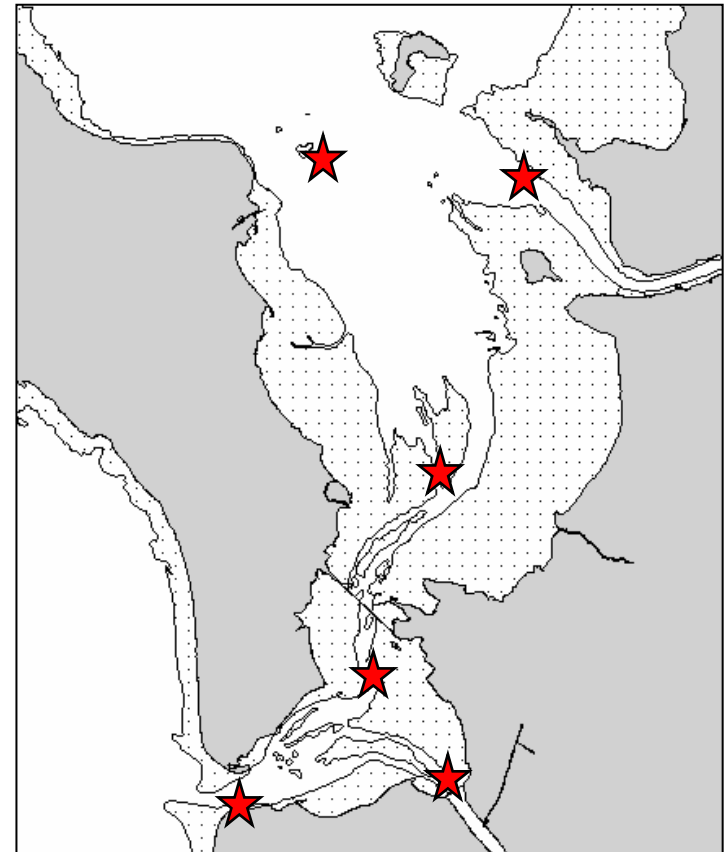




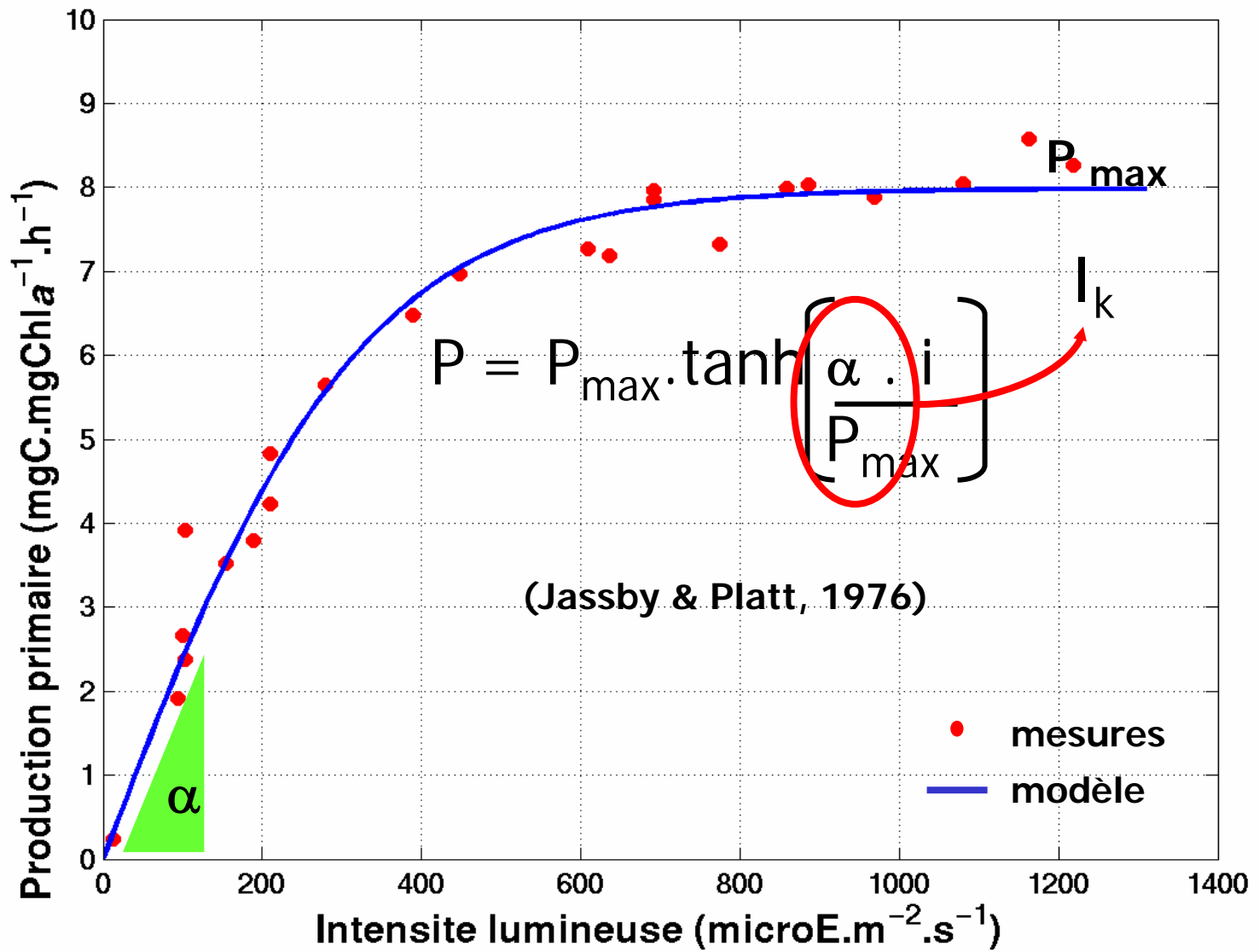
■  $Prod = Prod_{max} \times f(Temp) \times f(Lum) \times f(SelsNut)$  (Cugier, 1999)

■ Mesures terrain de production primaire :

- incubations au  $C^{14}$  (Lewis & Smith, 1983)
- 6 stations / 2 profondeurs
- 3 mois (oct.01, mars & juin 02)
- 4 fois par jour
- température, salinité, MES, sels nutritifs
- profils lumière → coefficient d'extinction de la lumière  $k(MES)$



## ■ Exemple d'ajustement mesure / modèle



## ■ Paramètres photosynthétiques :

- $P_{\max} = 5 - 13$  (moyenne : 9)  $\text{mgC.mgChl}a^{-1}.\text{h}^{-1}$
- $\alpha = 0,01 - 0,07$  (moyenne : 0,025)  $\text{mgC.mgChl}a^{-1}.\text{h}^{-1} . (\mu\text{E.m}^{-2}.\text{s}^{-1})^{-1}$
- $I_k = 181 - 772$  (moyenne : 390)  $\mu\text{E.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$
- parfois différence S/F ... mais pas de station particulière
- pas de signal journalier ou saisonnier
- pas de relation avec la température

■ Calcul de la production sur la colonne d'eau :

■ Production à la profondeur z :

$$P(z) = P_{\max} \cdot \tanh\left[\frac{\alpha \cdot I(z)}{P_{\max}}\right] \rightarrow I(z) = I_0 \times \exp(-kz)$$

$$k = 0,154 \cdot \text{MES}^{0,66}$$

■  $\sum P(z)$  : production totale sur la colonne d'eau :

| < 10 mgC.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> (octobre, mars)

| 10 - 50 mgC.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> (juin)

