

Réseau trophique de l'anse de l'Aiguillon :

Dynamique et structure spatiale de la macrofaune et des limicoles hivernants

Delphine Degré

Pierre-Guy SAURIAU, chargé de recherche CNRS
&
Nathalie NIQUIL, Maître de Conférences

Centre de Recherche sur les Écosystèmes Littoraux Anthropisés
UMR 6217 CNRS-IFREMER-Univ. La Rochelle

Jean-Marie BOUTIN
CNERA, avifaune migratrice
&

Conservateurs de la réserve naturelle de la baie de l'Aiguillon

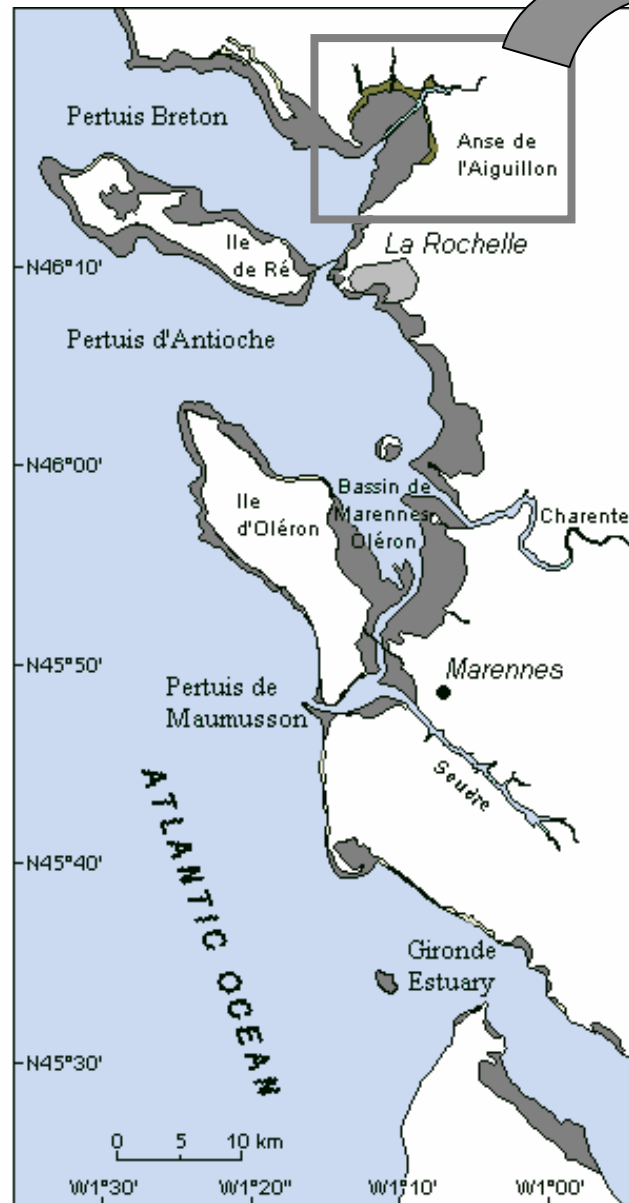
Emmanuel JOYEUX (ONCFS)

Francis MEUNIER (LPO)

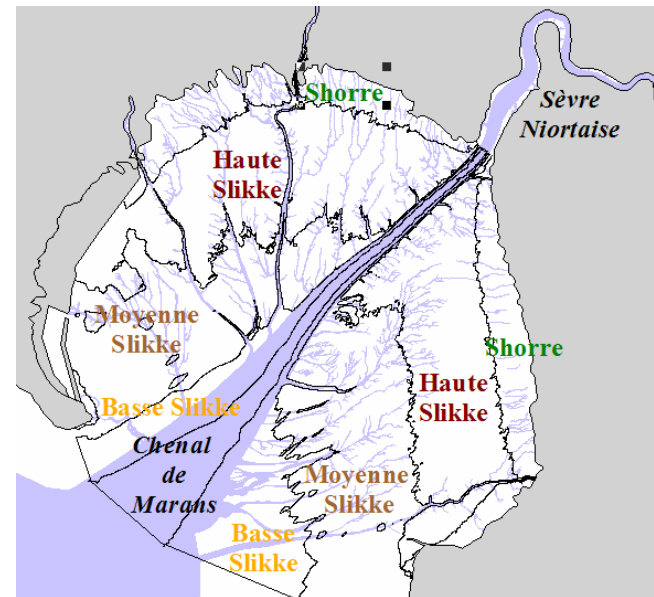
Frédéric CORRE (LPO)



