

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

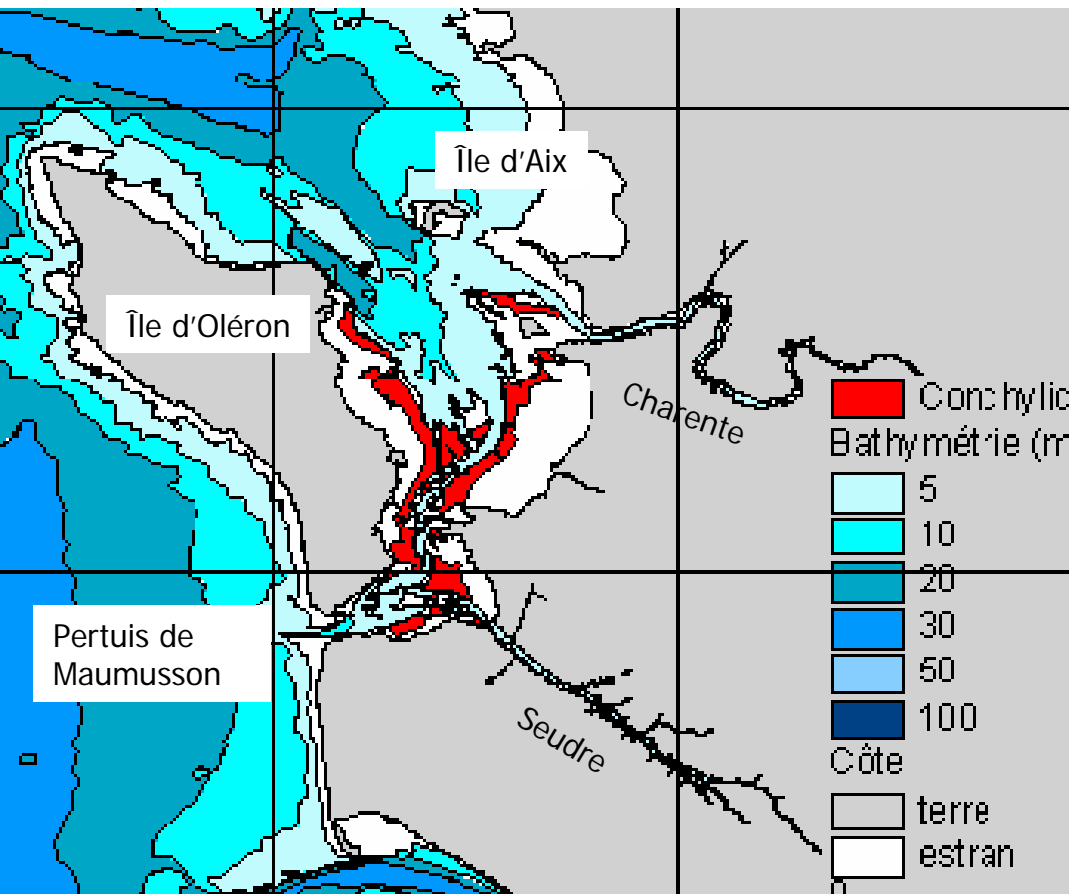
couplage de l'hydrodynamisme, de la
production primaire et de la consommation
par les huîtres

Caroline STRUSKI



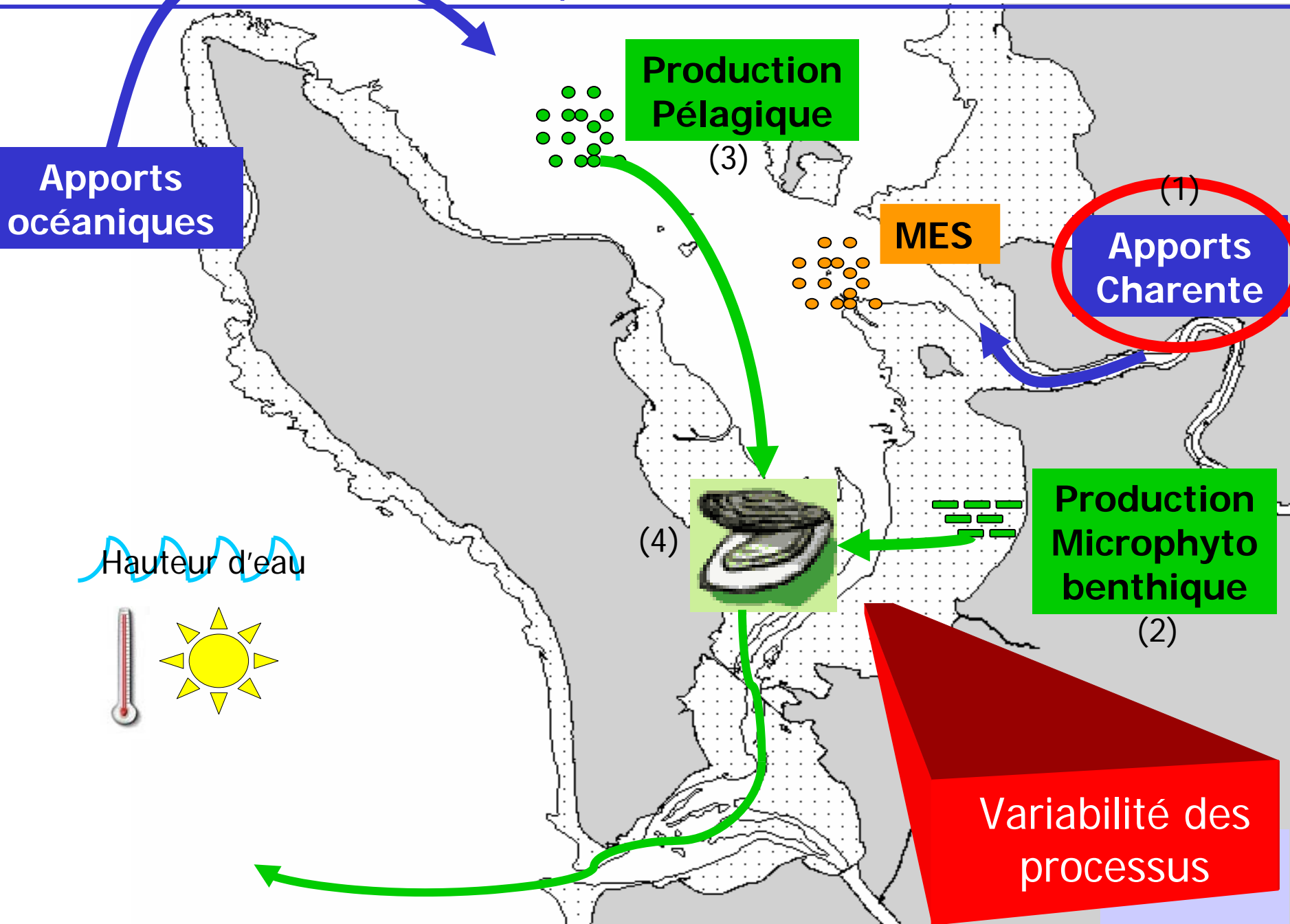
CREMA



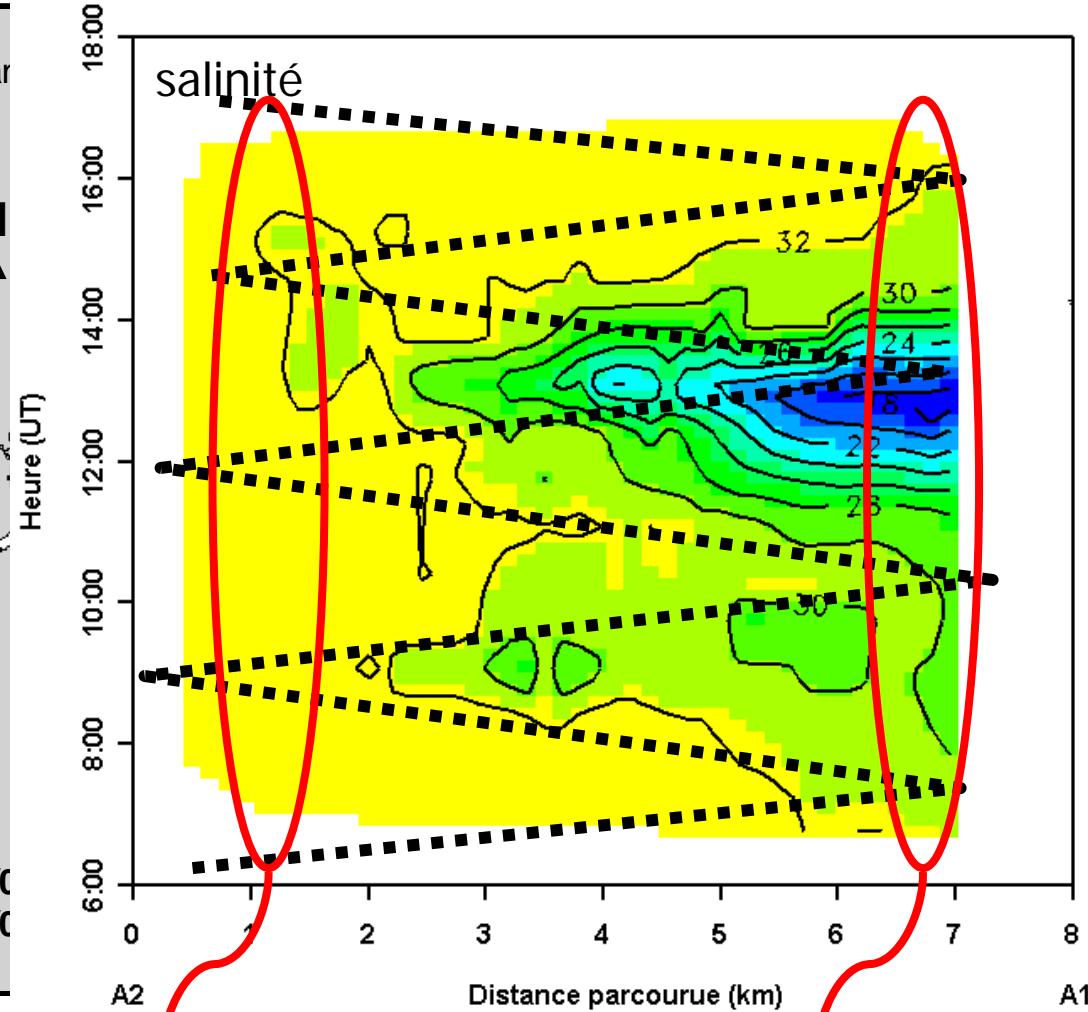
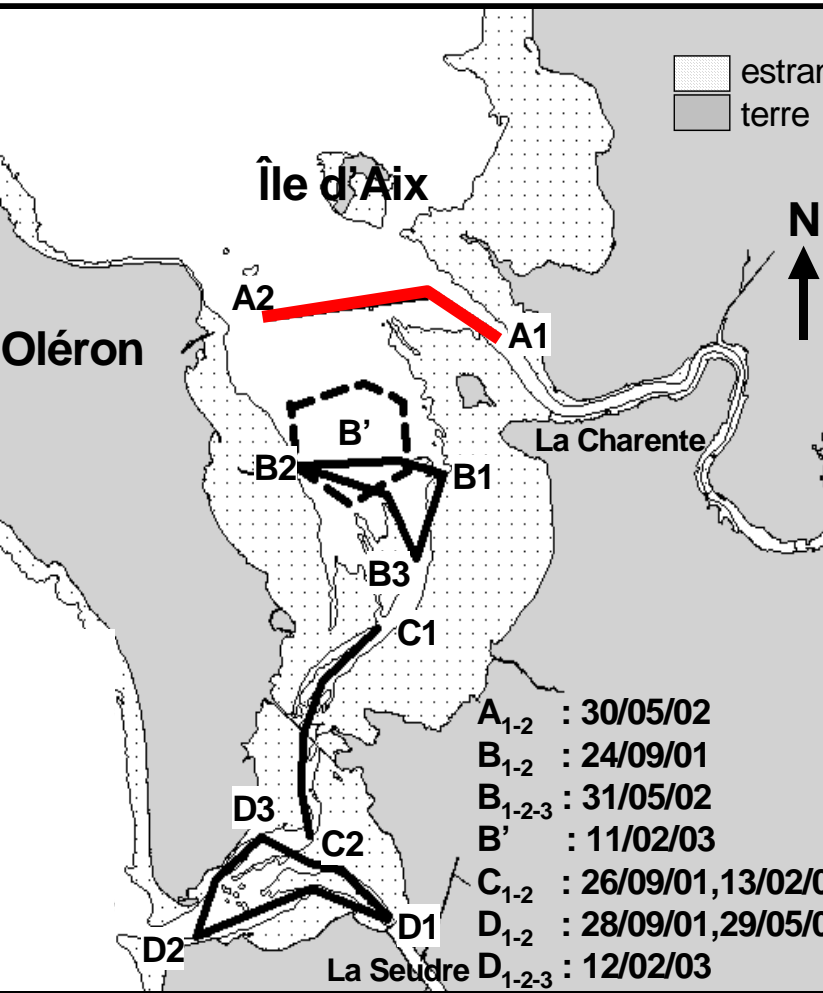


- Superficie : 180 km²
- Milieu vaseux et turbide
- Ostréiculture =
 - Stock ~ 81 000 t
 - Production annuelle ~ 40 000 t/an
 - Capacité atteinte / augmentation du temps de croissance
- Nourriture disponible ?

- 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 ?