■  $I_k \gg I_{\text{moy}}$  : limitation par la lumière dans la colonne d'eau

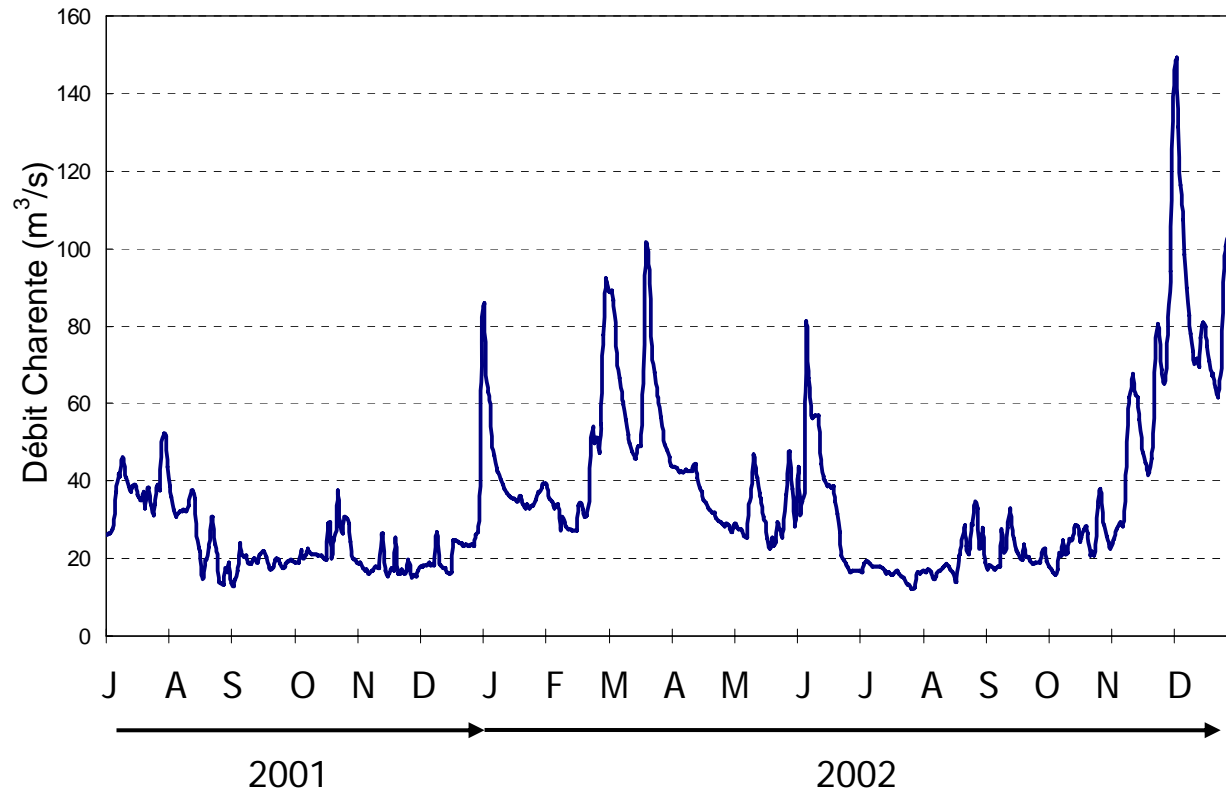
→ simplification de P(z)

■ Production (en mgC.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>) = f(Chla × I<sub>0</sub> × k)

→  $\text{Prod} = 0,005 \times \text{Chla} \times I_0 \times Z_p$

(Cole & Cloern, 1984)

- Formulation avec lumière et sels nutritifs (Cugier, 1999)
- Données RAZLEC : limitation par les sels nutritifs ( $\text{NO}_3$  et  $\text{PO}_4^{3-}$ ) en été
- Or, pas de mesure de production primaire pendant cette période
- Formulation avec  $\text{NO}_3$  et  $\text{PO}_4^{3-}$  ?
- Limitation par les  $\text{NO}_3$
- Dynamique du P est complexe



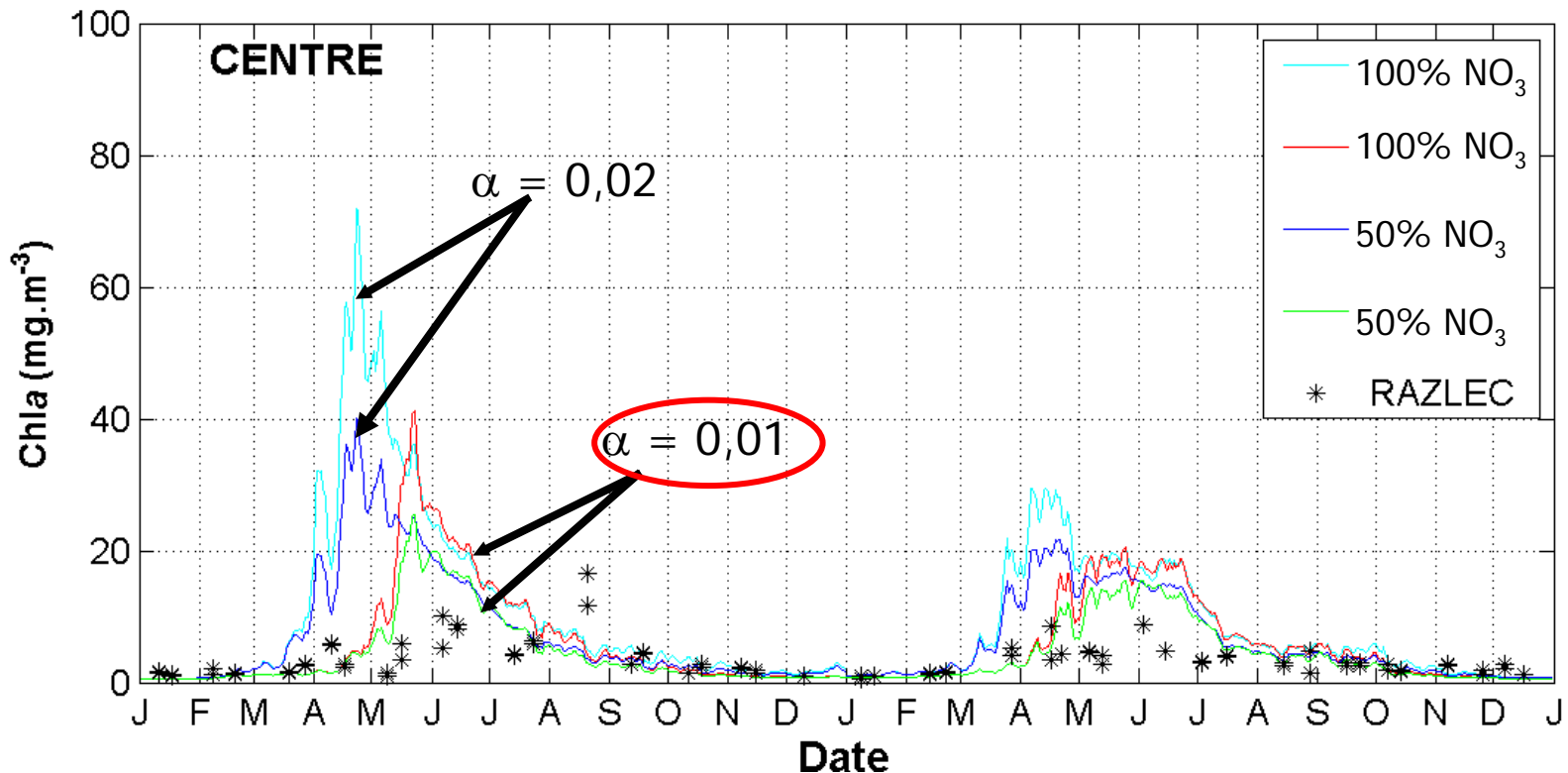
- Formulation avec lumière et sels nutritifs (Cugier, 1999)
- Données RAZLEC : limitation par les sels nutritifs ( $\text{NO}_3$  et  $\text{PO}_4^{3-}$ ) en été
- Or, pas de mesure de production primaire pendant cette période
- Formulation avec  $\text{NO}_3$  et  $\text{PO}_4^{3-}$  ?
- Limitation par les  $\text{NO}_3$
- Dynamique du P est complexe
- Plusieurs scénarii de simulations = analyse de sensibilité :
  - paramètre  $\alpha$
  - apports de  $\text{NO}_3$  par la Charente

	100% $\text{NO}_3$	50% $\text{NO}_3$
$\alpha = 0,01$	S1	S3
$\alpha = 0,02$	S2	S4

## ■ Simulations Chl*a* (2001-2002)

### ■ Conditions de simulation :

- production pélagique
- intensité lumineuse réelle (données MétéoFrance)
- débits réels de Charente (Diren)
- signal saisonnier de MES uniforme sur la baie
- Chl*a* océanique (Labry, 2001)  
Chl*a* Charente = 0
- NO<sub>3</sub> océanique (BIOMET 1998, PLAGIAT 1999)  
NO<sub>3</sub> Charente (Delmas, comm. pers.)