Site d'étude et enjeux

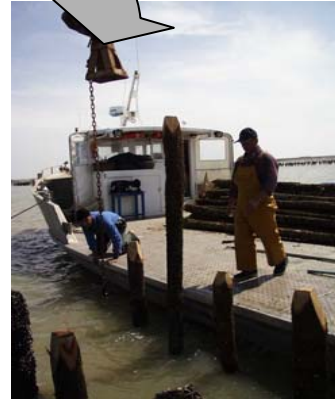
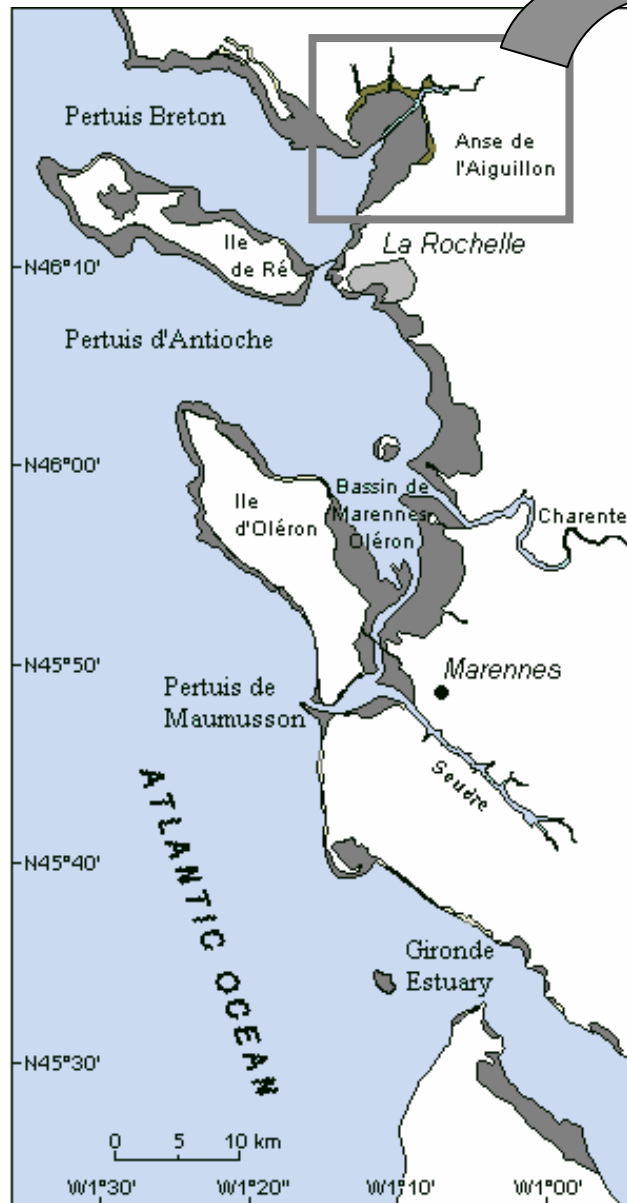


- ★ zone humide de la façade atlantique
- ★ Pertuis Breton + Marais Poitevin
- ★ réseau de cours d'eau
- ★ forte décantation



- ★ baie macrotidale, semi fermée
- ★ 5 unités morfo-sédimentaires

Site d'étude et enjeux



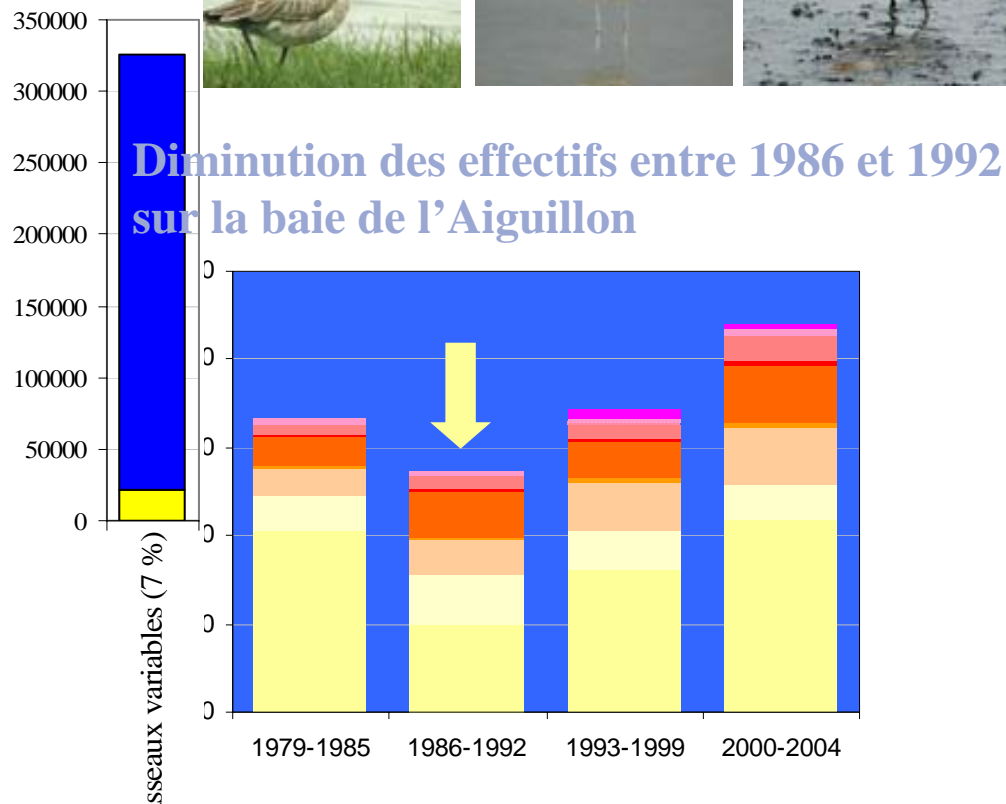
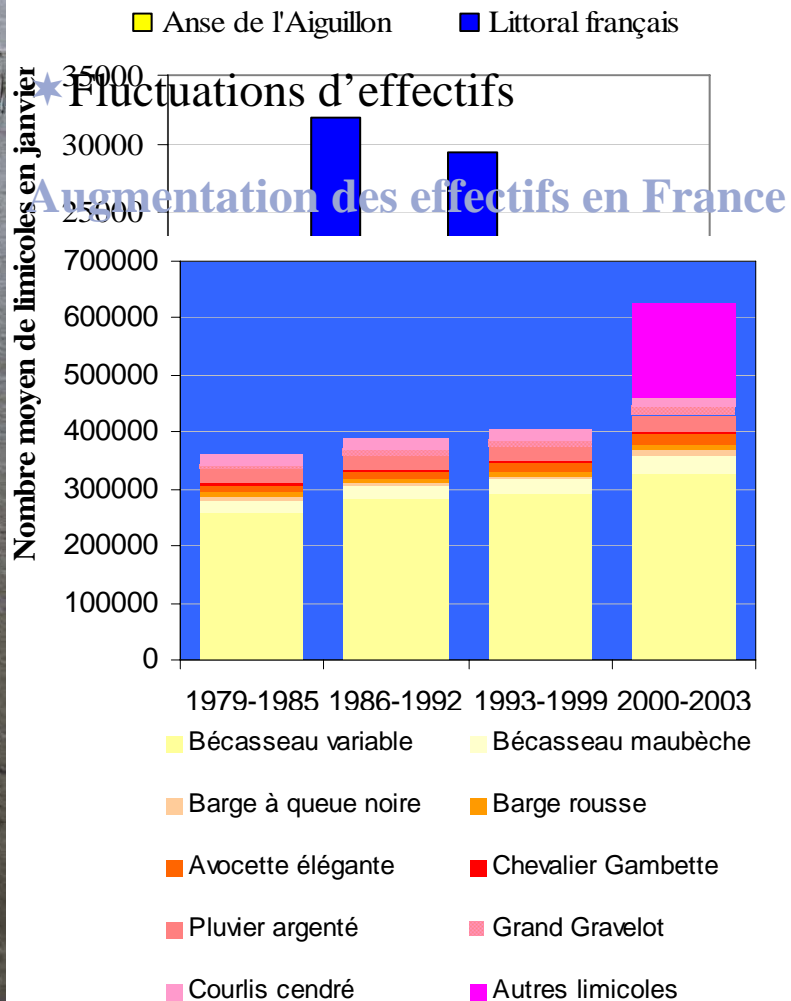
- ★ enjeux économiques : mytiliculture, pêche
- ★ enjeux scientifiques : site peu étudié, comparaison avec autres sites régionaux
- ★ enjeux écologiques : prés-salés « mizottes » & vasières, faune et flore protégée