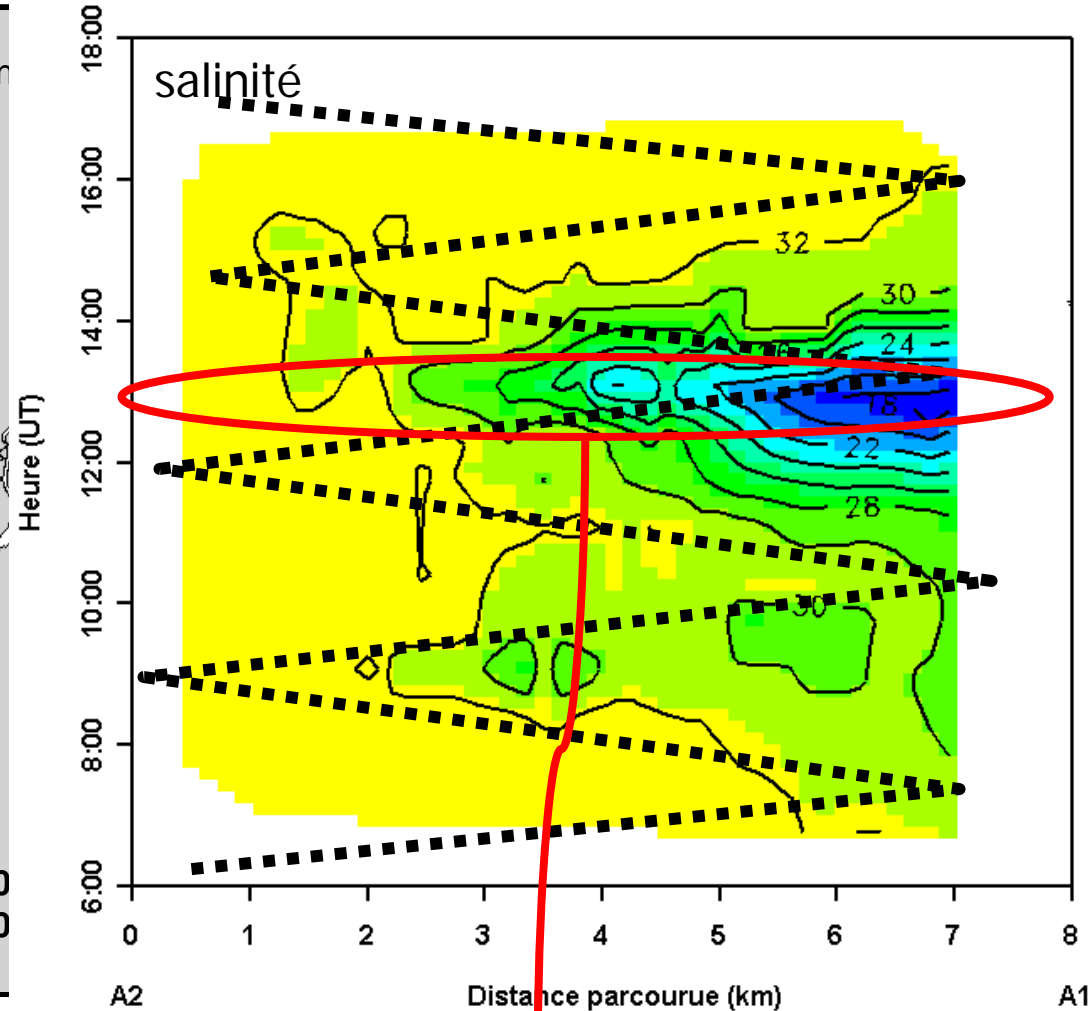
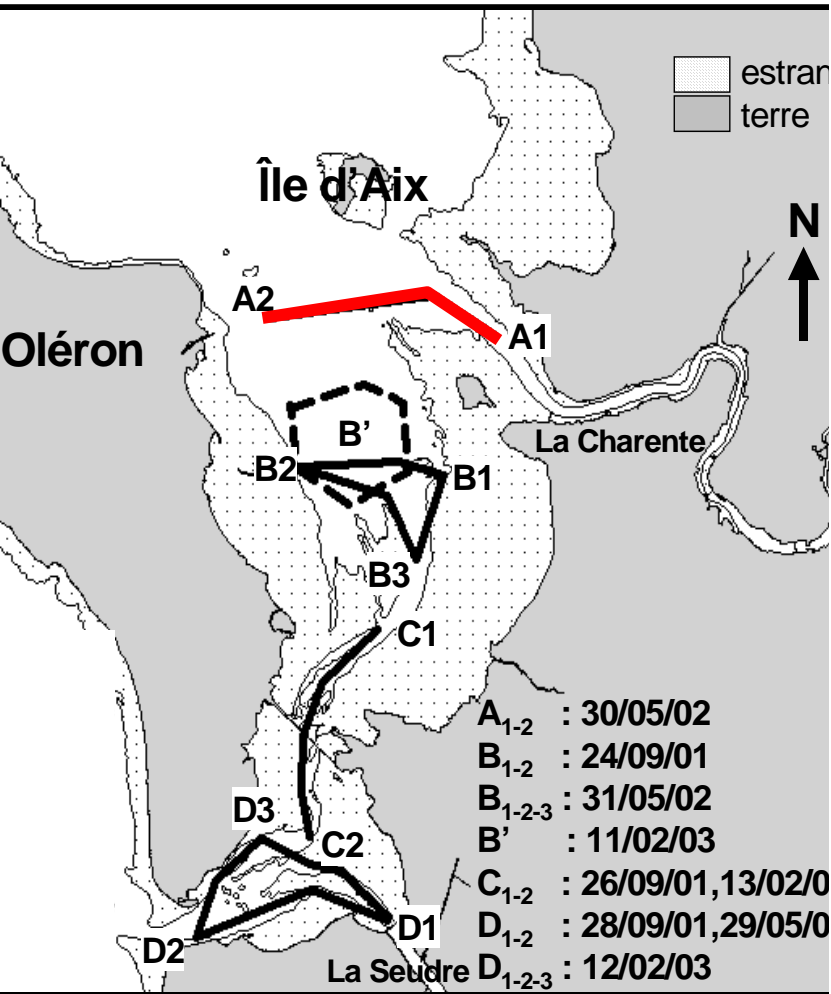
Acquisition en continu (sonde YSI) : salinité et Chla



Au large :
peu de variabilité temporelle

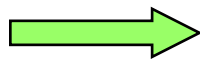
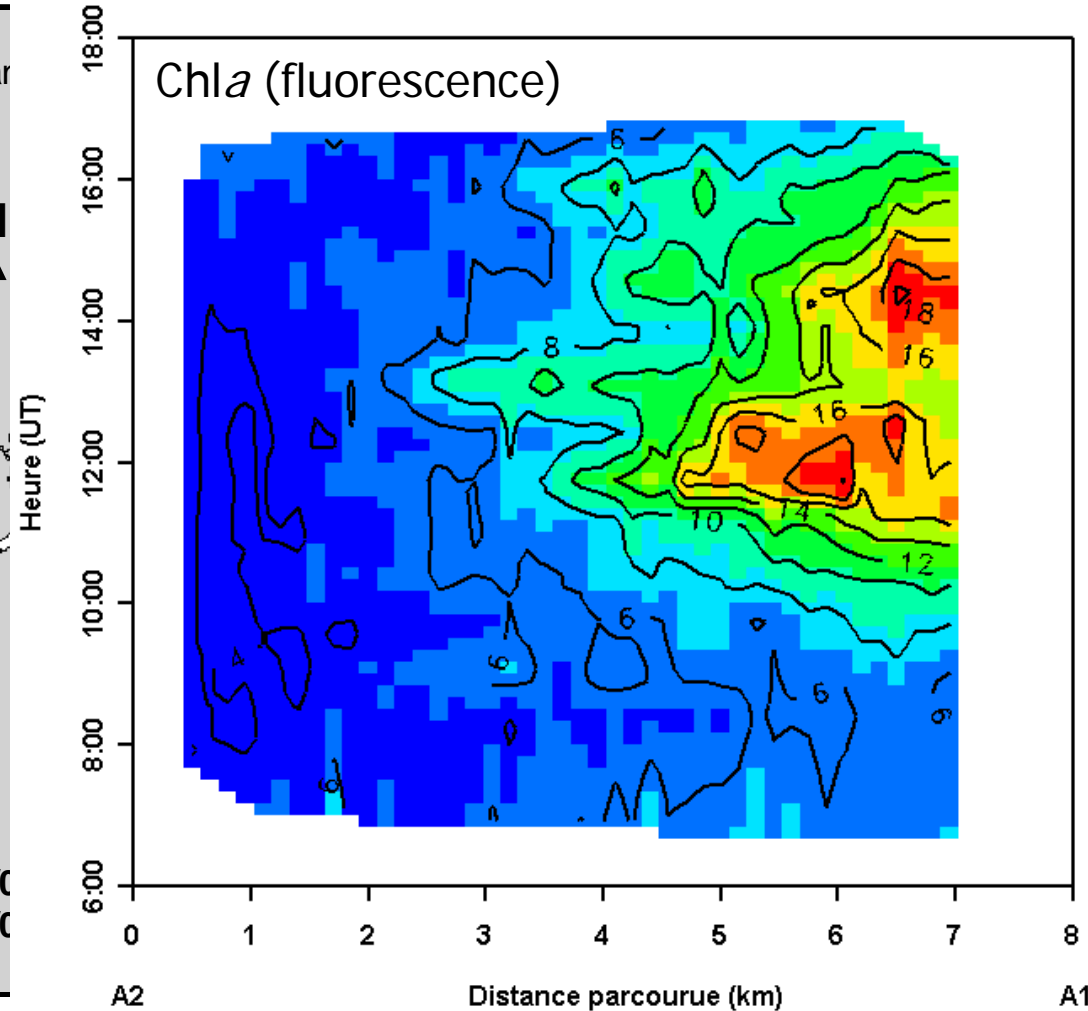
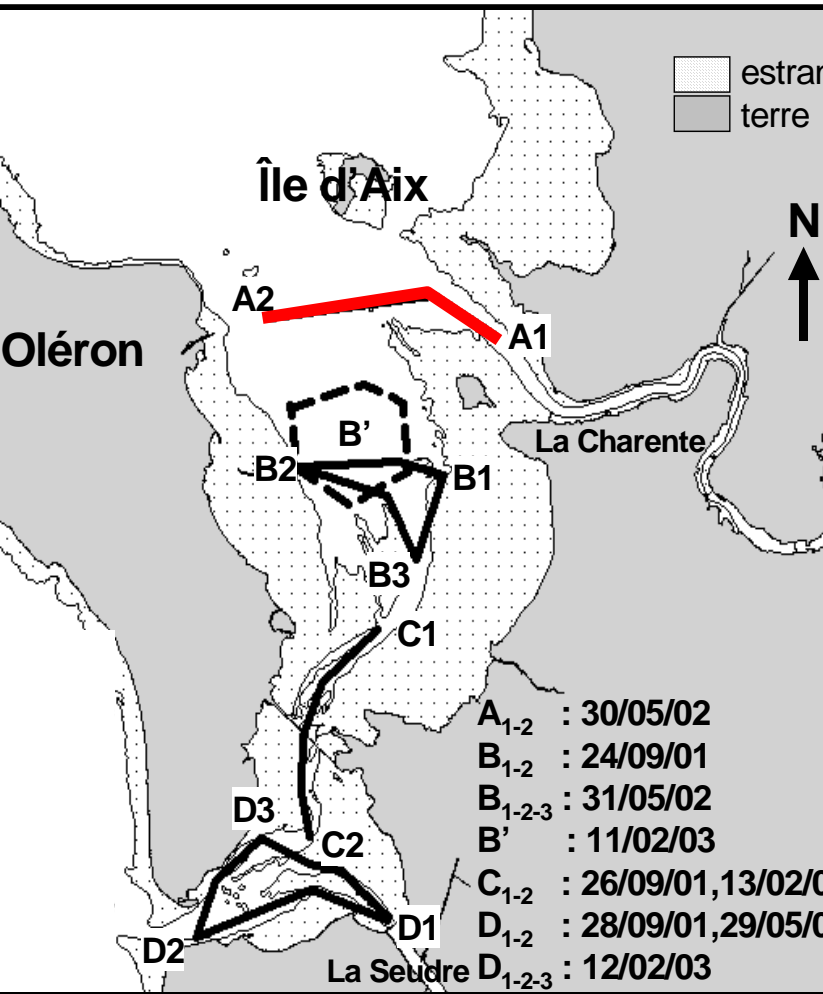
A l'embouchure :
forte variabilité temporelle

Acquisition en continu (sonde YSI) : salinité et Chla



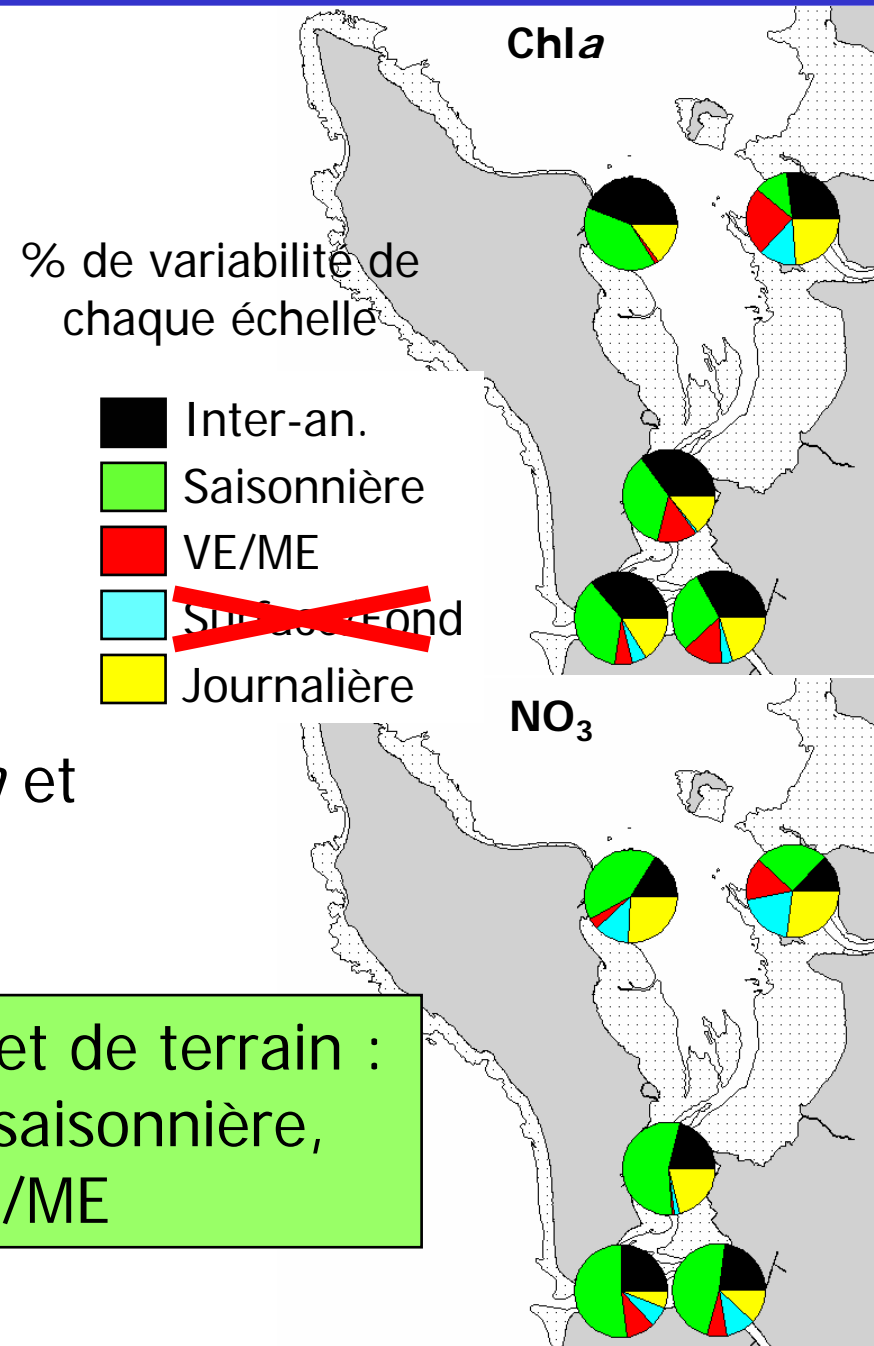
A basse-mer :
Forte variabilité spatiale