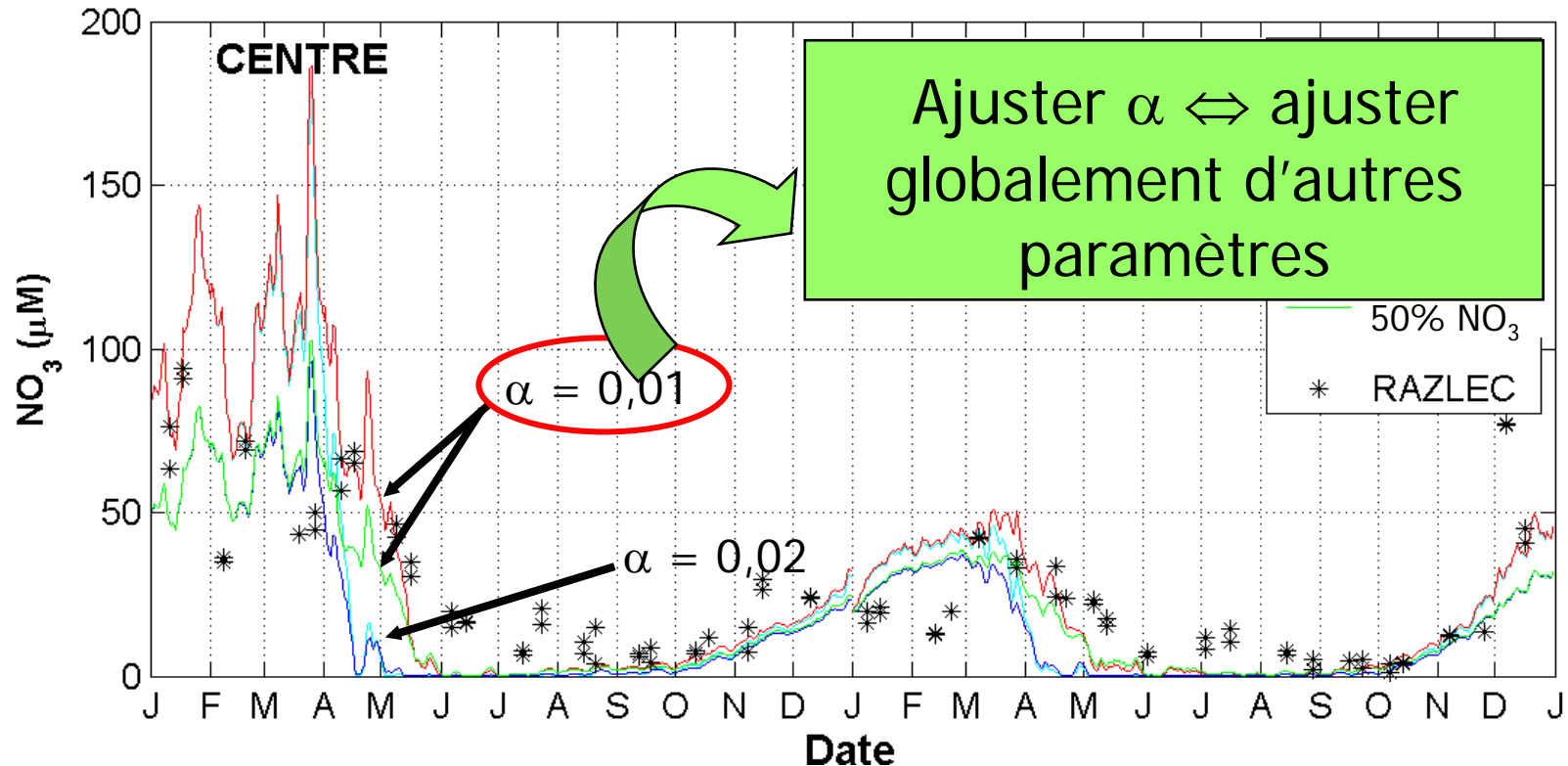




## ■ Simulations NO<sub>3</sub> (2001-2002)

### ■ Conditions de simulation :

- production pélagique
- intensité lumineuse réelle (données MétéoFrance)
- débits réels de Charente (Diren)
- signal saisonnier de MES uniforme sur la baie
- Chl*a* océanique (Labry, 2001)  
Chl*a* Charente = 0
- NO<sub>3</sub> océanique (BIOMET 1998, PLAGIAT 1999)  
NO<sub>3</sub> Charente (Delmas, comm. pers.)



## Différence Est / Ouest

■ Conditions de simulation:

■ production pélagique ( $\alpha=0,01$ )

■ intensité lumineuse réelle (données MétéoFrance)

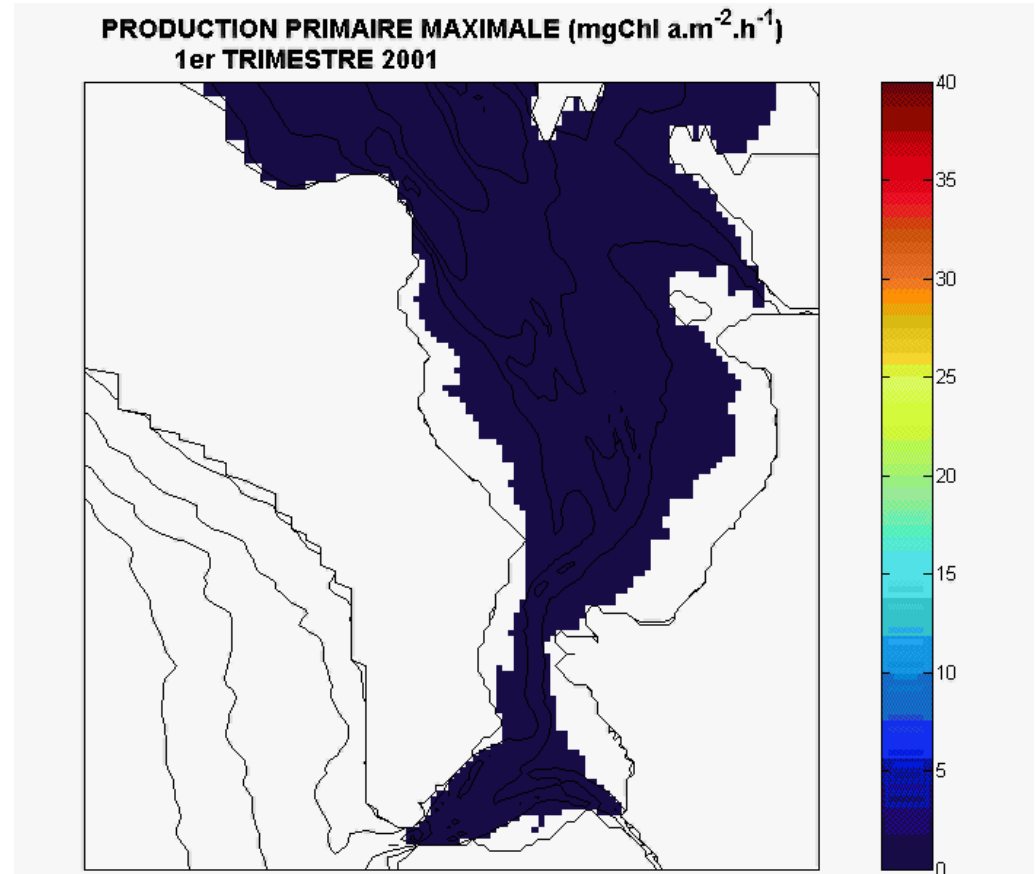
■ débits réels de Charente (Diren)