Réserve Naturelle de la baie de l'Aiguillon

(1996 & 1999)

Problématique

- ★ Site d'importance internationale (41 000 limicoles en hivernage, ½ Bécasseaux variables)
- ★ Site majeur pour l'accueil de la Barge à queue noire et de l'Avocette élégante



Capacité d'accueil du site ?

Définition de la capacité d'accueil

Notion confuse (Dhondt 1988)

- ★ variable interactive, dépendante des paramètres de dynamique de population et de facteurs anthropiques ou environnementaux (Scarnecchia 1990)
- ★ chez les limicoles migrateurs : elle dépend de l'état de la population totale, de la ressource disponible et du mode de gestion du site (Goss-Custard *et al.* 2002)

Approches oiseaux-centrées

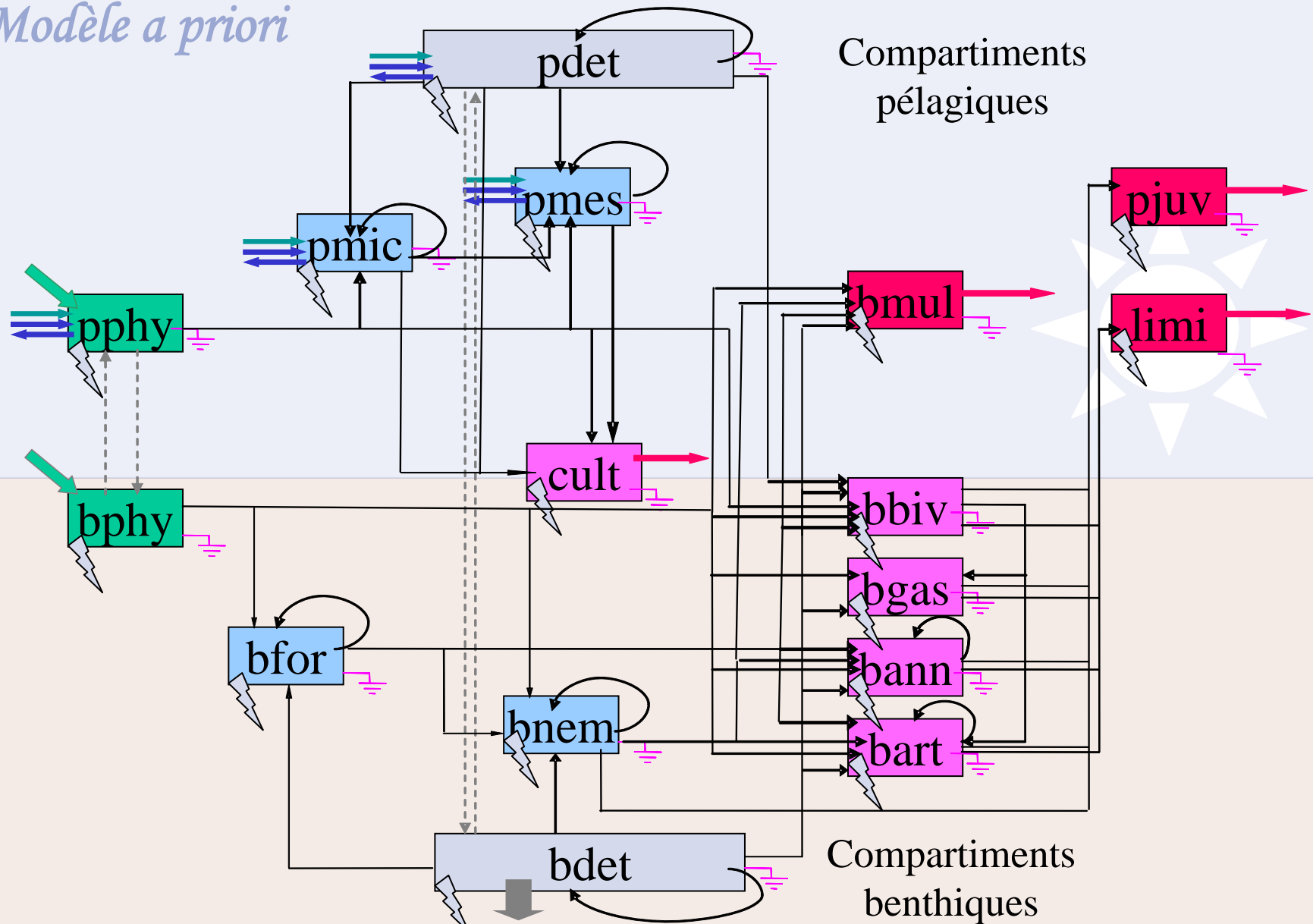
- ★ taux de survie, taux de compétition (Goss-Custard *et al.* 2002)
- ★ taux de changement de la valeur reproductive (Van Gils *et al.* 2004)
- ★ taux de prise énergétique (Turpie & Hockey 1996)