■ 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

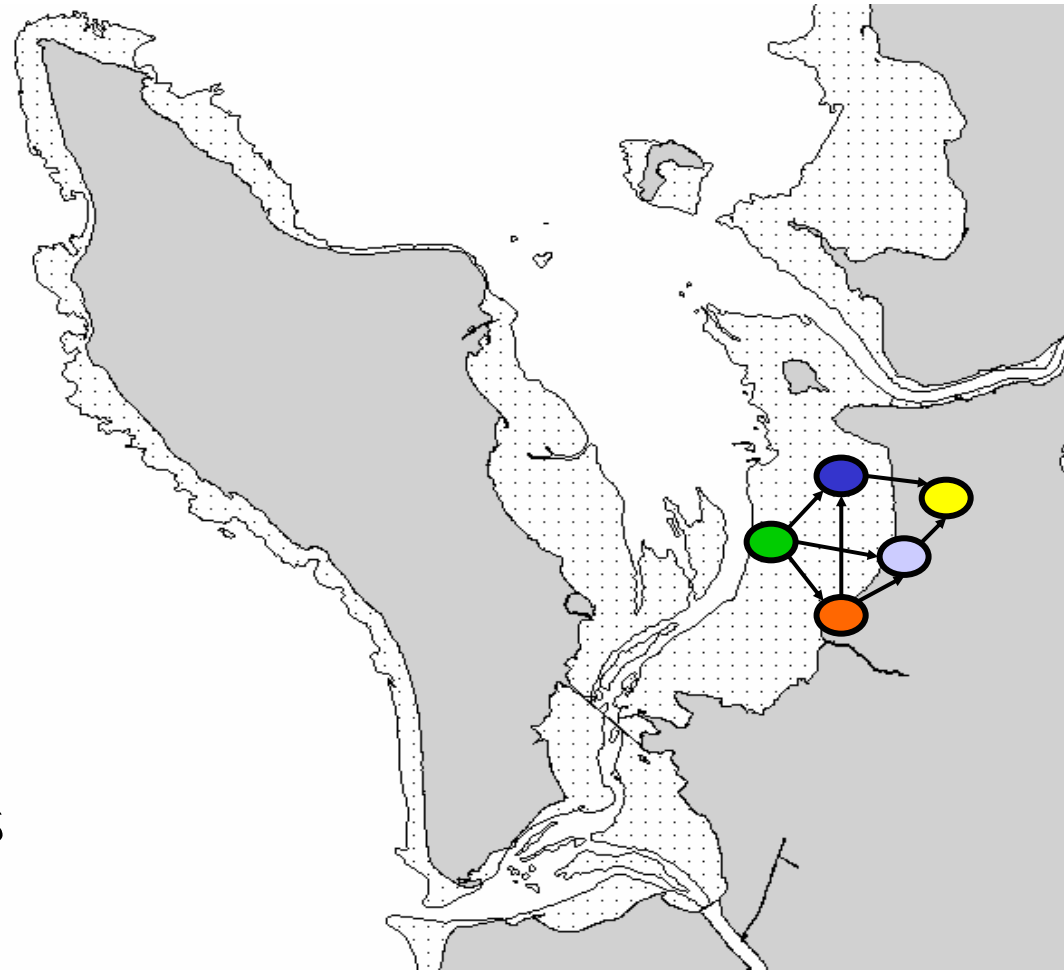
- Capacité trophique : modèles en boîtes couplant production primaire et croissance des huîtres

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

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

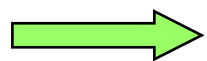
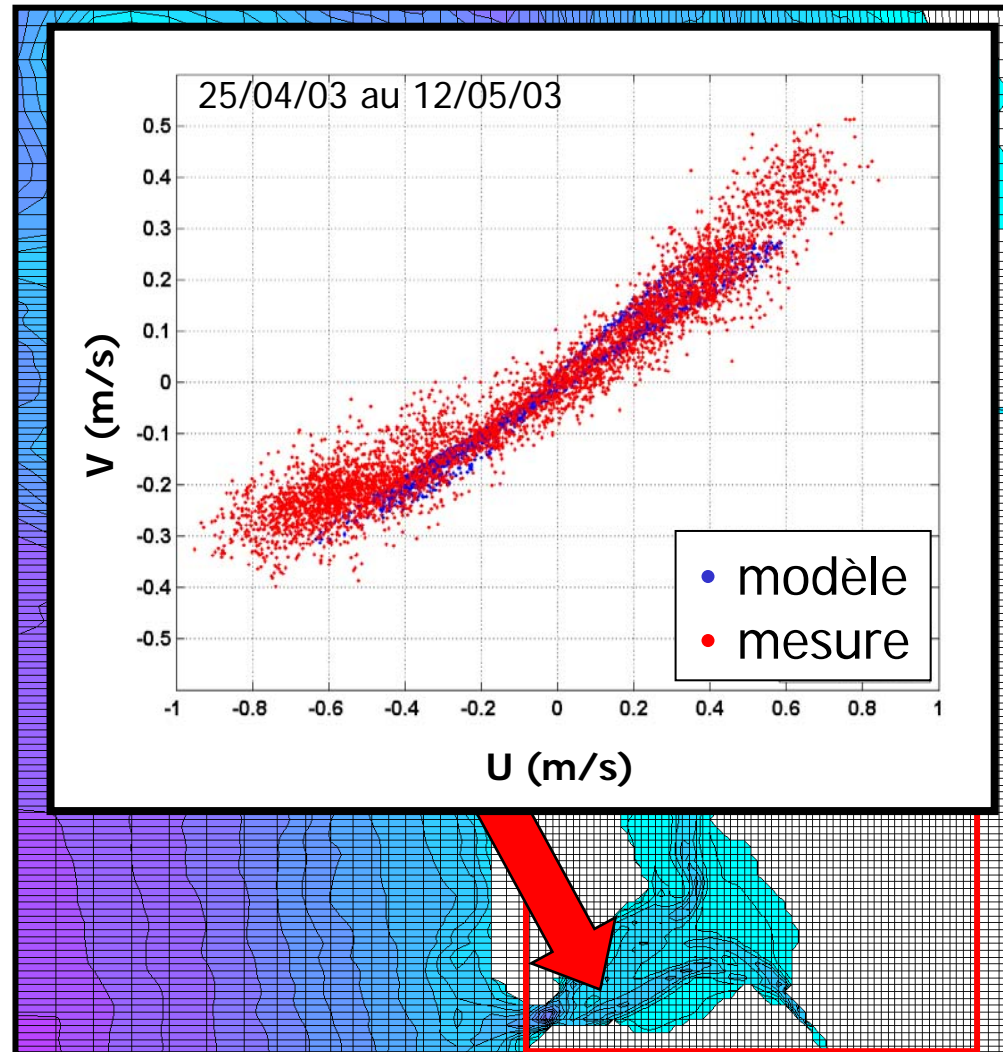
(SiAM2D par Le Hir *et al.*, 2000)

- Flux de matières dans le réseau trophique et échanges benthos/pélagos : analyse inverse (Leguerrier *et al.*, 2003; 2004)

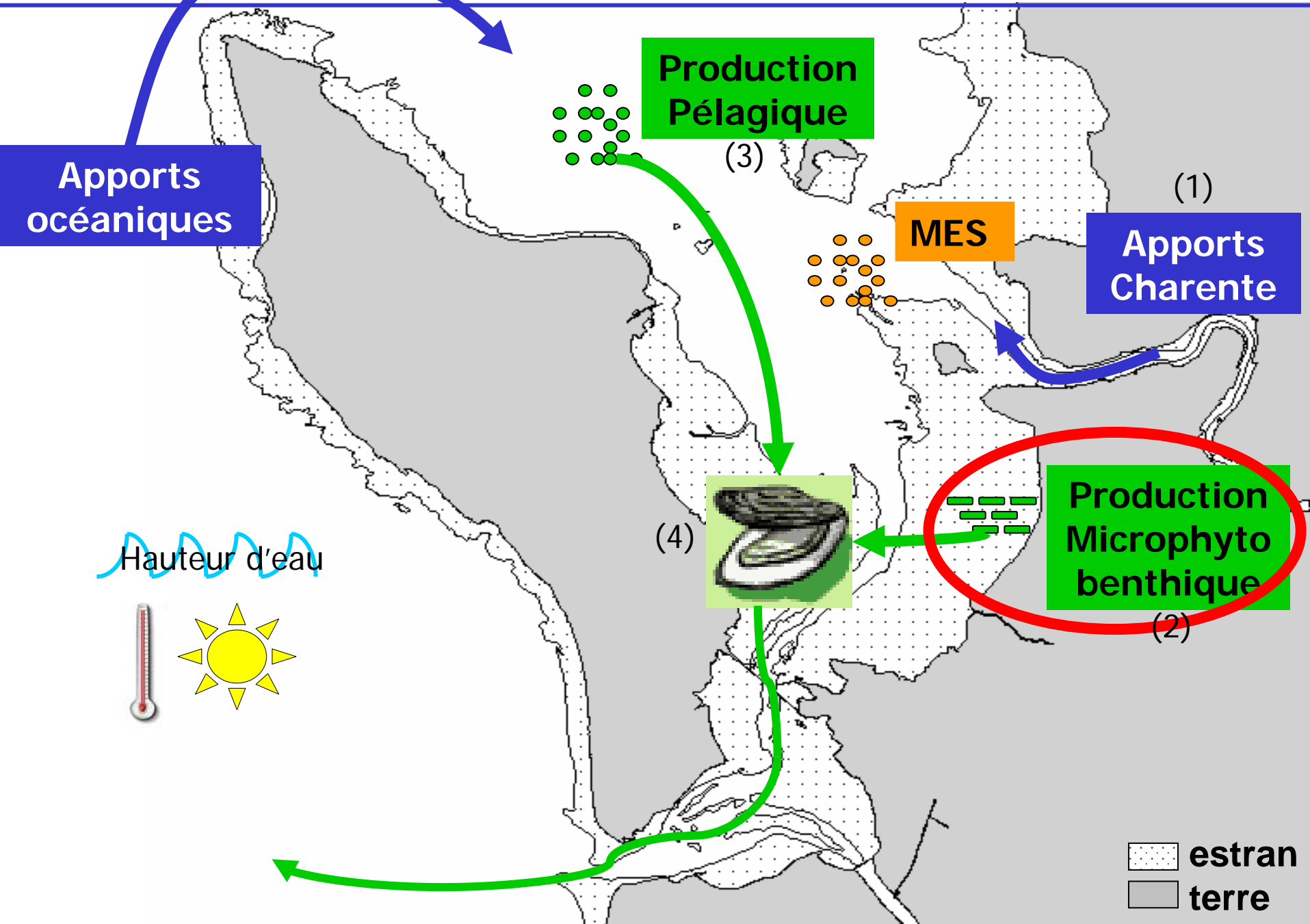


- Être + réaliste dans les sources de nourriture
- Production, remise en suspension et devenir du microphytobenthos
- Loi de production primaire pélagique propre à Marennes-Oléron
- Paramètres photosynthétiques de cette loi peuvent ...
 - ... varier spatialement (hétérogénéité des masses d'eau)
 - ... 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