■ signal saisonnier de MES uniforme sur la baie

■ Chl *a* océanique (Labry, 2001)  
Chl *a* Charente = 0

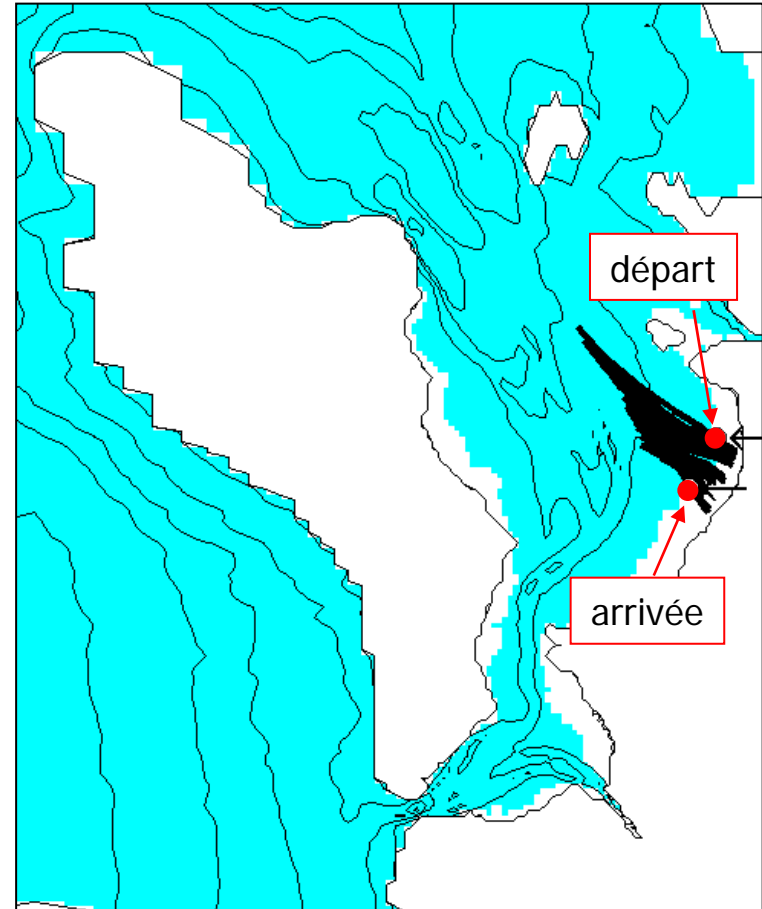
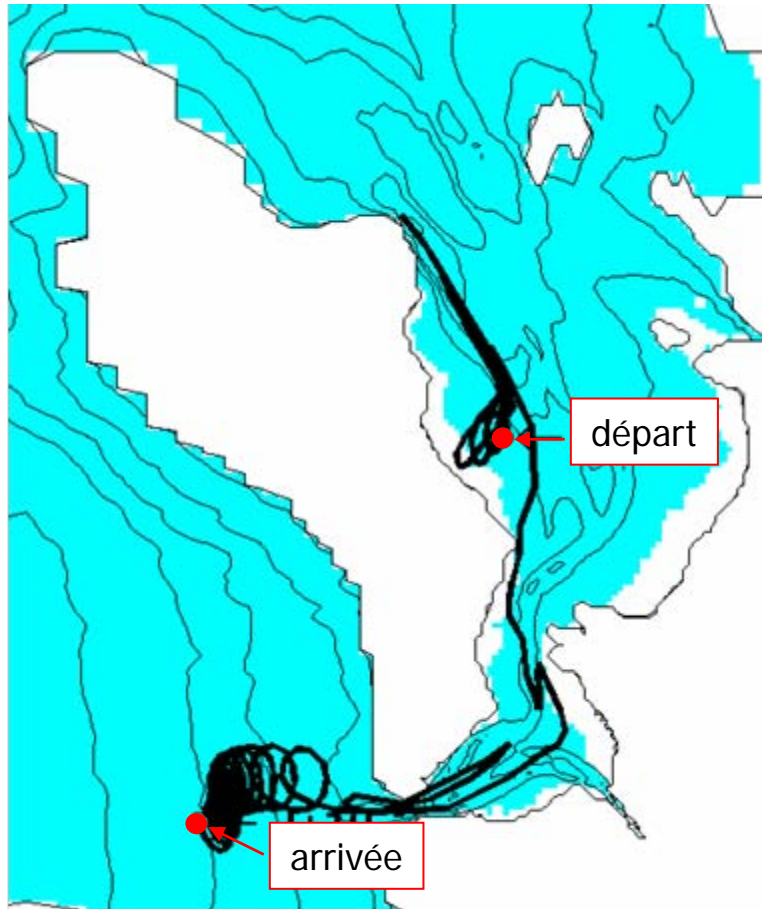
■ NO<sub>3</sub> océanique (BIOMET 1998, PLAGIAT 1999)

■ NO<sub>3</sub> Charente (Delmas, comm. pers.)