Approche originale

- ★ estimation des **stocks consommables** et des **consommations maximales**
- ★ place et sensibilité du compartiment des **limicoles dans le réseau trophique** intertidal de l'anse de l'Aiguillon

Réseau trophique intertidal

Modèle a priori



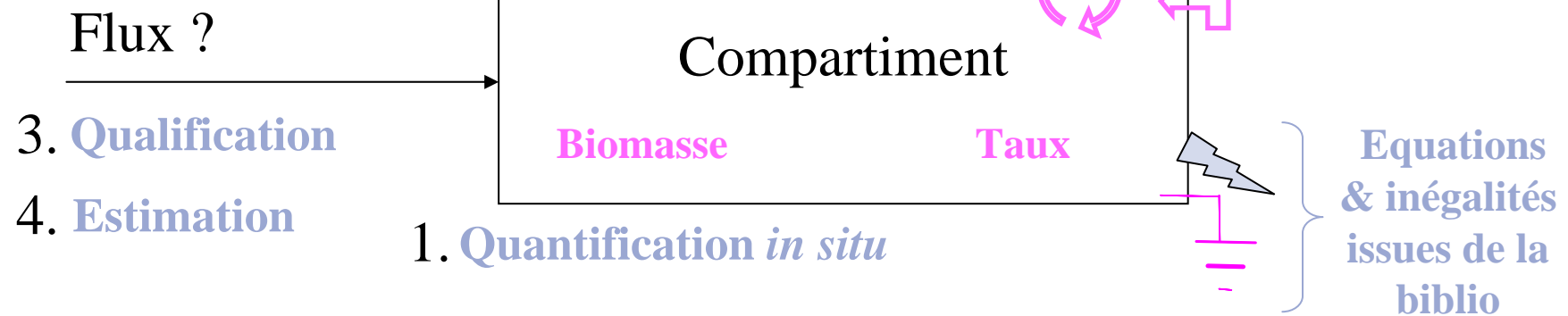
Réseau trophique intertidal

Type de modèle mis en place

- flux = carbone
- unité = g.m^{-2} moyen de vase intertidale
- couplage benthos et pélagos
- modèle stationnaire = système annuellement équilibré
- variations saisonnières = 2 modèles saisonniers

Informations nécessaires

2. Estimation *in situ* des Productions et Consommations



Plan de l'exposé

★ *Approche quantitative*

1. Structure spatio-temporelle des **biomasses** des principaux compartiments du réseau trophique
2. Fractions consommables, **consommées** et **produites** (exemple des bivalves)

★ *Approche qualitative*

3. Caractérisation isotopique des **flux** trophiques (isotopes stables du C et de l'N)

★ *Synthèse des résultats*

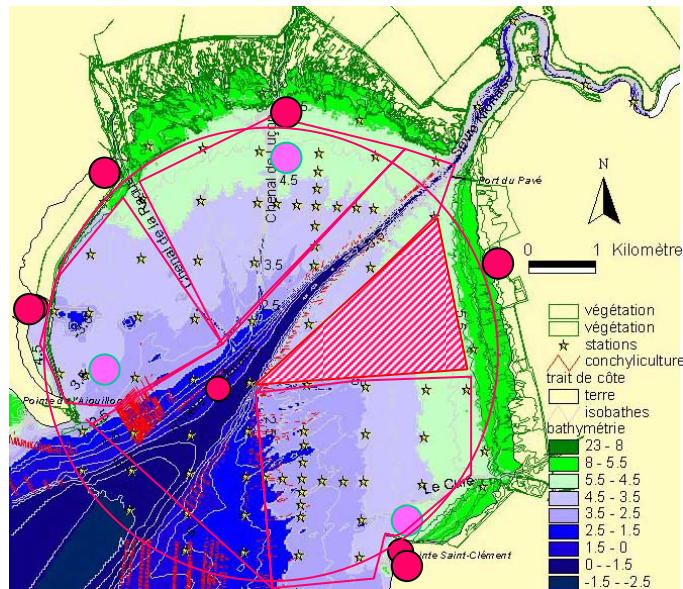
4. **Estimation** des flux trophiques

1. Structure spatio-temporelle des biomasses

Méthodes

★ 2 cartographies systématiques en mars et octobre 2002

91 points * 3 bennes + 2 carottes



- Paramètres bio-sédimentaires
 - Macrofaune benthique
 - + • Limicoles
- Barge mytilicole et benne Smith-McIntyre



★ 1 comptage mensuel à marée basse depuis mars 2001 (zones préférentielles)

★ 1 suivi mensuel de dynamique (16 mois)