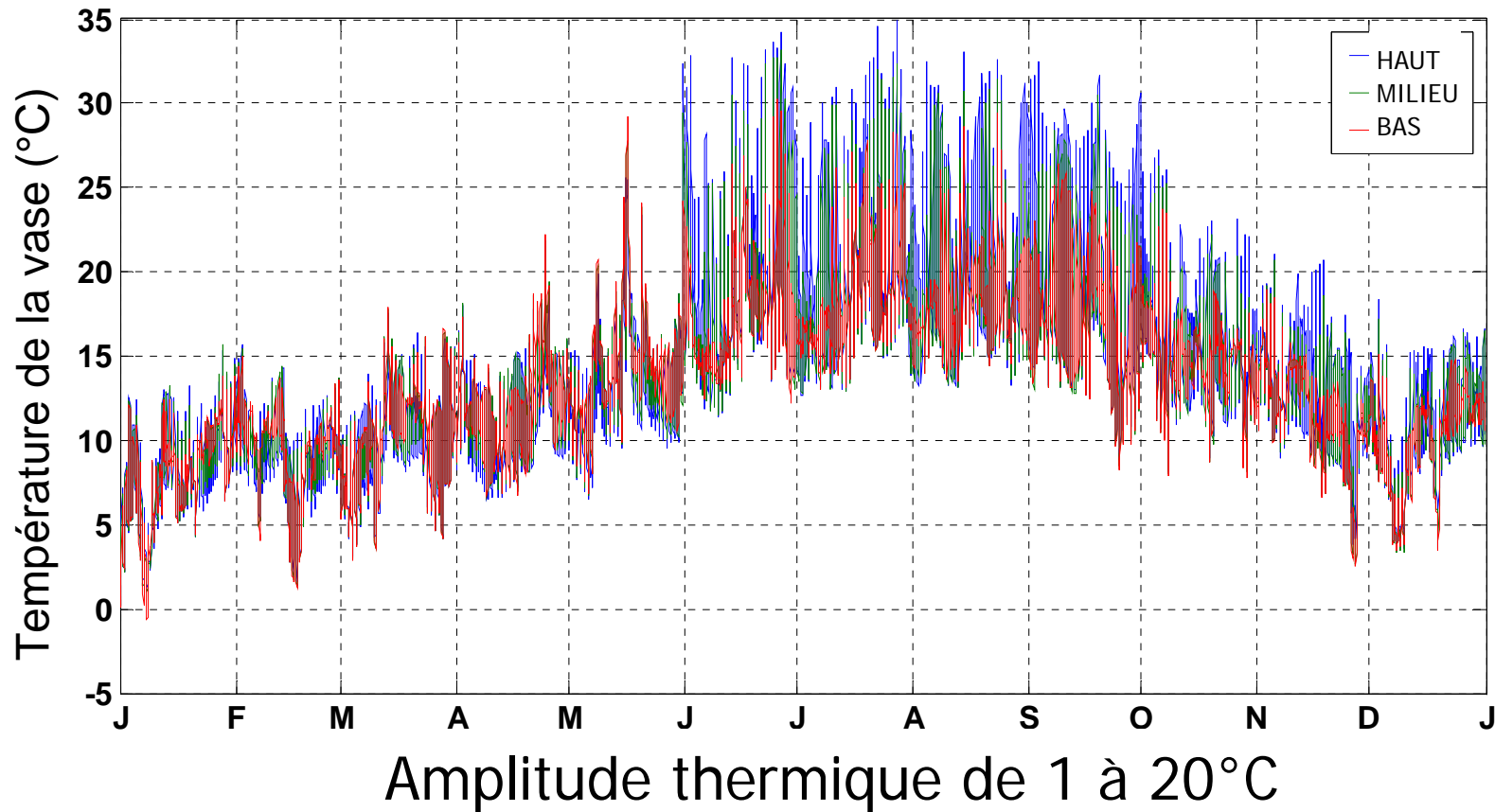
Couplage des modèles biologiques



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

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

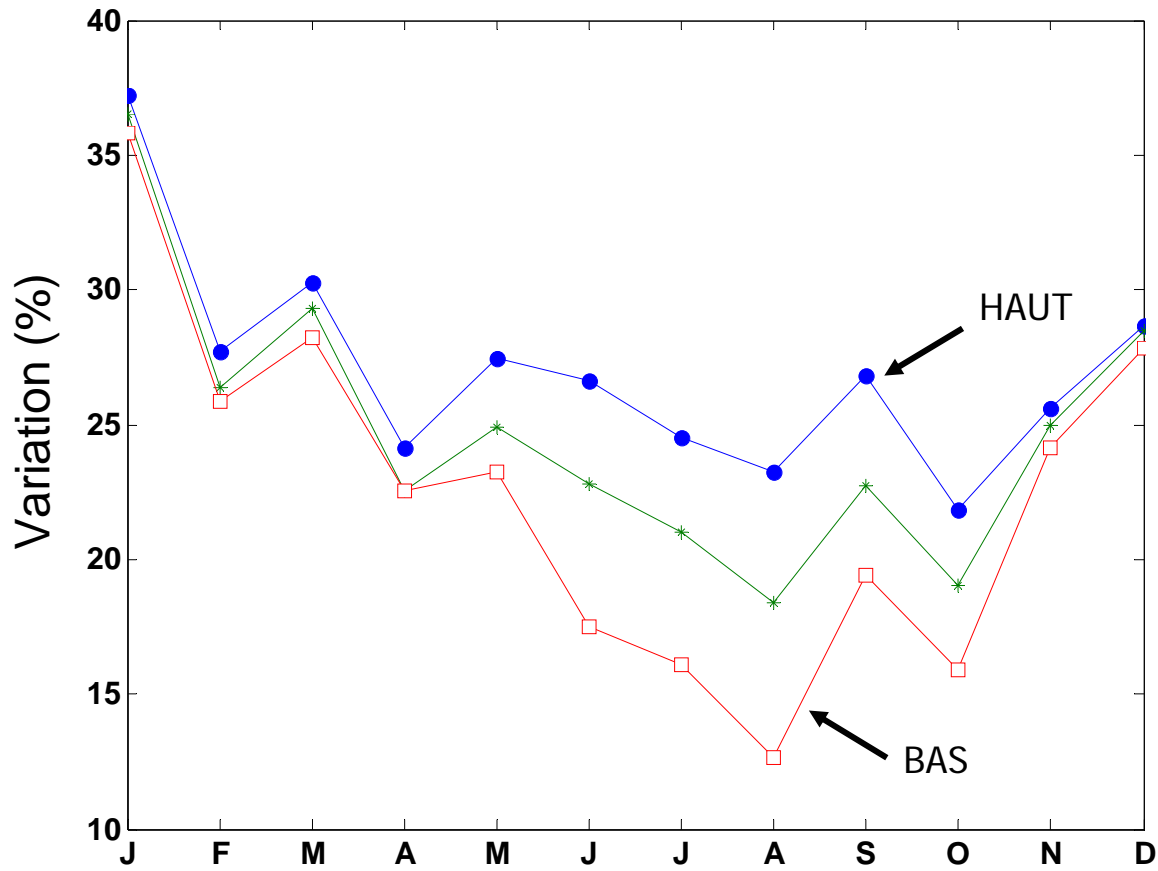
Température simulée dans SiAM2D - 2002



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

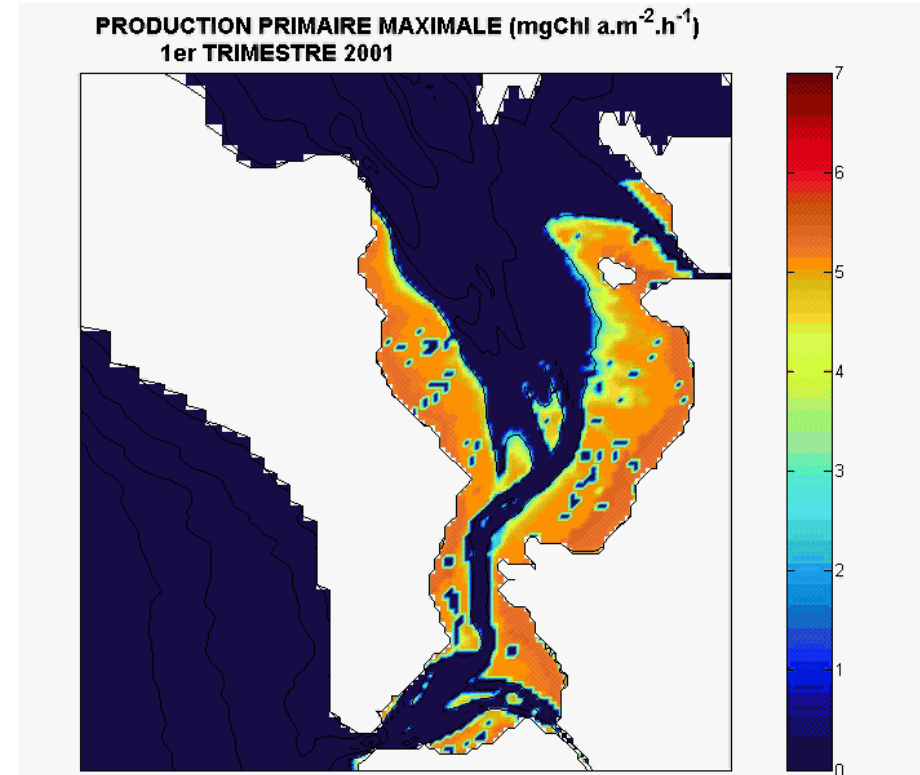
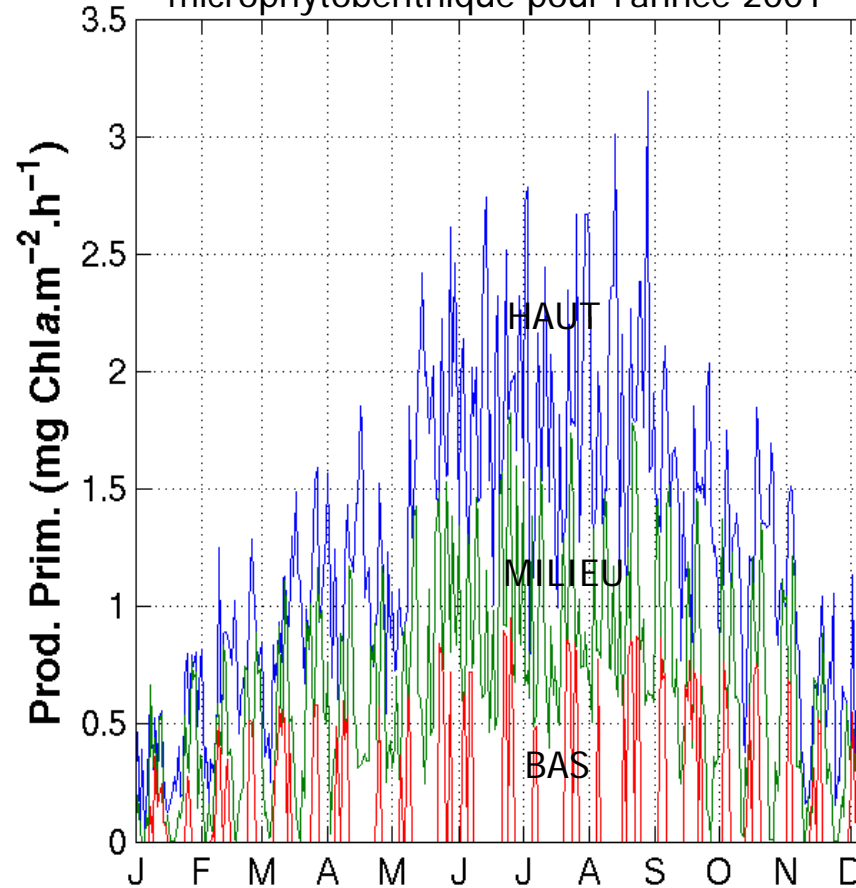
(Guarini, 1998)

■ Couplage dans SiAM2D



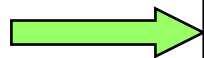
Variabilité mensuelle : 15 à 35%

Simulation de la production
microphytobenthique pour l'année 2001



[Voir l'animation](#)

Production annuelle = 586 tChla



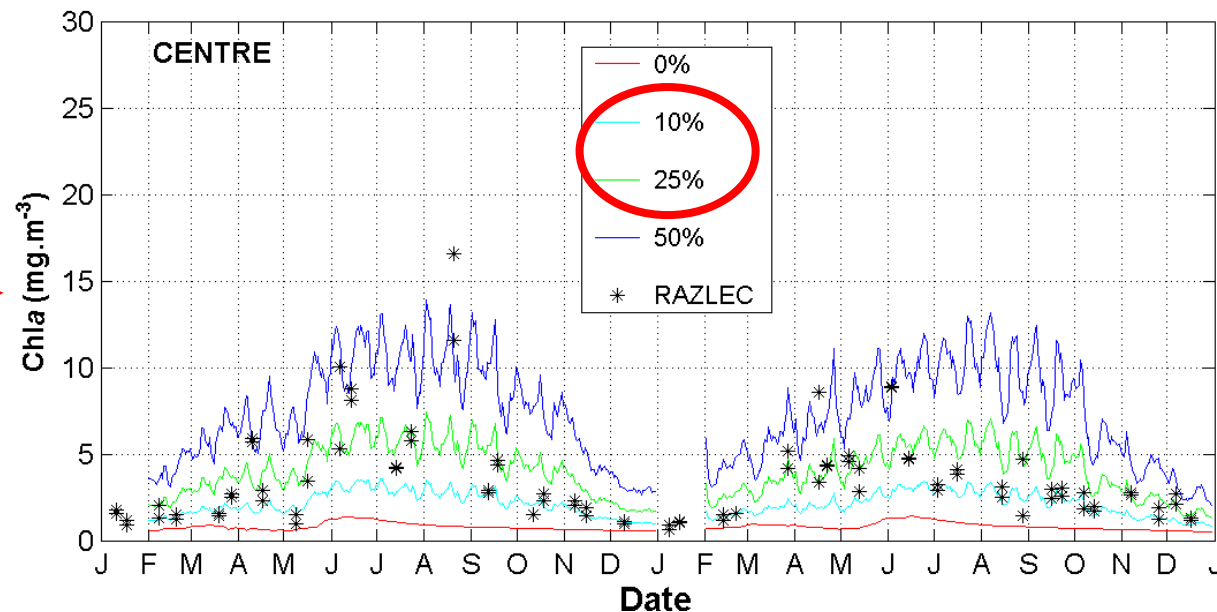
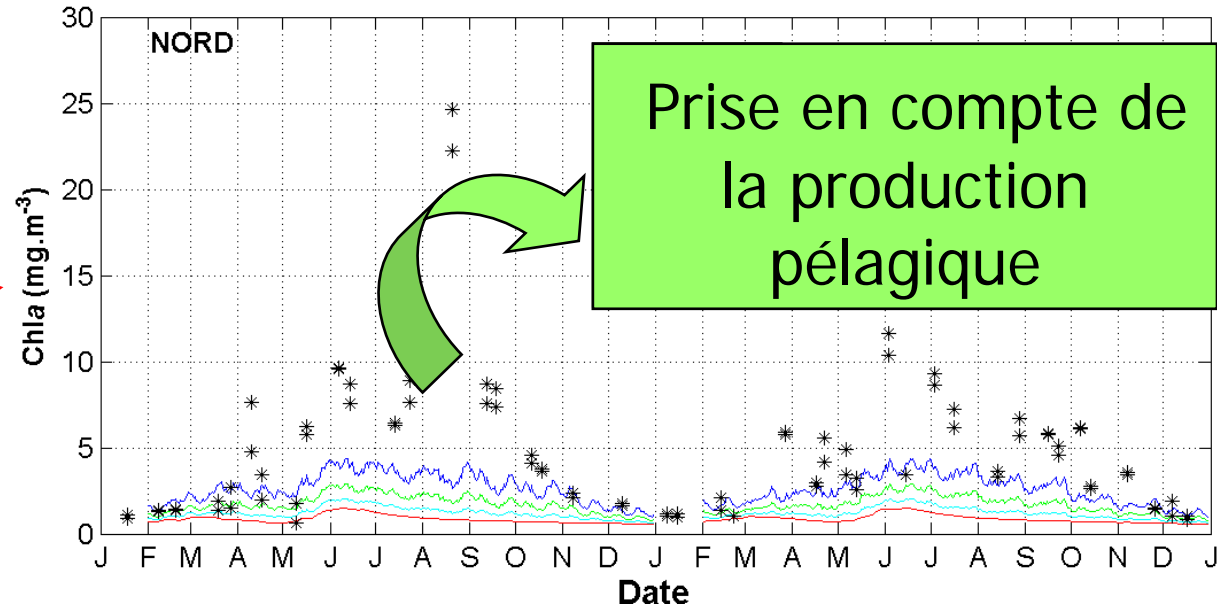
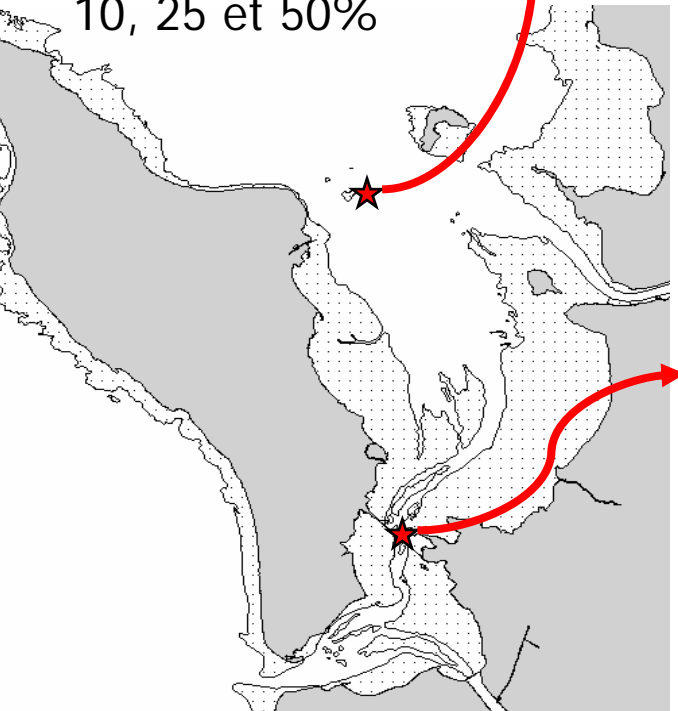
Quelle quantité est remise en suspension ?