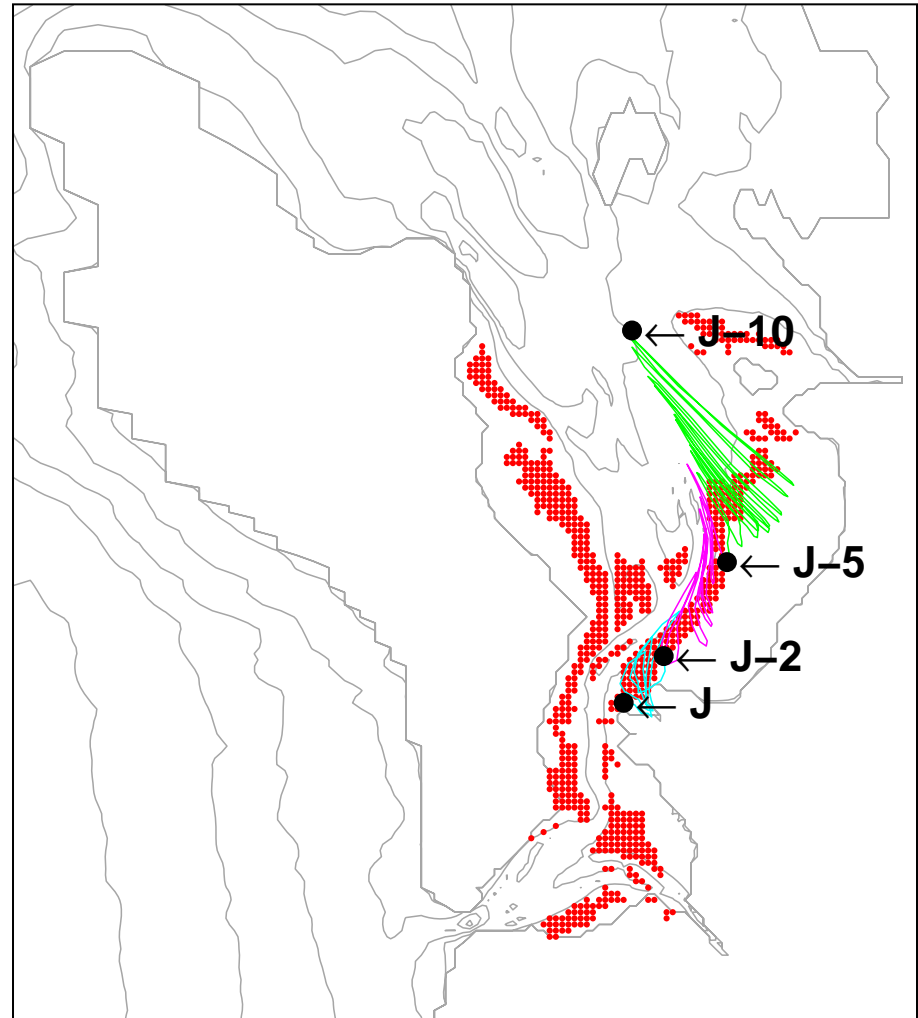
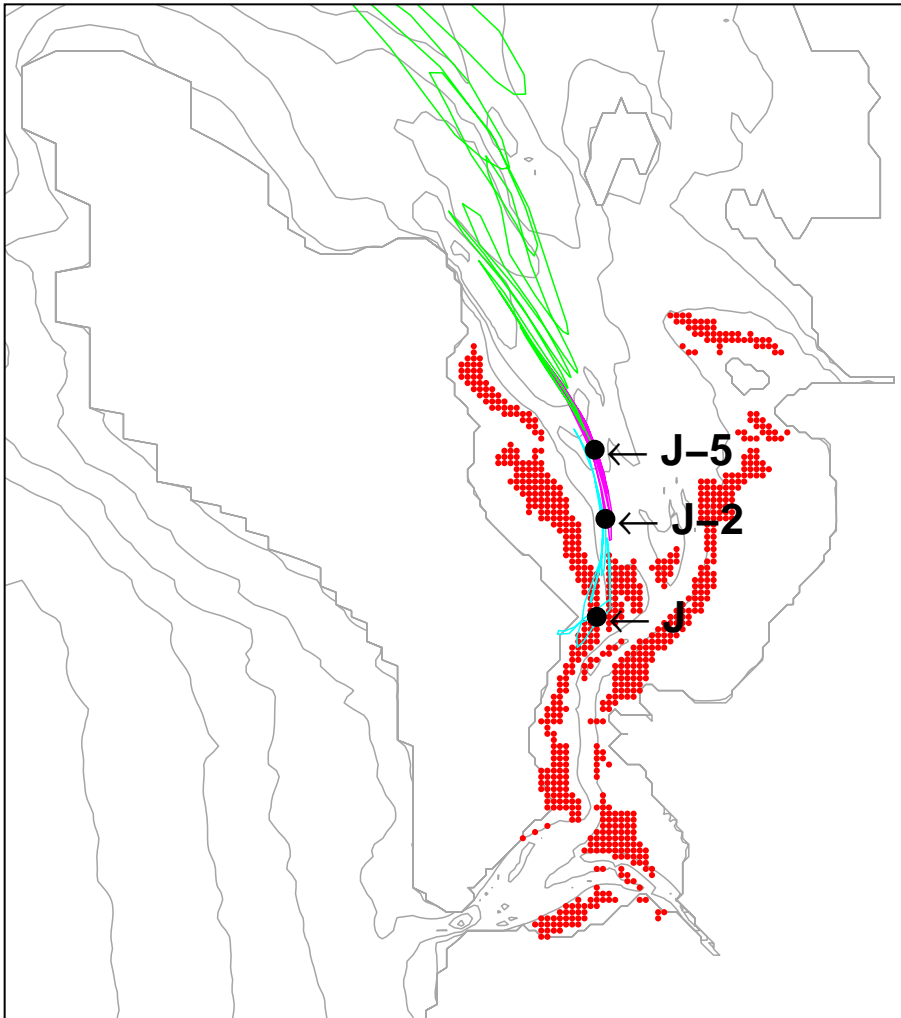
[Voir l'animation](#)