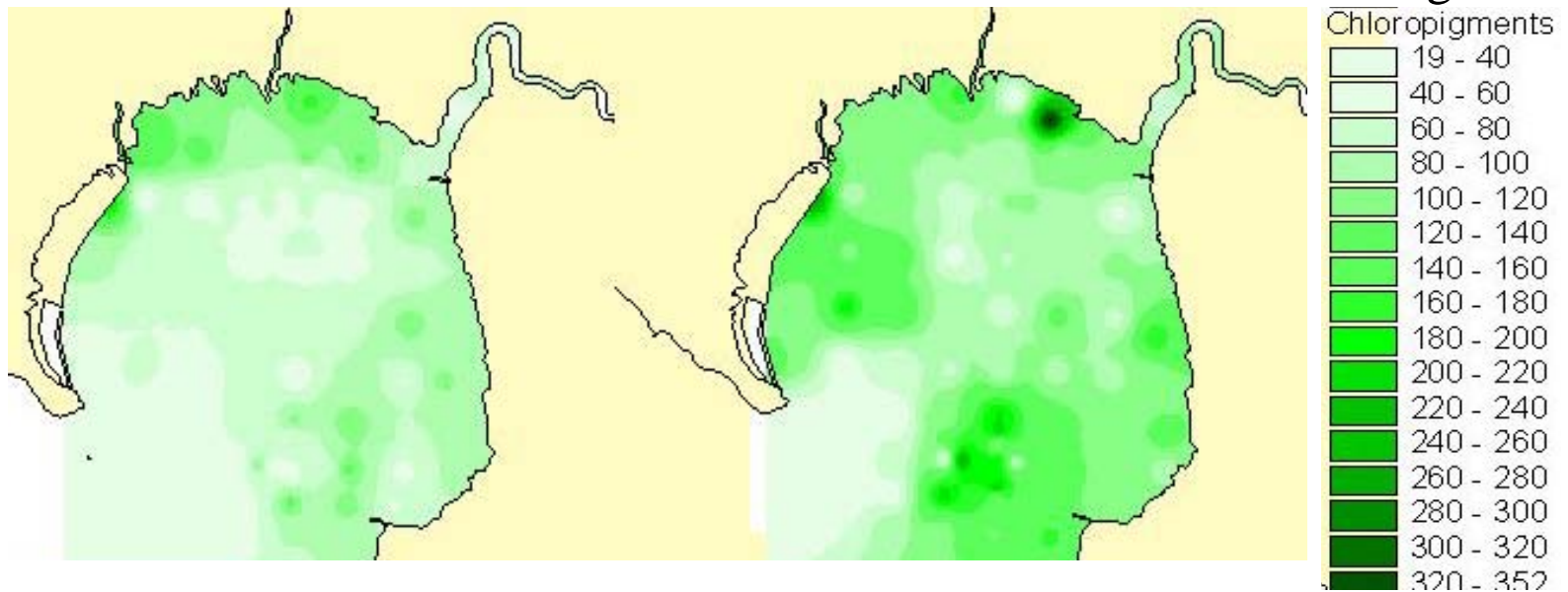
1. Structure spatio-temporelle des biomasses

Cartographies saisonnières des producteurs primaires

Exemple des Chloropigments benthiques

mars 2002

octobre 2002



Chloropigments plus abondants sur les mizottes
et la haute slikke en mars, également sur la
moyenne slikke en octobre

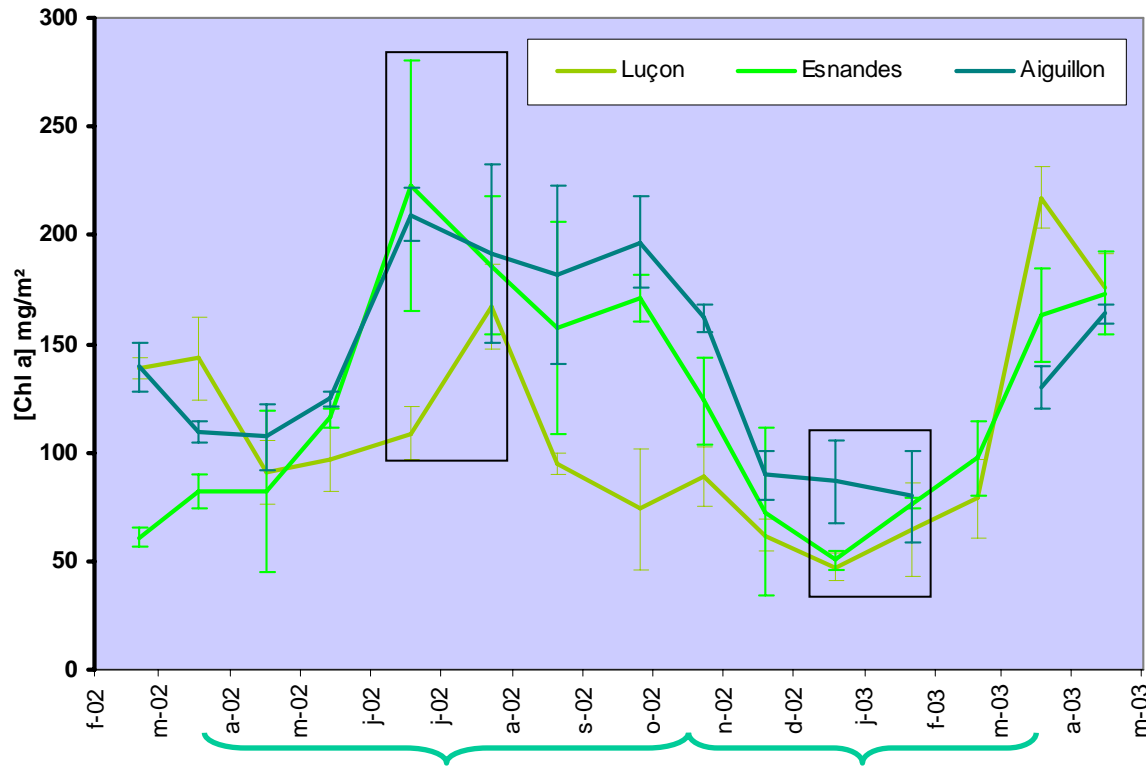
mars : 0,9-10,2 gC.m⁻²

bphy

octobre : 1,6-13,5 gC.m⁻²

1. Structure spatio-temporelle des biomasses

Dynamique des producteurs primaires



mars-octobre :