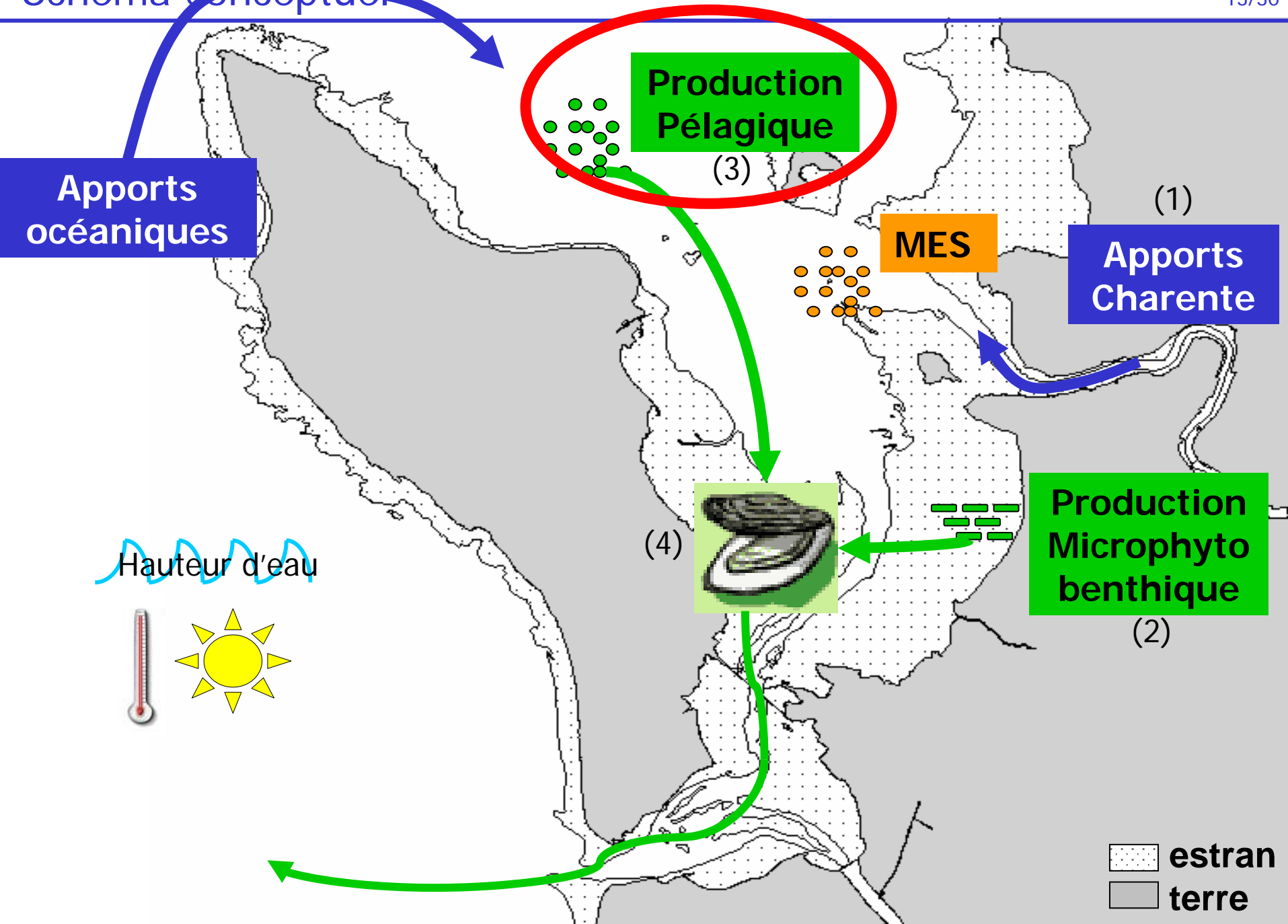
- Simulation : remise en suspension + transport

- 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%

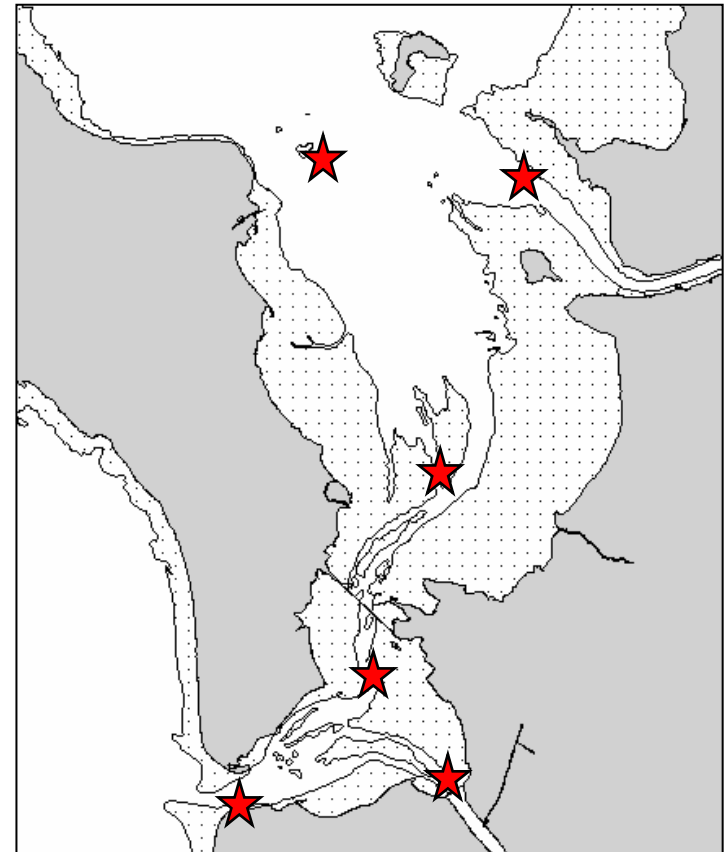




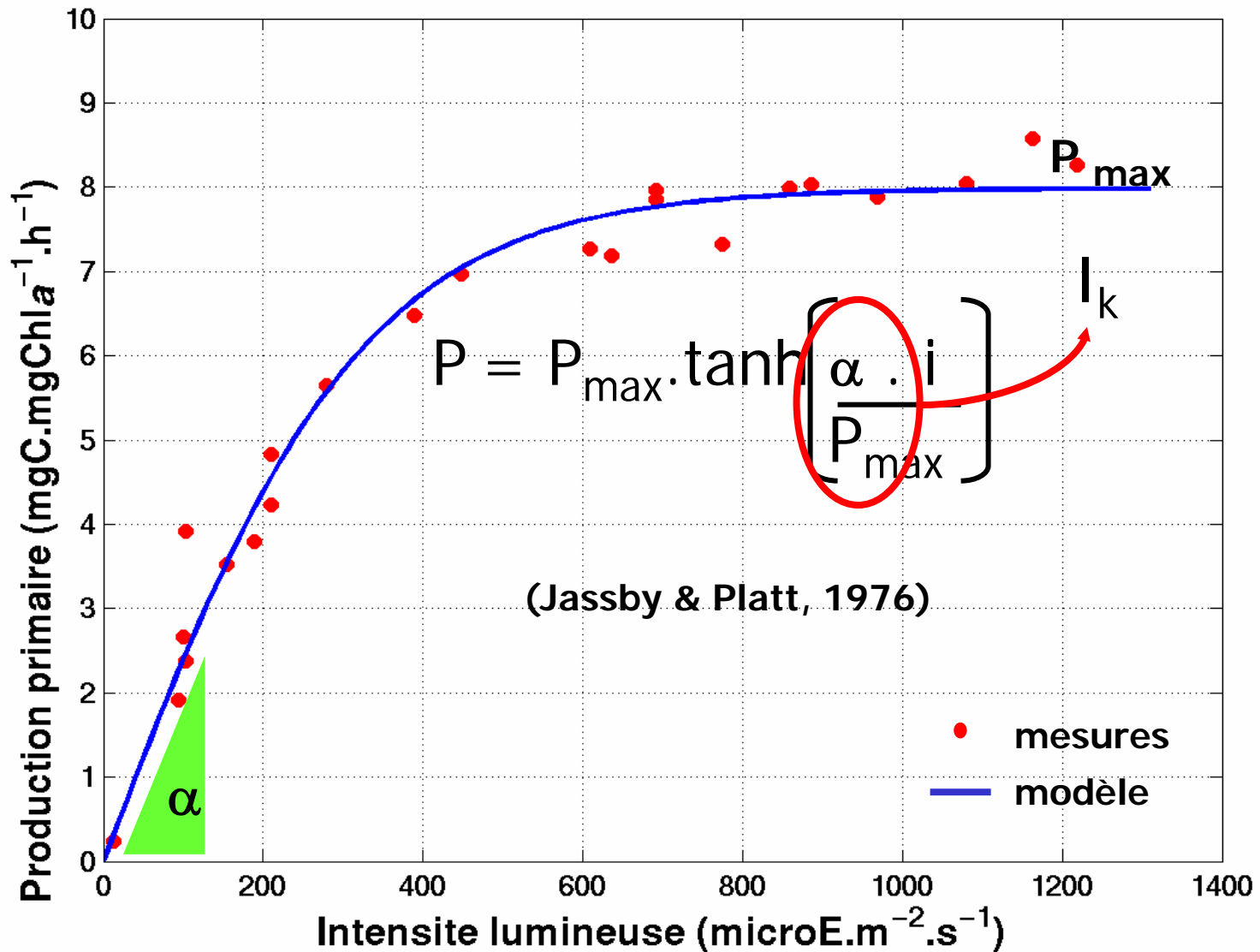
■ $Prod = Prod_{max} \times f(Temp) \times f(Lum) \times f(SelsNut)$ (Cugier, 1999)

■ 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) $\text{mgC.mgChl}a^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{(\mu E.m}^{-2}.\text{s}^{-1})^{-1}$
- $I_k = 181 - 772$ (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⁻².h⁻¹ (octobre, mars)

| 10 - 50 mgC.m⁻².h⁻¹ (juin)

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

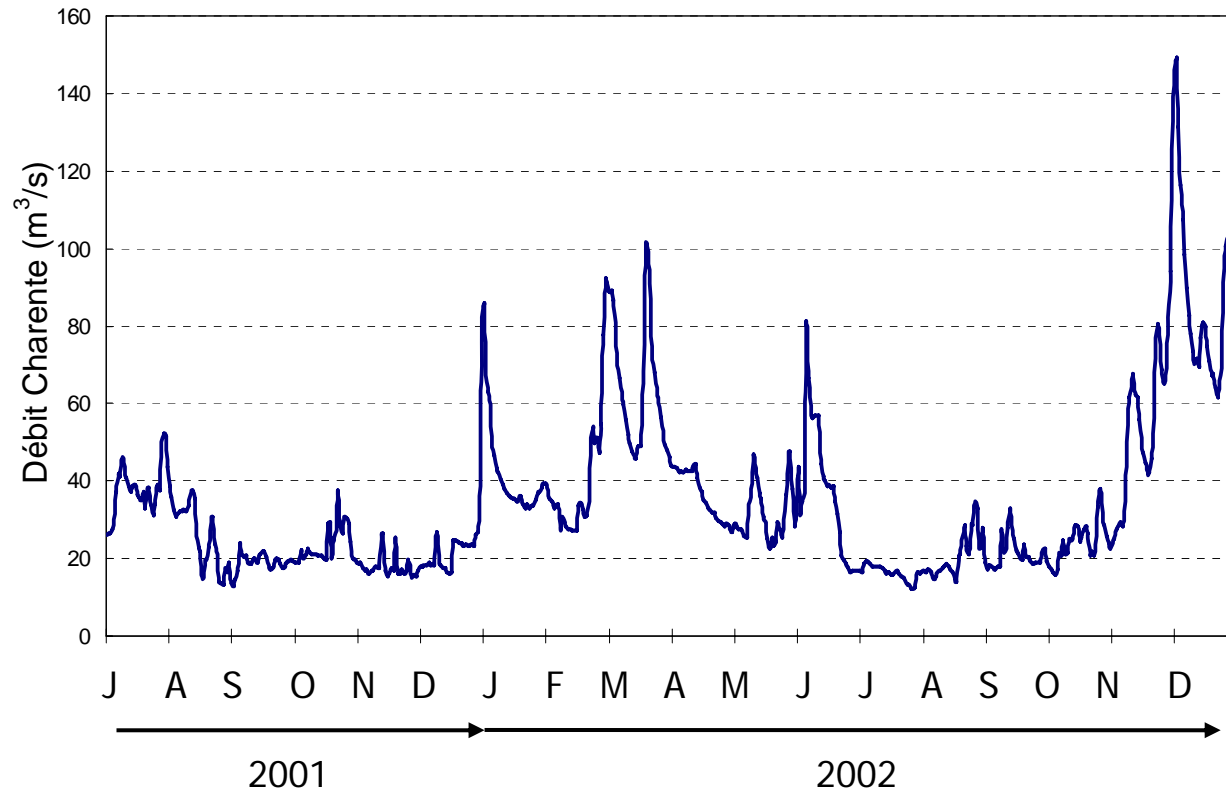
→ simplification de P(z)

■ Production (en mgC.m⁻².h⁻¹) = f(Chla × I₀ × k)

→ Prod = 0,005 × Chla × I₀ × Z_p

(Cole & Cloern, 1984)

- Formulation avec lumière et sels nutritifs (Cugier, 1999)
- Données RAZLEC : limitation par les sels nutritifs (NO_3 et PO_4^{3-}) en été
- Or, pas de mesure de production primaire pendant cette période
- Formulation avec NO_3 et PO_4^{3-} ?
- Limitation par les NO_3
- Dynamique du P est complexe



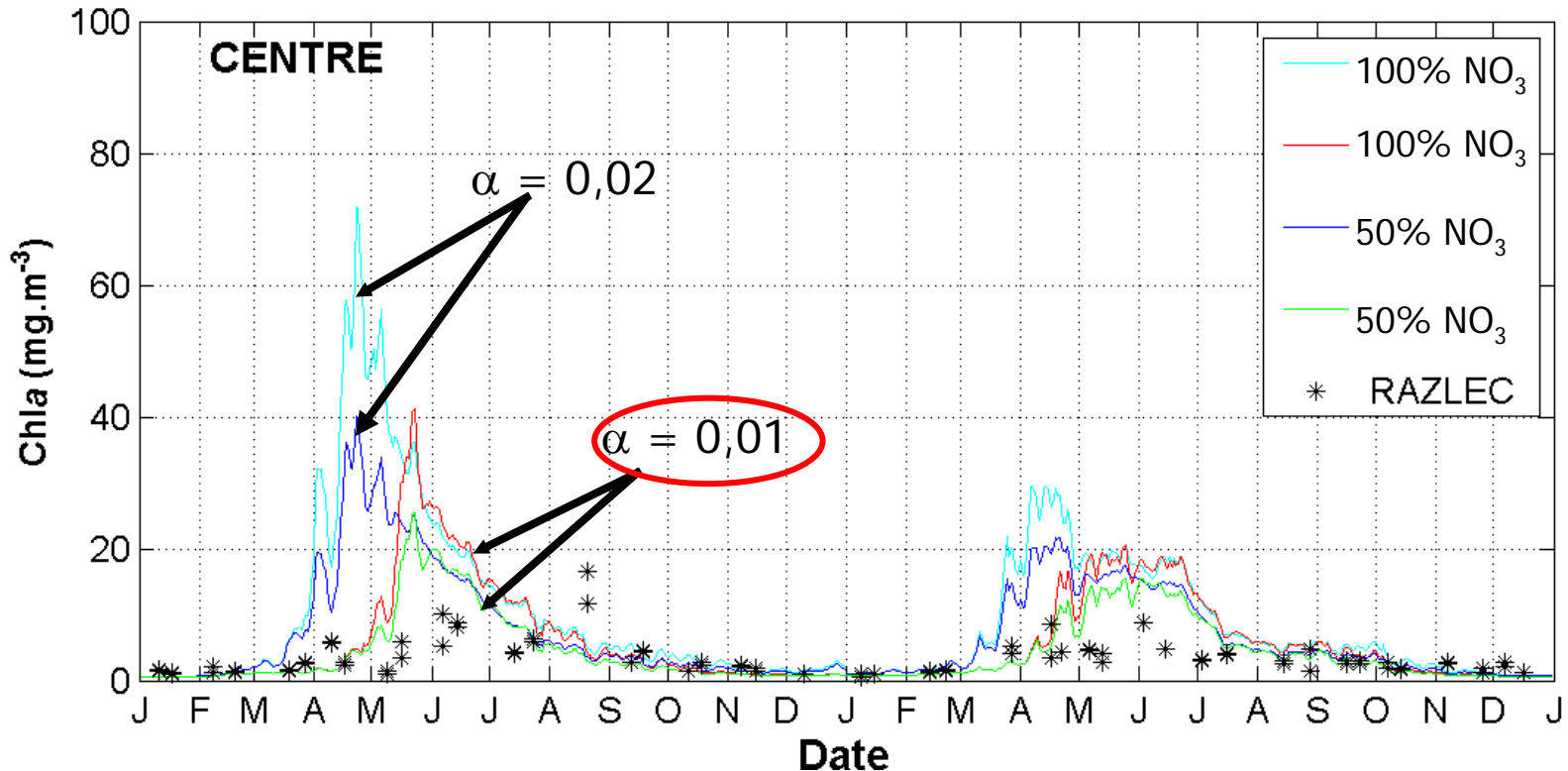
- Formulation avec lumière et sels nutritifs (Cugier, 1999)
- Données RAZLEC : limitation par les sels nutritifs (NO_3 et PO_4^{3-}) en été
- Or, pas de mesure de production primaire pendant cette période
- Formulation avec NO_3 et PO_4^{3-} ?
- Limitation par les NO_3
- Dynamique du P est complexe
- Plusieurs scénarii de simulations = analyse de sensibilité :
 - paramètre α
 - apports de NO_3 par la Charente