## ■ Calcul des trajectoires sur 10 jours : exemple en VE

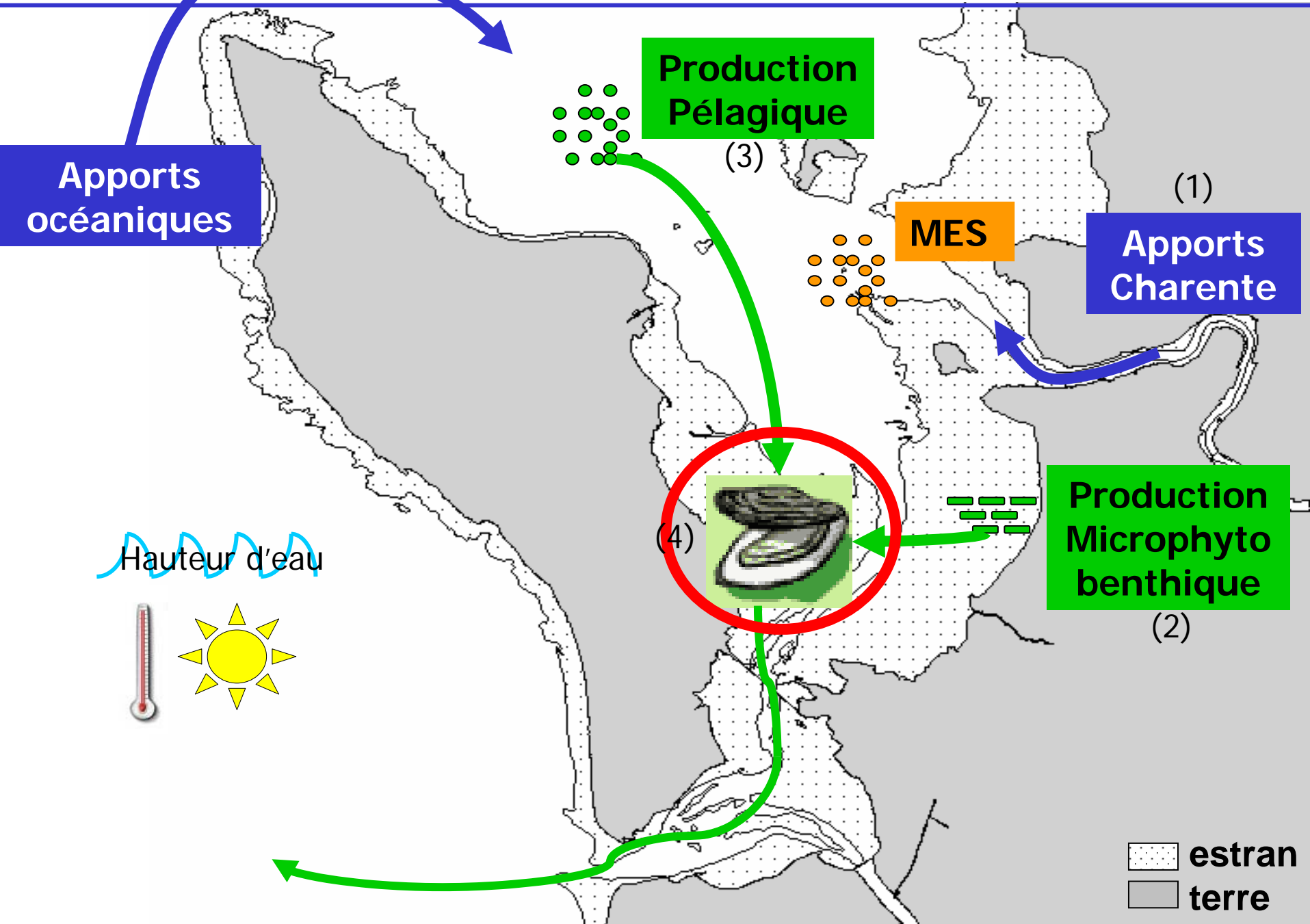


Temps de résidence des masses d'eau = 1 à 15 jours

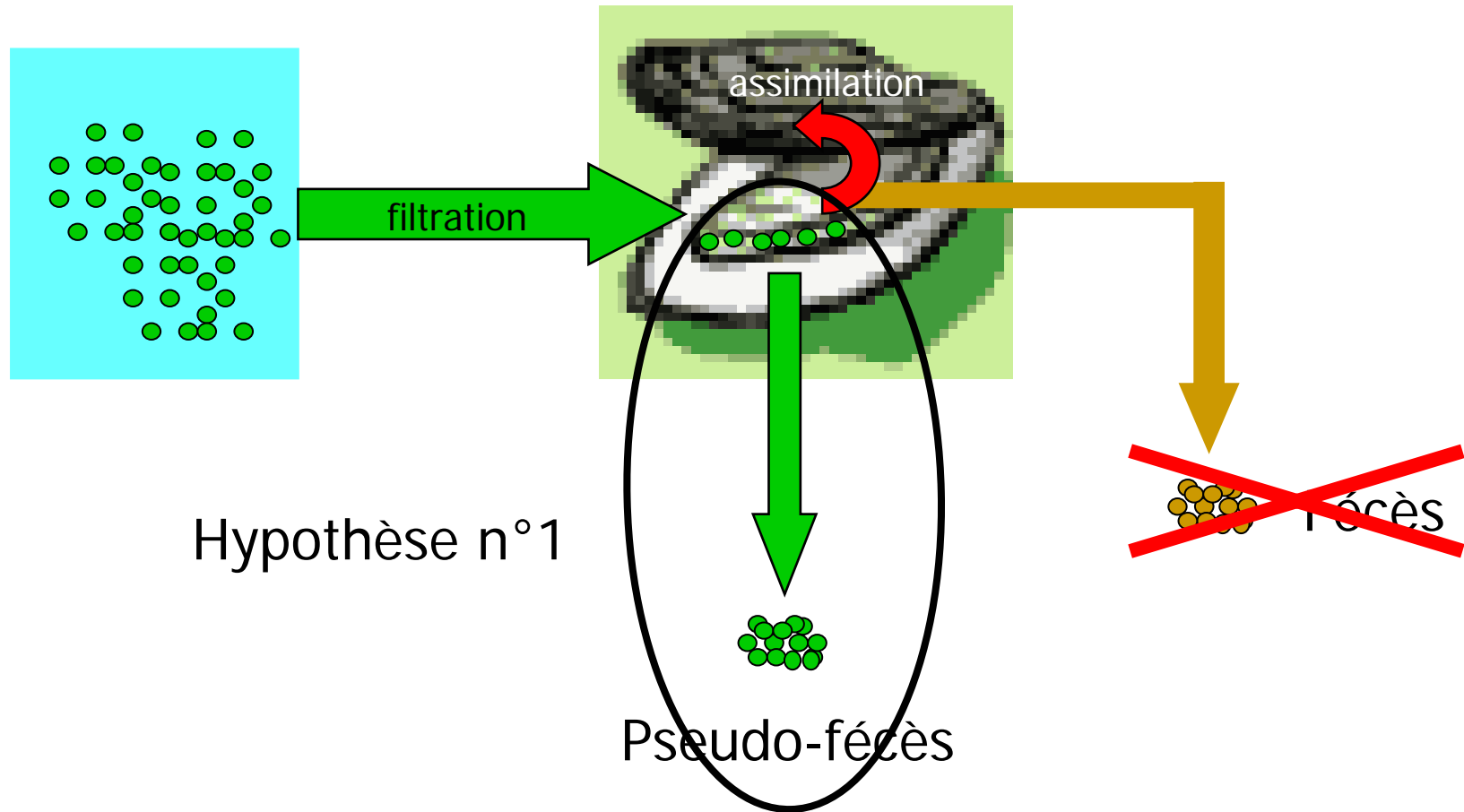
- Calcul des trajectoires à rebours sur 2, 5 et 10 jours