$7,1 \pm 0,5 \text{ gC.m}^{-2}$

bphy

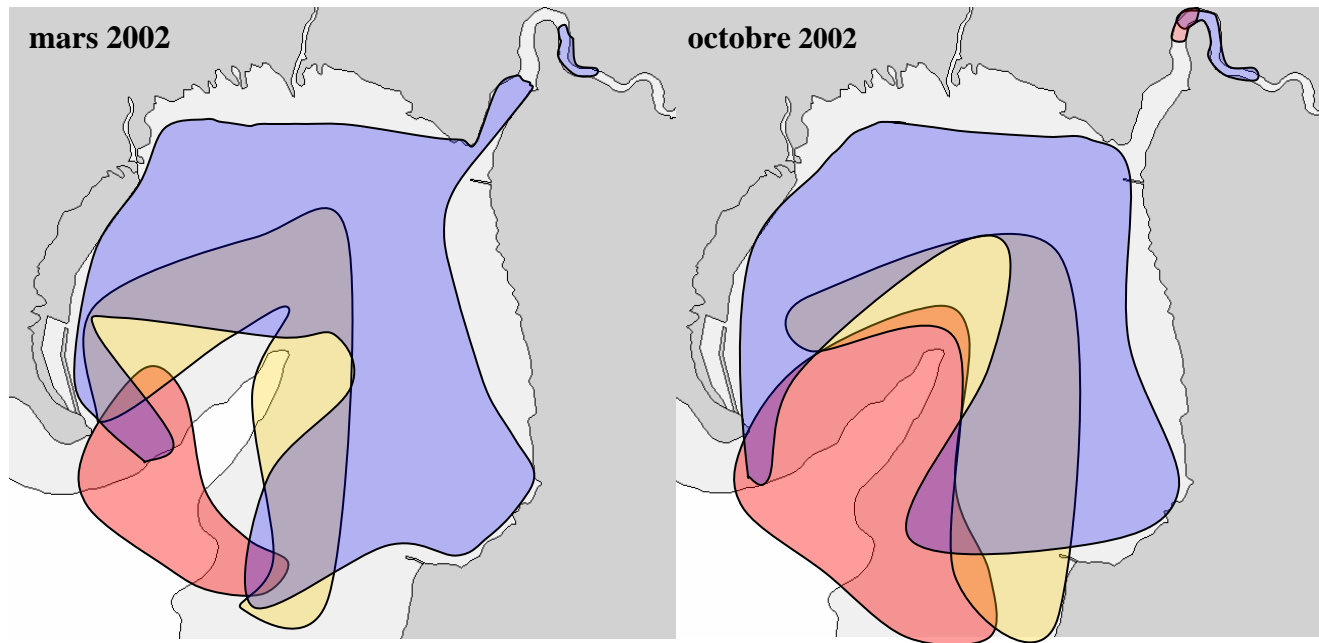
octobre-mars :

$4,3 \pm 0,6 \text{ gC.m}^{-2}$

1. Structure spatio-temporelle des biomasses

Cartographies saisonnières des producteurs secondaires

Les bivalves

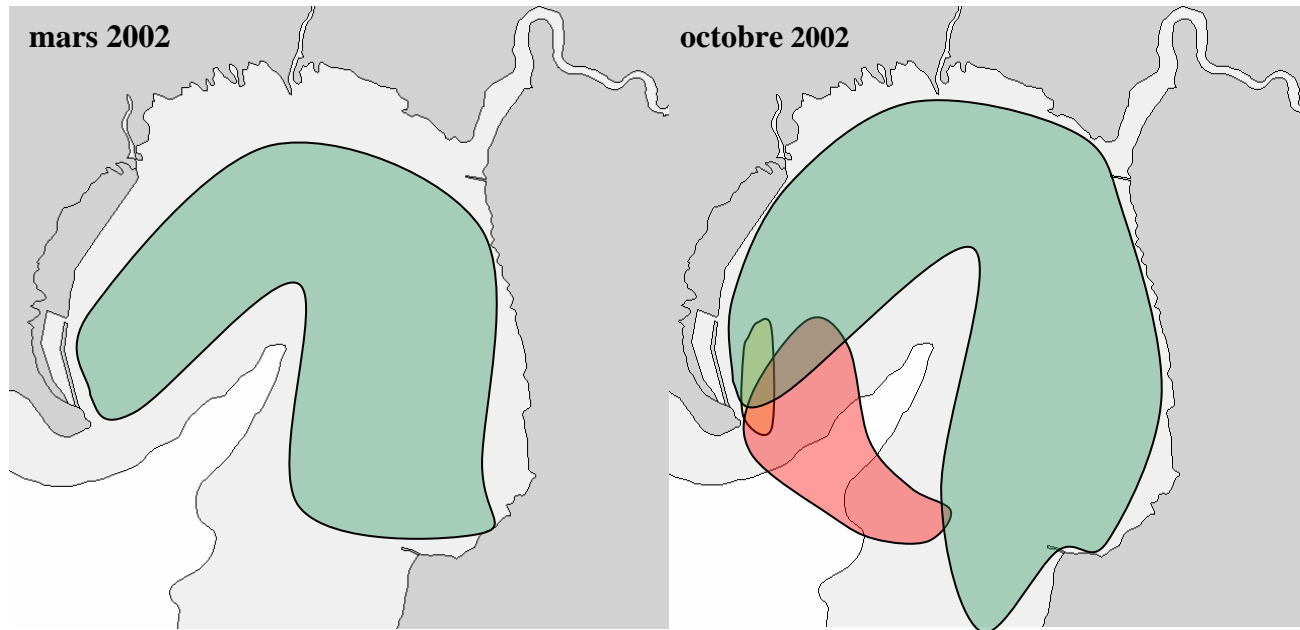





- Abra nitida* + *Corbula gibba* + *Nucula nitidosa* + *Spisula subtruncata*
- Cerastoderma edule*
- Scrobicularia plana* + *Abra tenuis* + *Macoma balthica*