	100% NO_3	50% NO_3
$\alpha = 0,01$	S1	S3
$\alpha = 0,02$	S2	S4

■ Simulations Chl*a* (2001-2002)

■ Conditions de simulation :

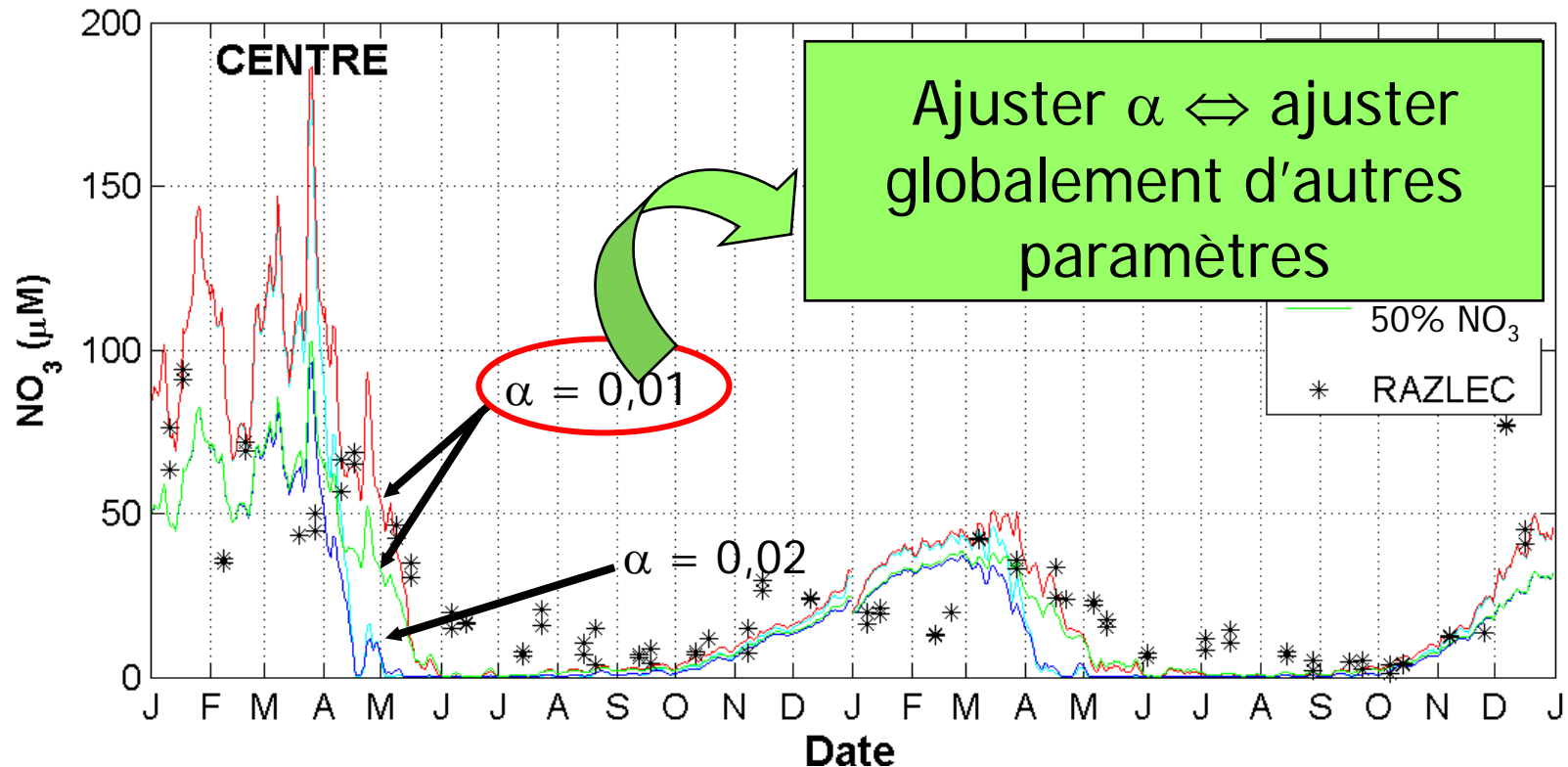
- production pélagique
- intensité lumineuse réelle (données MétéoFrance)
- débits réels de Charente (Diren)
- signal saisonnier de MES uniforme sur la baie
- Chl*a* océanique (Labry, 2001)
Chl*a* Charente = 0
- NO₃ océanique (BIOMET 1998, PLAGIAT 1999)
NO₃ Charente (Delmas, comm. pers.)



■ Simulations NO₃ (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
- NO₃ océanique (BIOMET 1998, PLAGIAT 1999)
NO₃ Charente (Delmas, comm. pers.)



Différence Est / Ouest

■ Conditions de simulation:

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

■ intensité lumineuse réelle (données MétéoFrance)

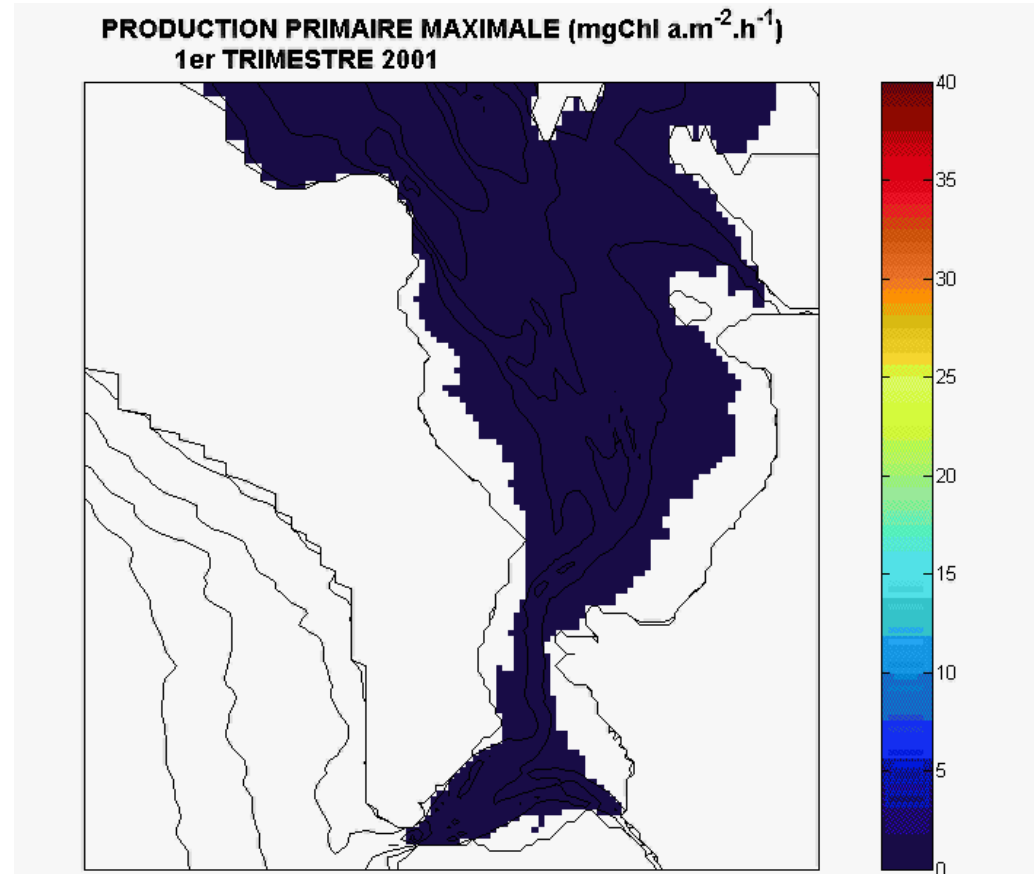
■ débits réels de Charente (Diren)

■ signal saisonnier de MES uniforme sur la baie

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

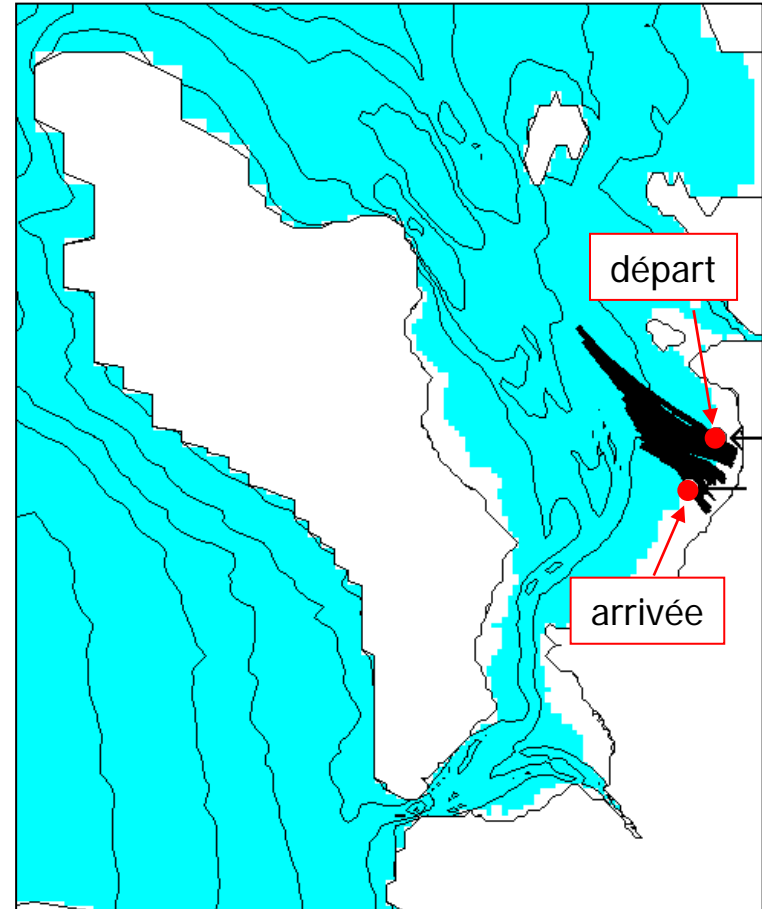
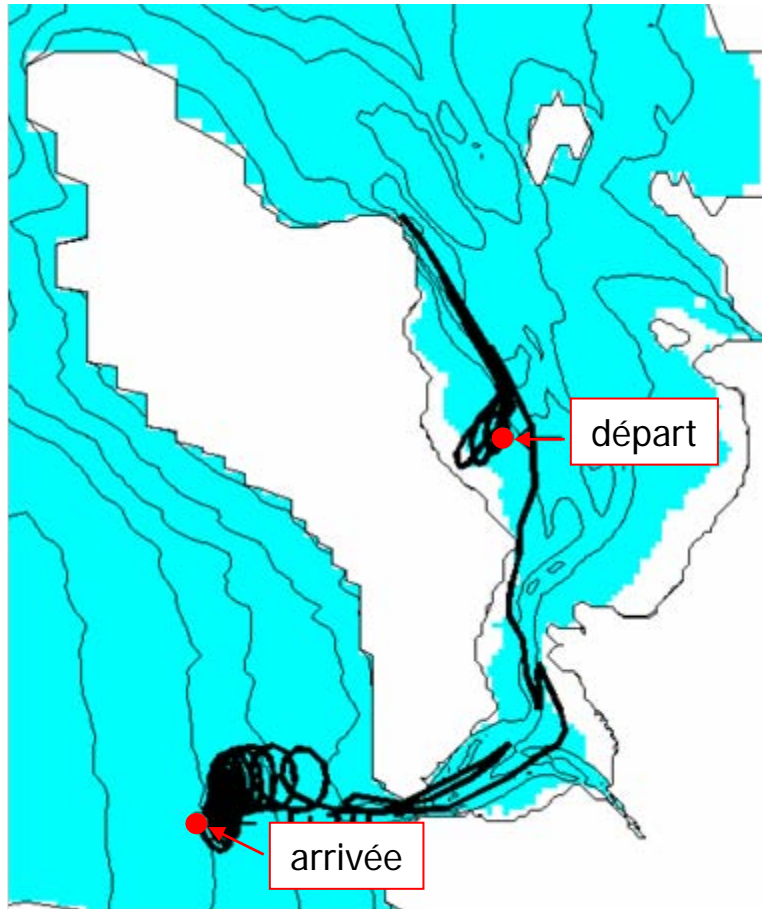
■ NO₃ océanique (BIOMET 1998, PLAGIAT 1999)

■ NO₃ Charente (Delmas, comm. pers.)