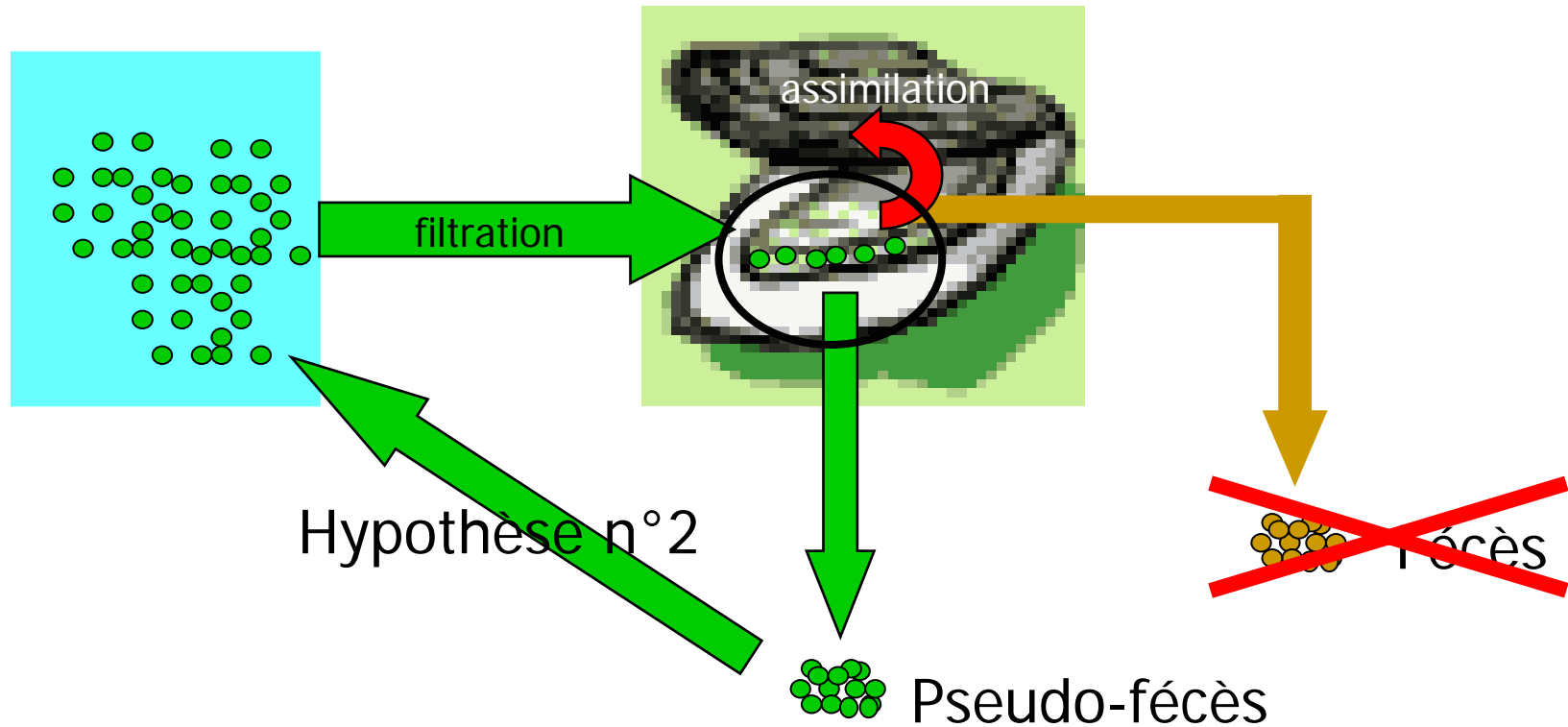
Différence Est / Ouest



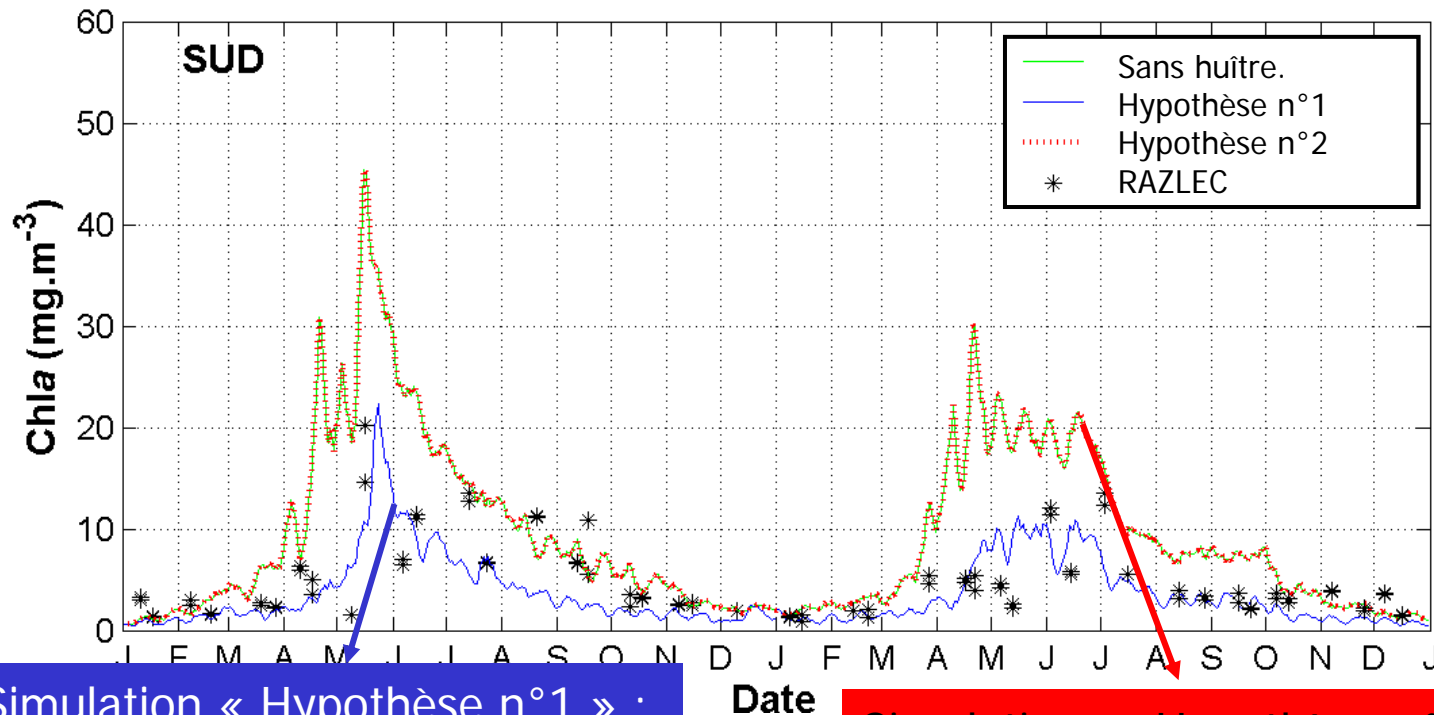
## ■ Modèle huître simplifié (d'après Barillé *et al.*, 1997 )



## ■ Modèle huître simplifié (d'après Barillé et al., 1997 )



- Simulations sur 2001-2002 :
- production microphytobenthique (remise en suspension uniforme de 25%)
- production pélagique ( $\alpha=0,01$ )
- intensité lumineuse réelle (données MétéoFrance)
- débits réels de Charente (Diren)
- signal saisonnier de MES uniforme sur la baie
- *Chla* océanique (Labry, 2001)  
*Chla* Charente = 0
- $\text{NO}_3$  océanique (BIOMET 1998, PLAGIAT 1999)  
 $\text{NO}_3$  Charente (Delmas, comm. pers.)
- 3 simulations :
  - sans huître
  - hypothèse n°1 (pas de retour PF)
  - hypothèse n°2 (retour PF)

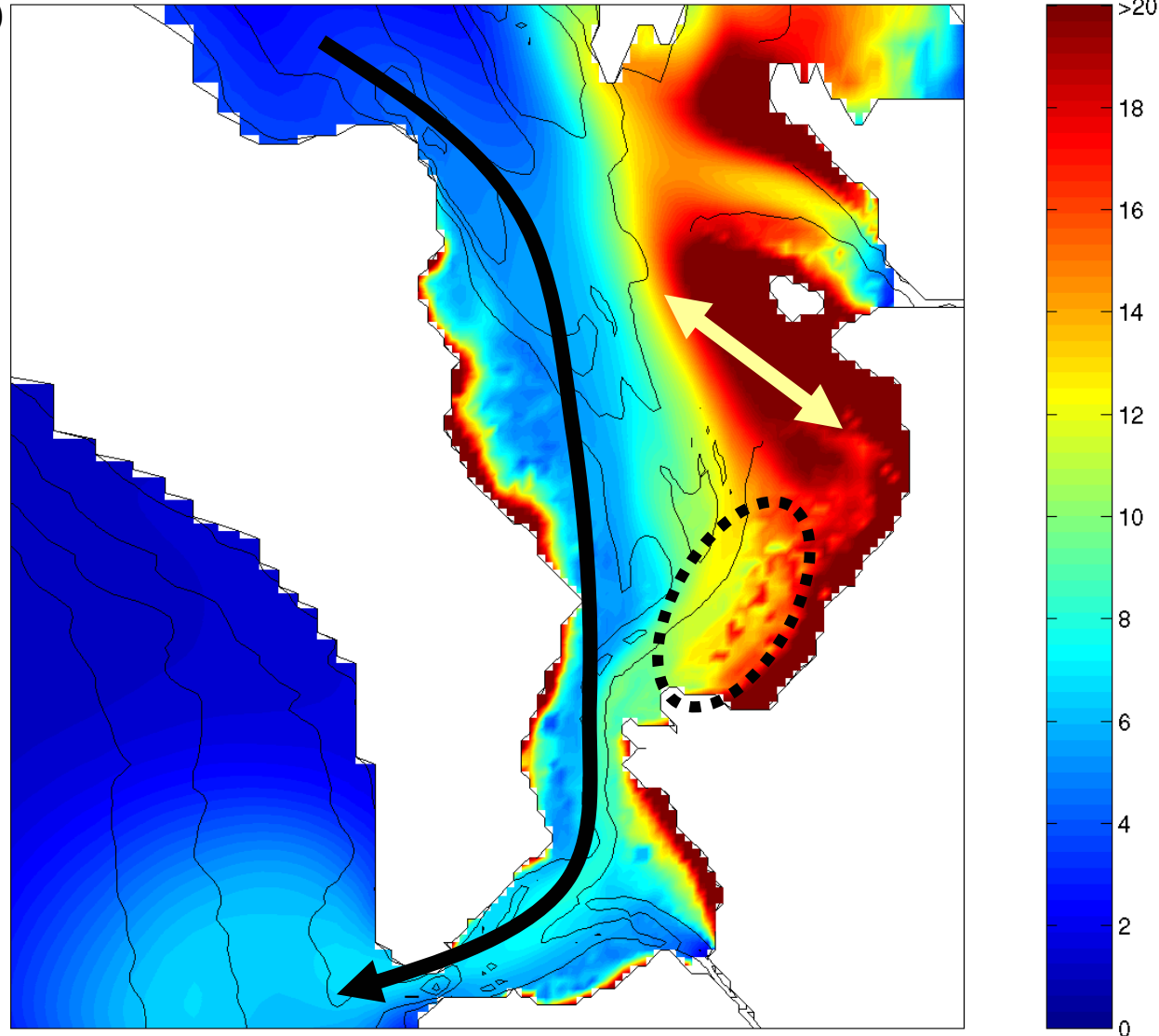


Simulation « Hypothèse n°1 » :  
Impact des huîtres réduction de  
50% des flux de *Chla* exportée

Simulation « Hypothèse n°2 » :  
Pas d'impact sur les quantités de *Chla*



MOYENNE MENSUELLE DE CHLa ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )  
JUILLET 2001



## Conditions de simulation:

- production pélagique ( $\alpha=0,01$ )

- production microphytobenthique (remise en suspension uniforme de 25%)

- hypothèse n°1 (pas de retour PF)