1. Structure spatio-temporelle des biomasses

Cartographies saisonnières des producteurs secondaires

Les gastéropodes

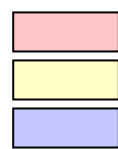
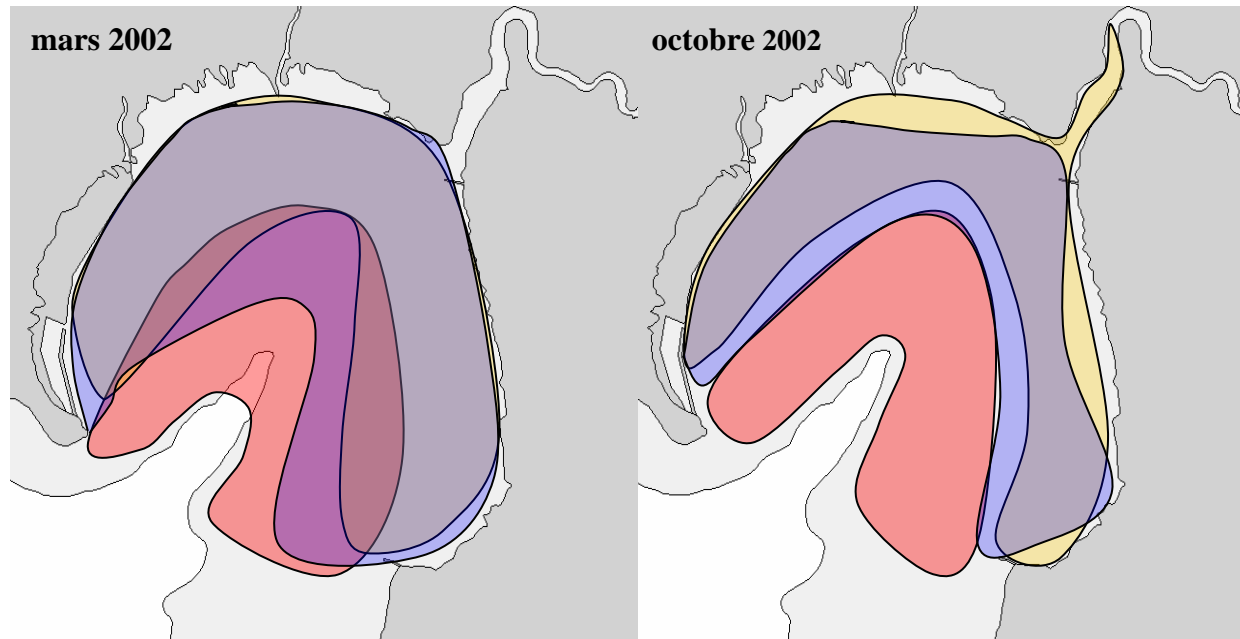


-  *Hydrobia ulvae*
-  *Nassarius reticulatus* + *Nassarius pygmaeus*
-  *Turbonilla acuta* + *Dentalium novemcostatum*