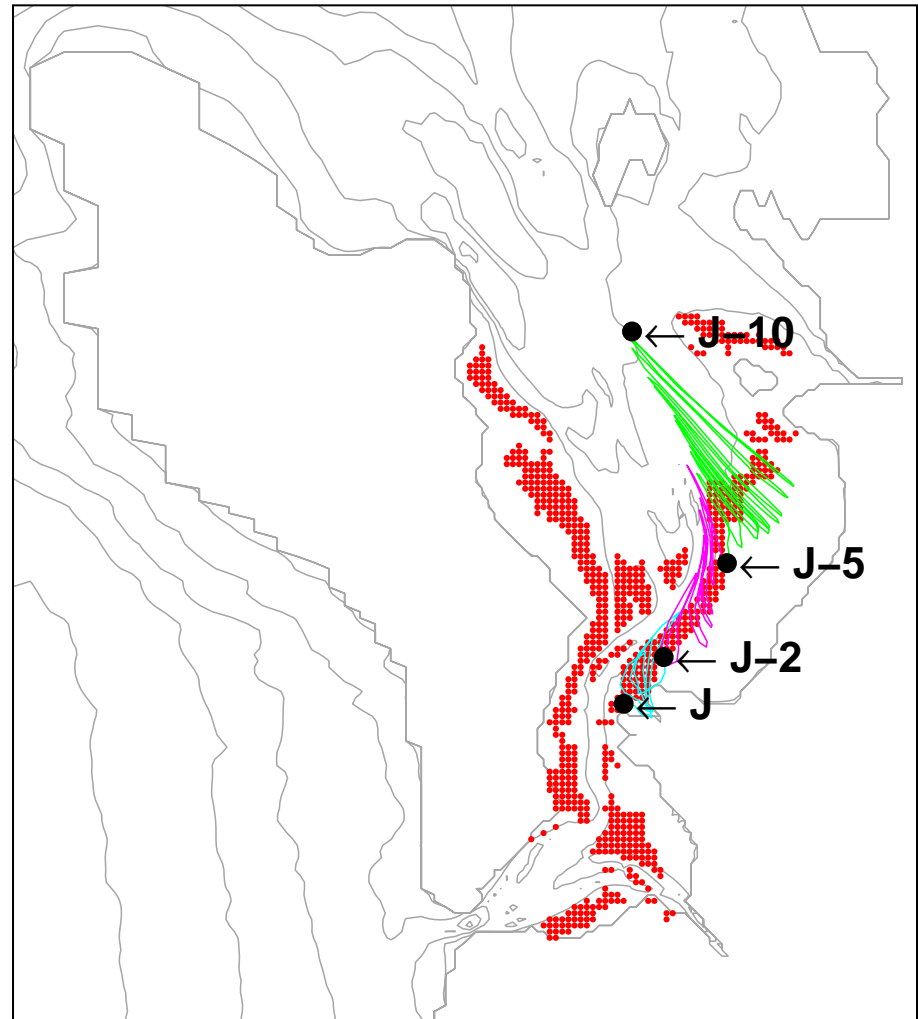
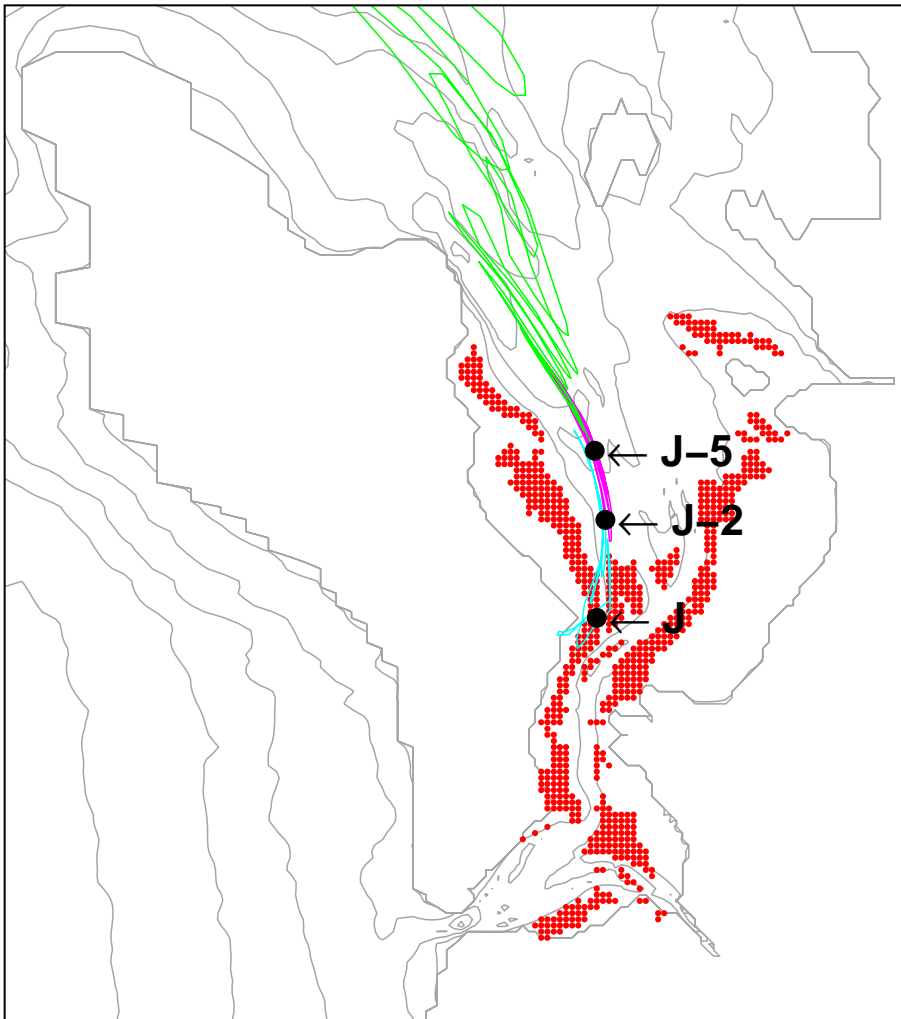
[Voir l'animation](#)

■ Calcul des trajectoires sur 10 jours : exemple en VE

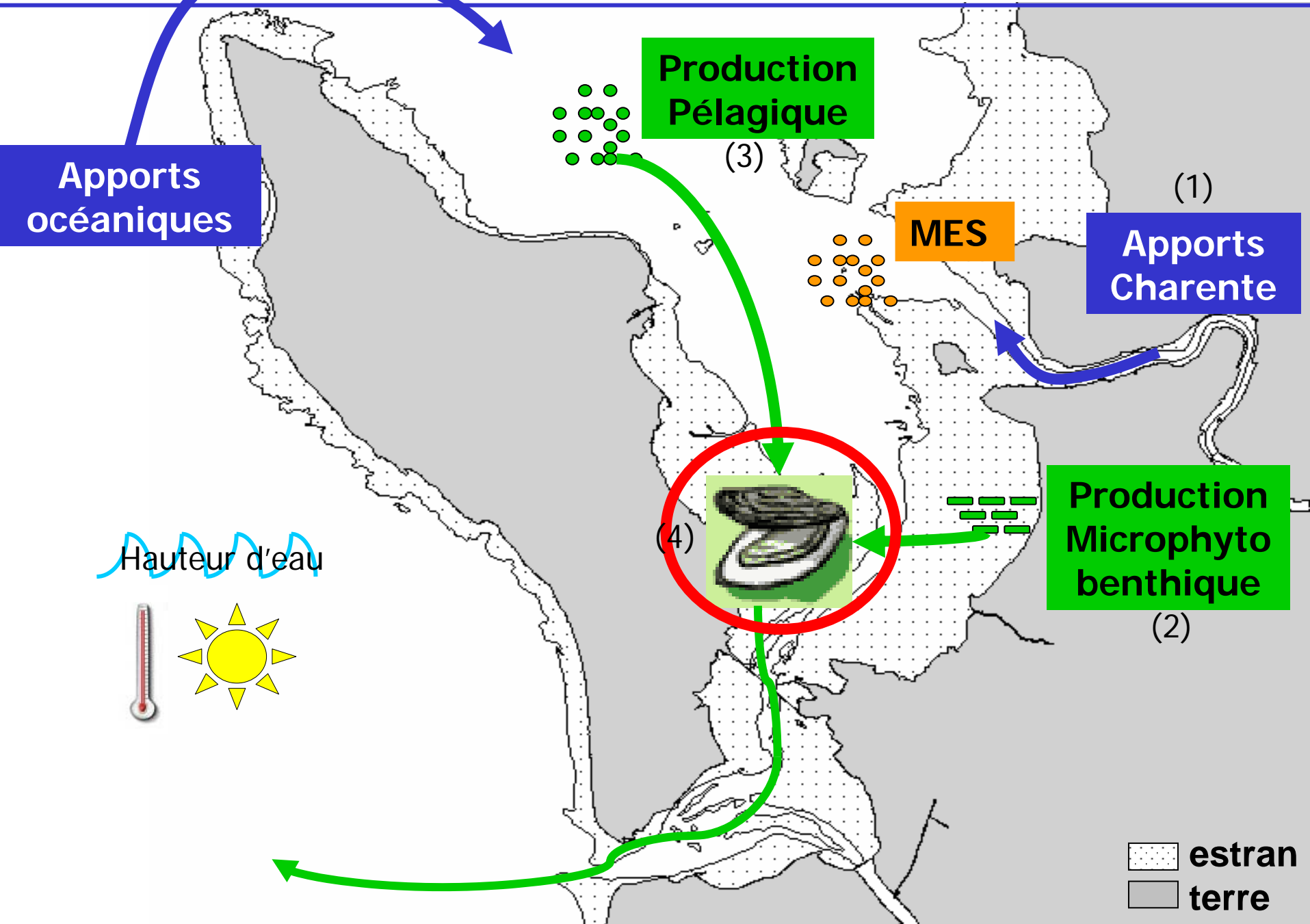


Temps de résidence des masses d'eau = 1 à 15 jours

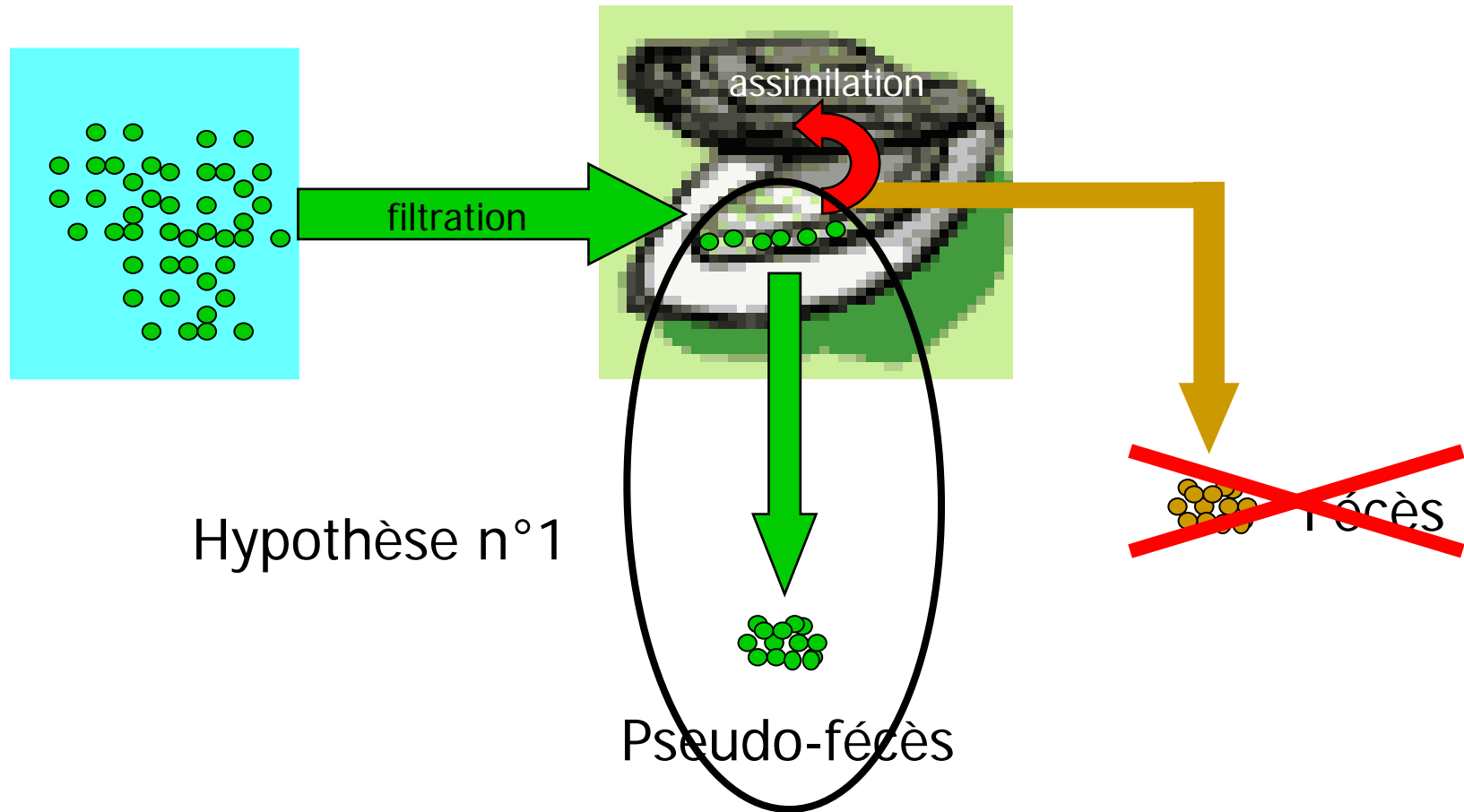
■ Calcul des trajectoires à rebours sur 2, 5 et 10 jours