## Forçages :

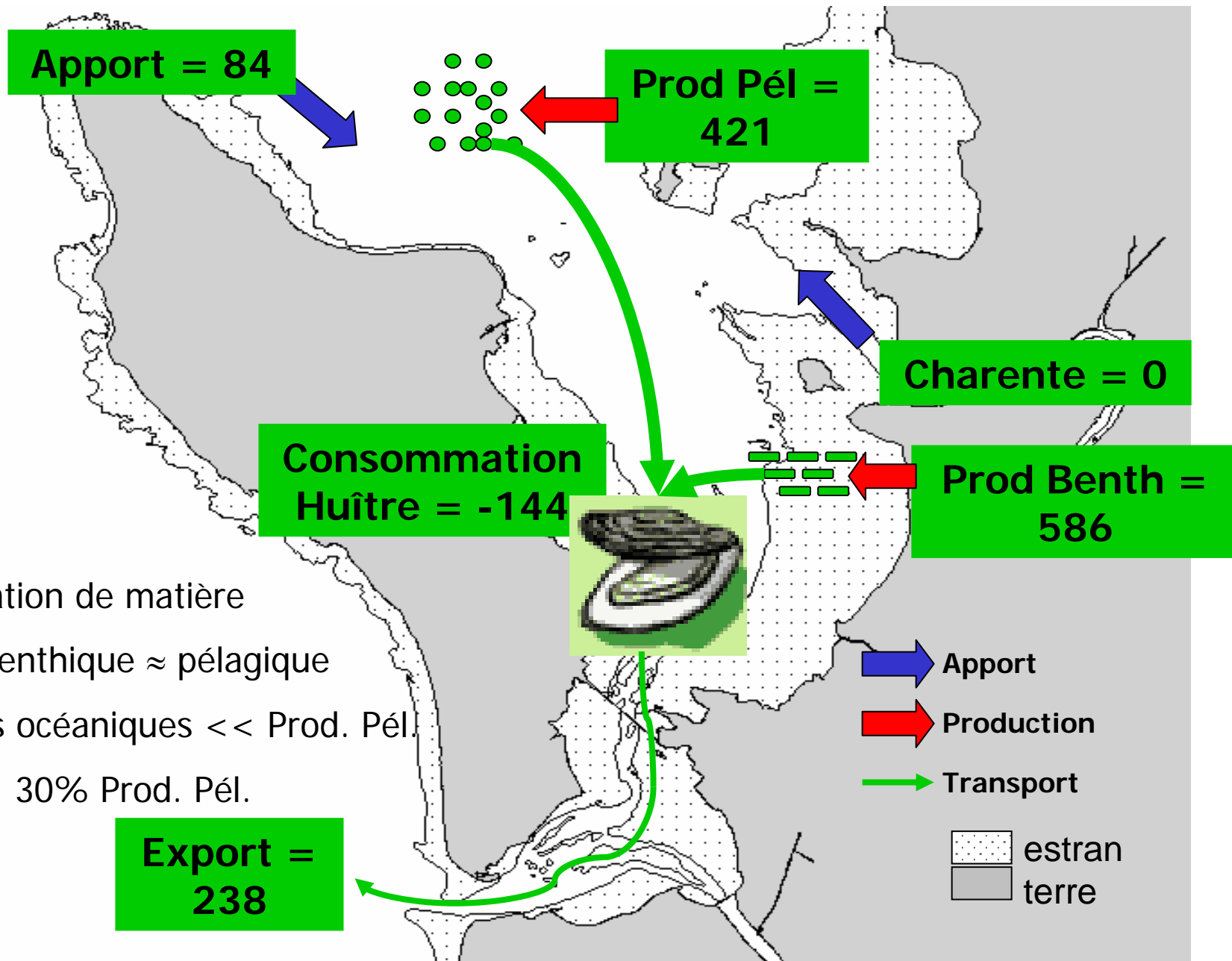
- conditions météo réelles (MétéoFrance)

- débits réels de Charente (Diren)

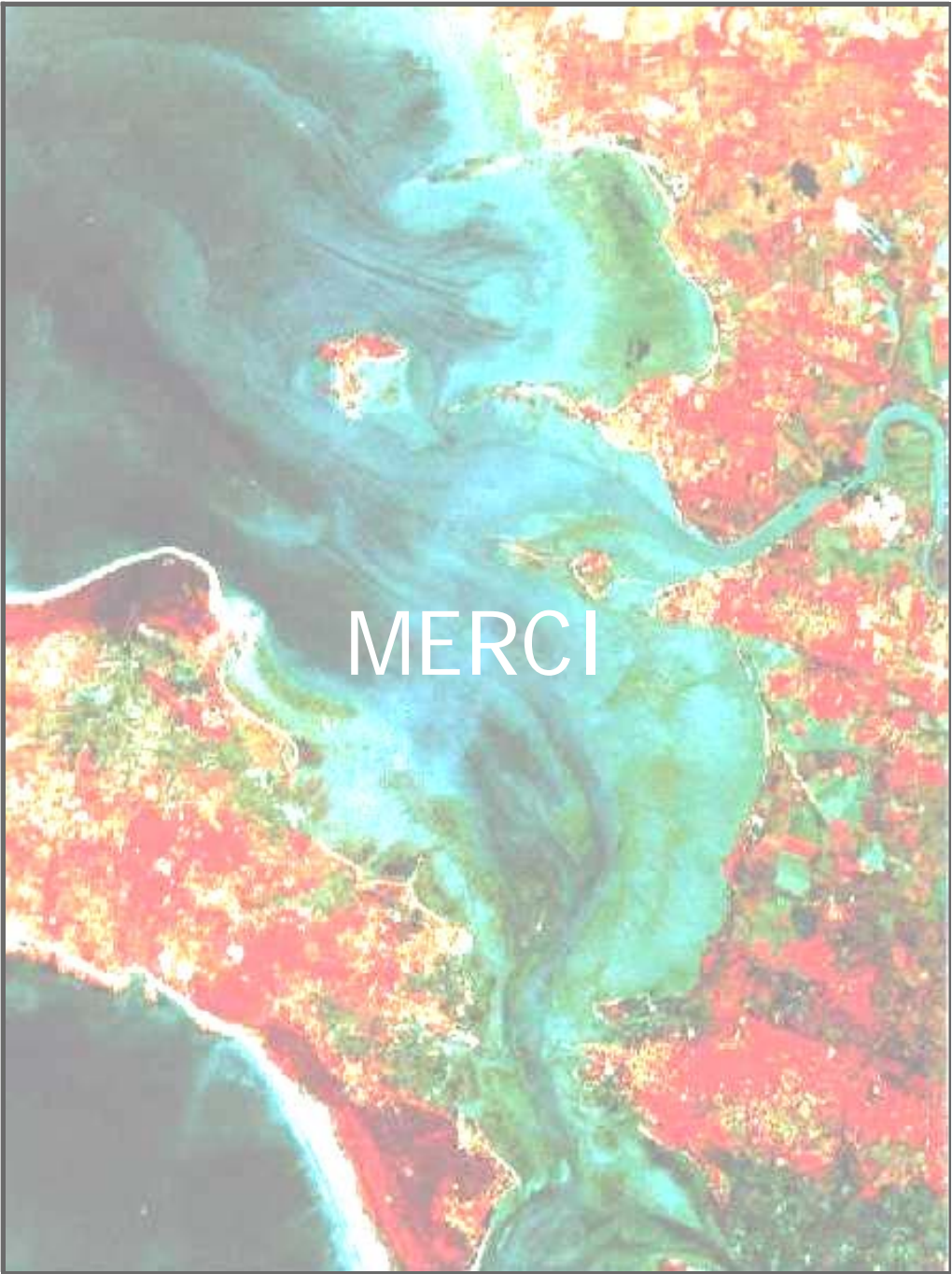
- signal saisonnier de MES uniforme sur la baie

- Chl a océanique (Labry, 2001)  
Chl a Charente = 0

- NO<sub>3</sub> océanique (BIOMET 1998, PLAGIAT 1999)  
NO<sub>3</sub> Charente (Delmas, comm. pers.)



- Un modèle avec des limites ...
    - production microphytobenthique sur tous les estrans
    - coefficient de remise en suspension uniforme
    - forçage MES imposé uniforme sur l'ensemble de la baie
    - uniformité de la colonne d'eau
    - rôle du P ? rôle de  $\text{NH}_4$  ?
    - rôle de la matière détritique ?
  - ... MAIS !
    - première estimation globale de la production primaire
    - couplage productions benthique et pélagique
    - décrire la physique de la baie (temps de résidence, trajectoires)
    - différences Est/Ouest importantes : origine du plancton, production pélagique
- Différences Est/Ouest dans les taux de croissance ?
- Si oui : validation du modèle = un véritable outil de gestion conchylicole



MERCI