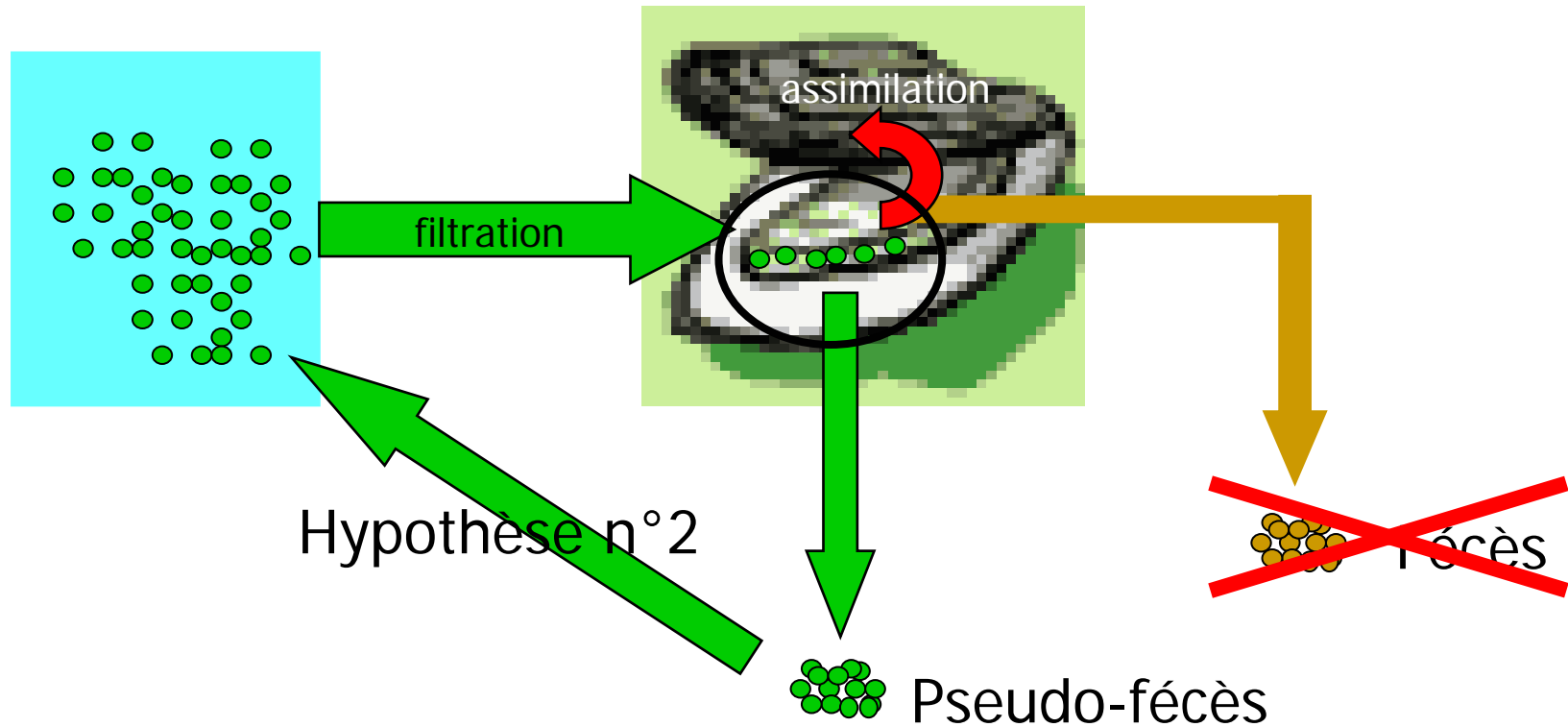
Différence Est / Ouest



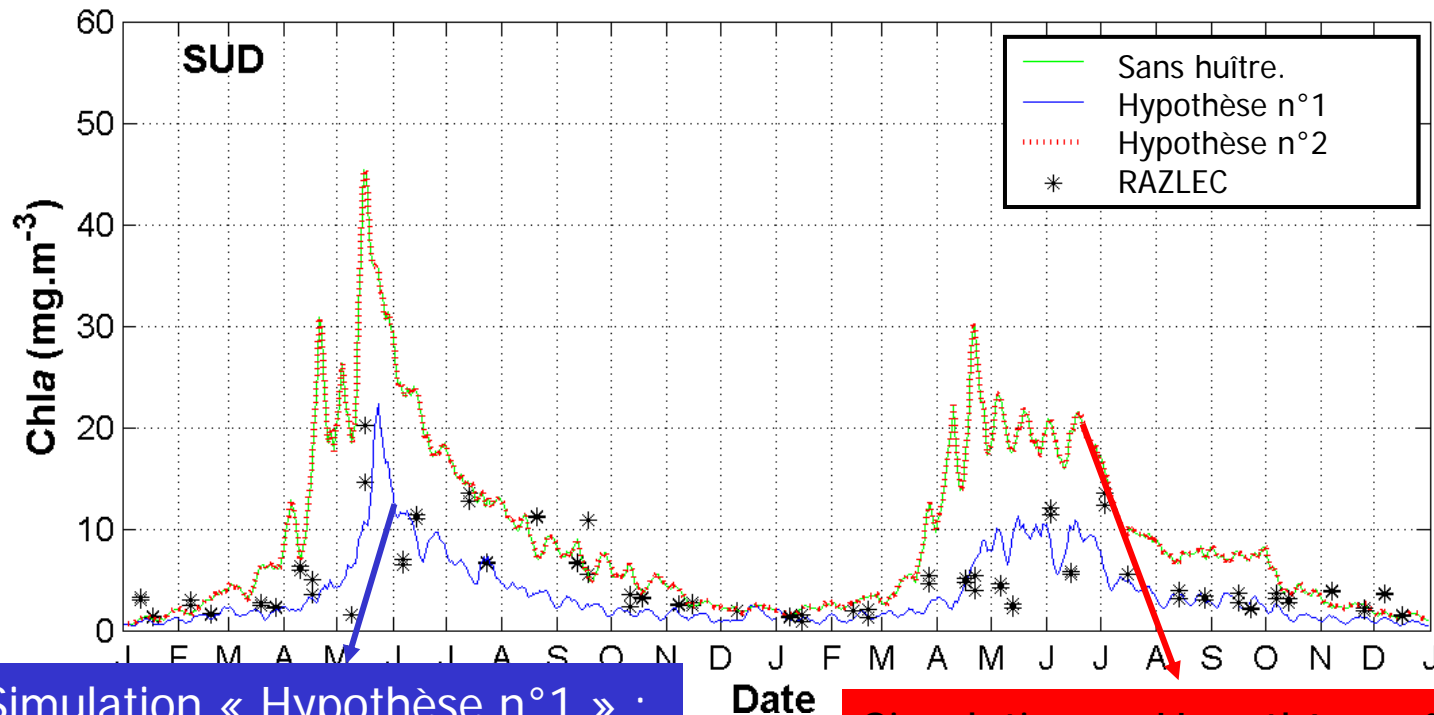
■ Modèle huître simplifié (d'après Barillé *et al.*, 1997)



■ 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
- NO₃ océanique (BIOMET 1998, PLAGIAT 1999)
NO₃ 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

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)

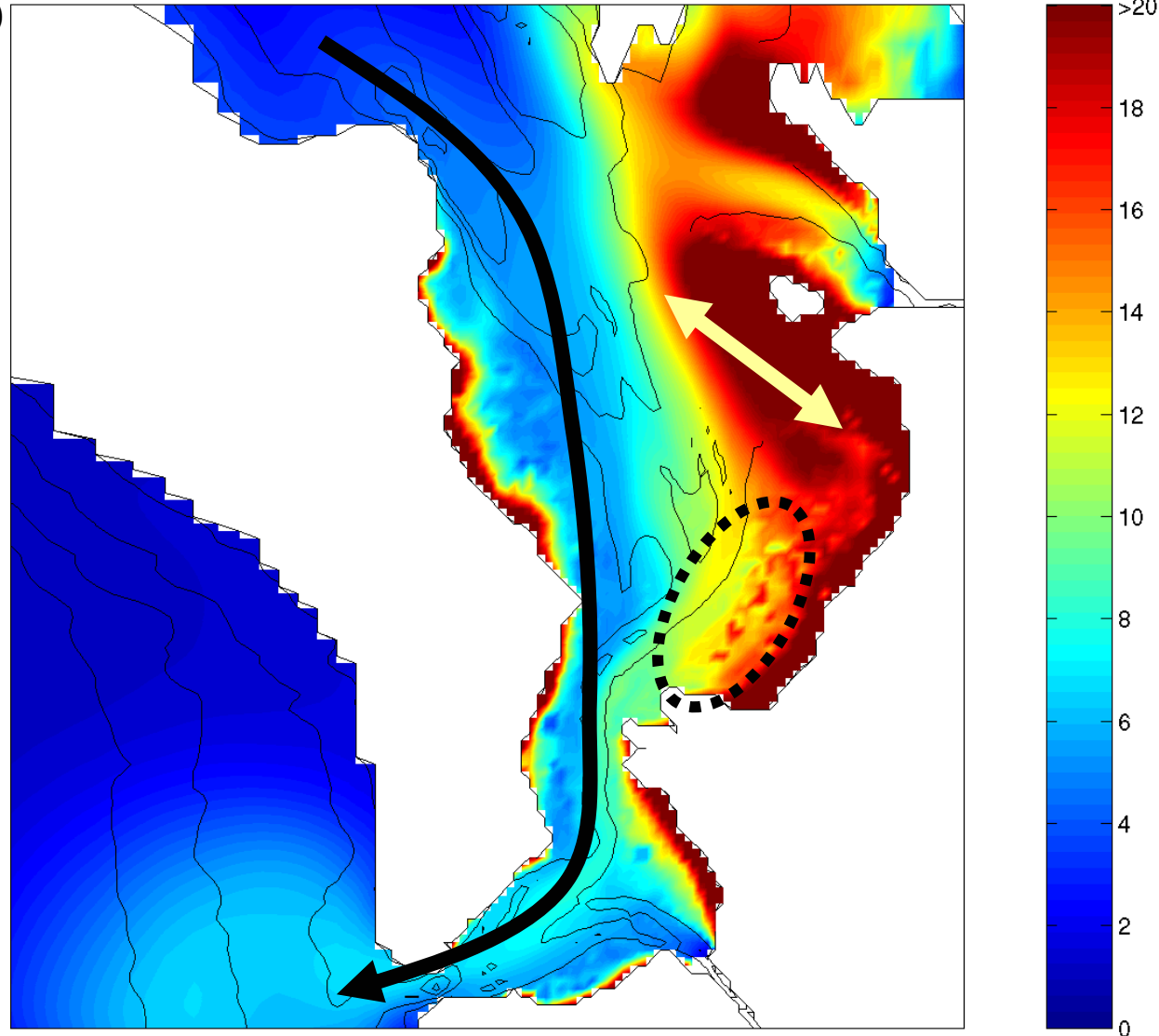
- signal saisonnier de MES uniforme sur la baie

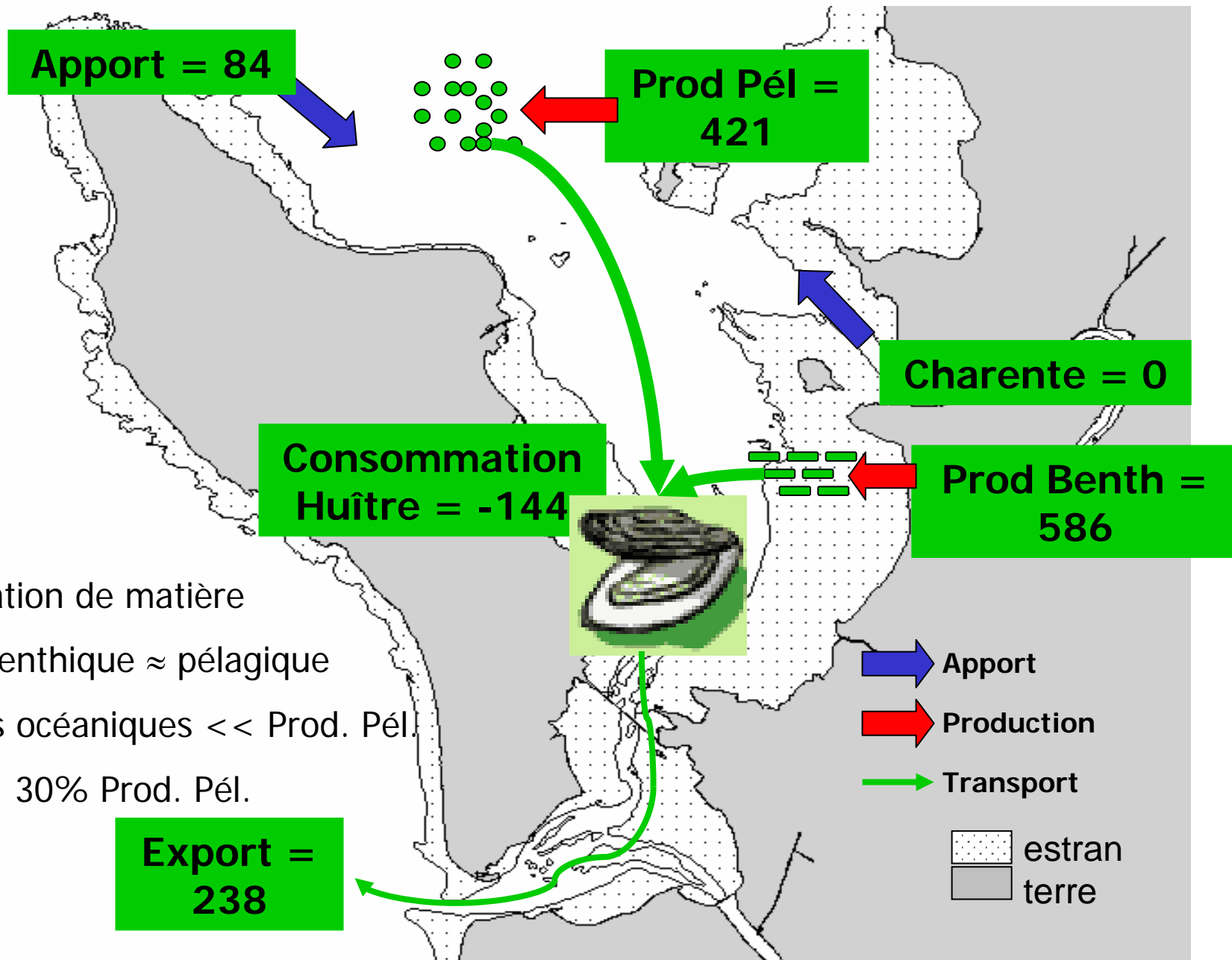
- Chl*a* océanique (Labry, 2001)
Chl*a* Charente = 0

- NO₃ océanique (BIOMET 1998, PLAGIAT 1999)

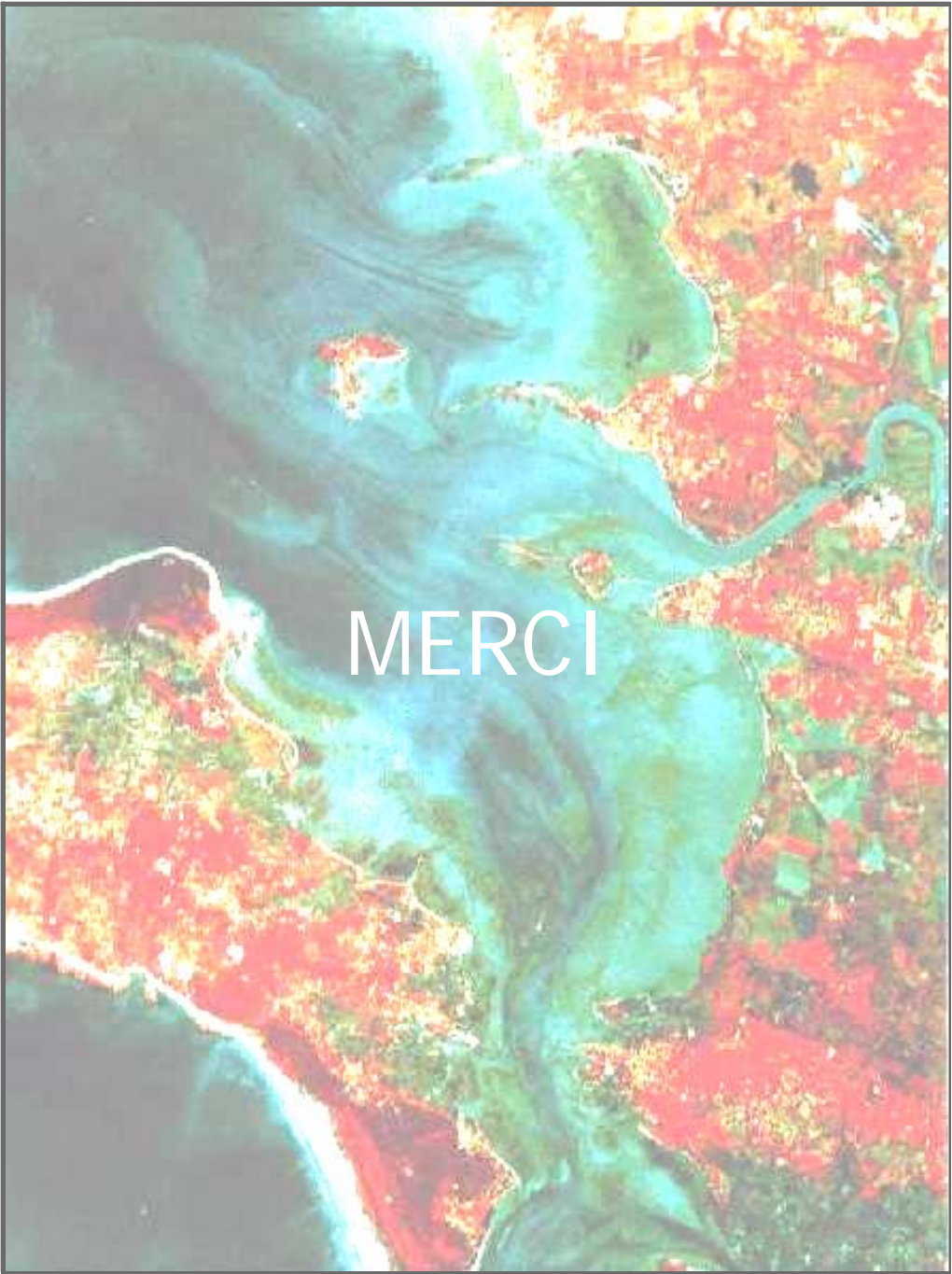
- NO₃ Charente (Delmas, comm. pers.)

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





- 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 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