1. Structure spatio-temporelle des biomasses

Cartographies saisonnières des producteurs secondaires

Les annélides



Nephtys hombergii

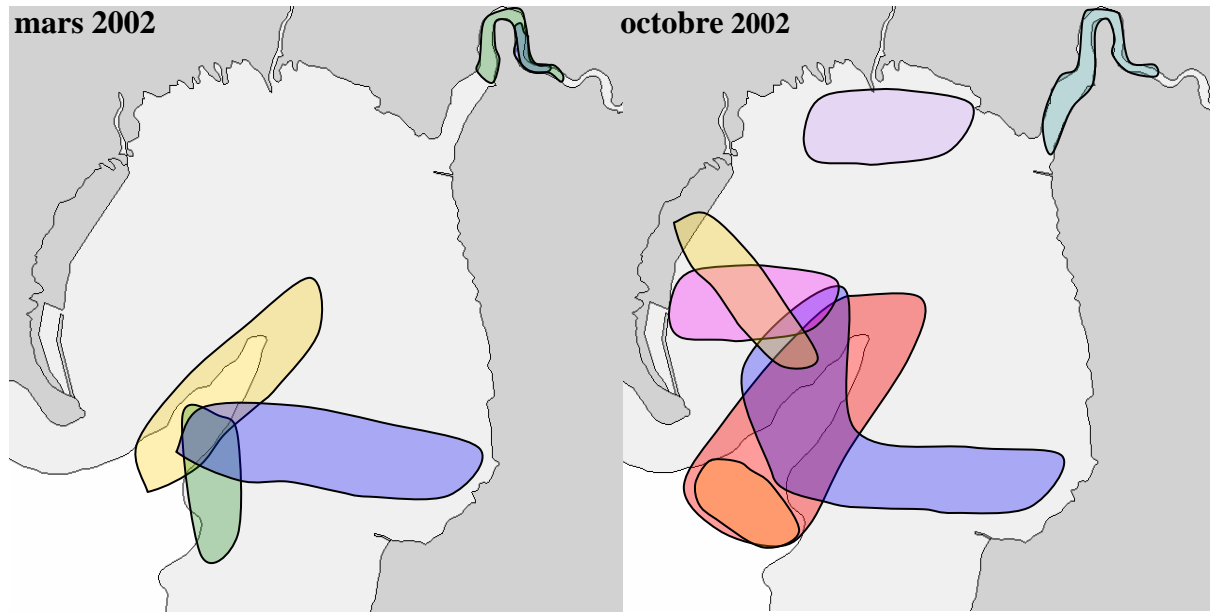
Neanthes succinea




Hediste diversicolor

1. Structure spatio-temporelle des biomasses

Cartographies saisonnières des producteurs secondaires

Les arthropodes

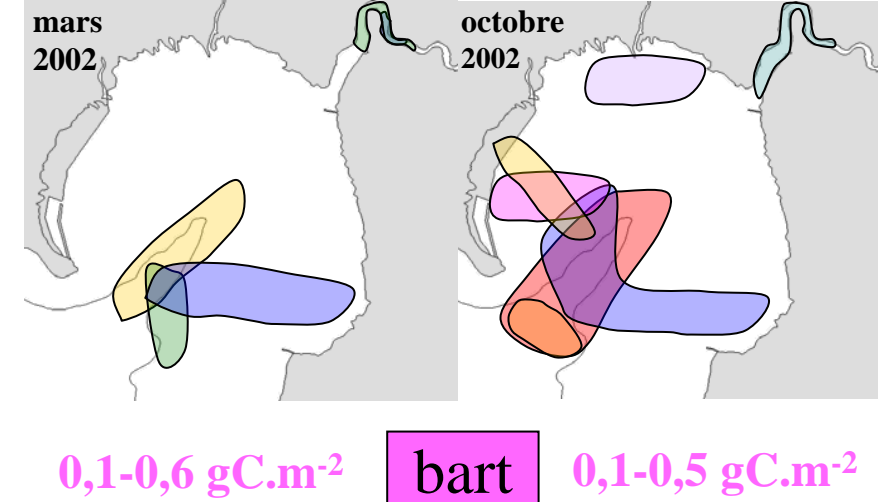
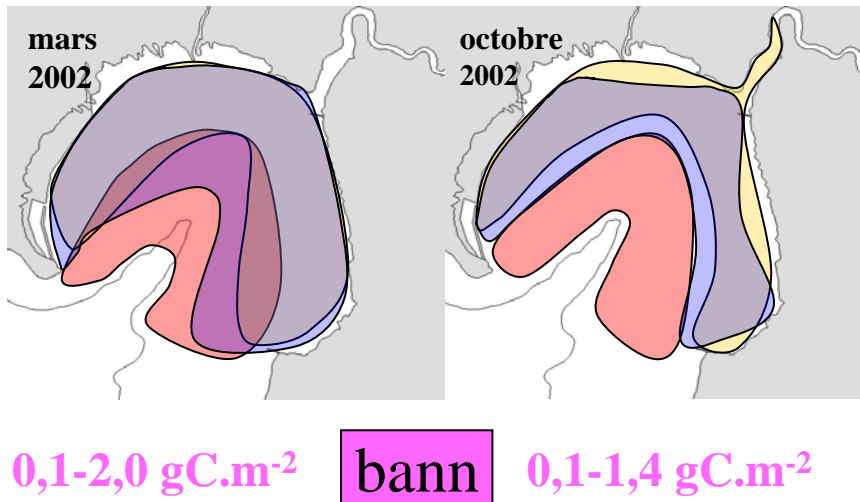
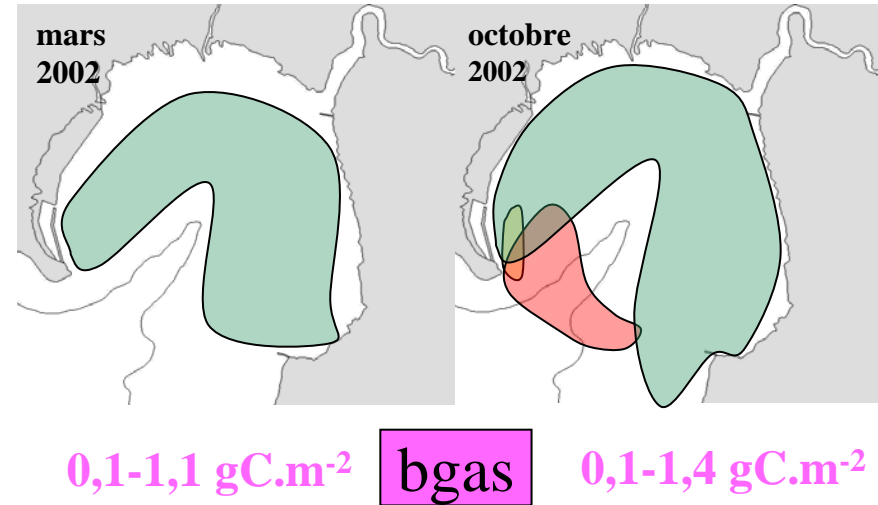
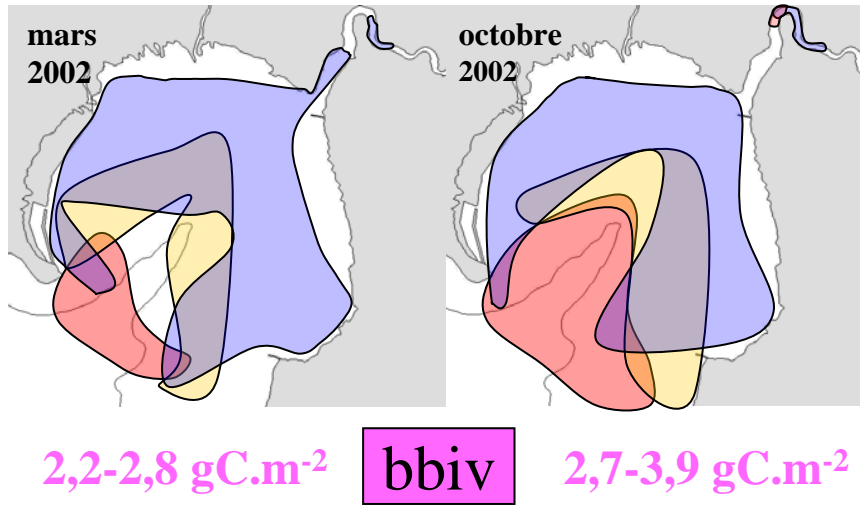


-  *Corophium volutator* + *Melita pellucida*
-  *Gammarus saddachi*
-  *Mesopodopsis slaberi*

-  *Melita palmata*
-  *Gammarus locusta*
-  *Mesopodopsis slaberi*
-  *Crangon crangon*
-  *Idotea chelipes*
-  *Orchestia* sp
-  *Ampelisca brevicornis*

1. Structure spatio-temporelle des biomasses

Cartographies saisonnières des producteurs secondaires



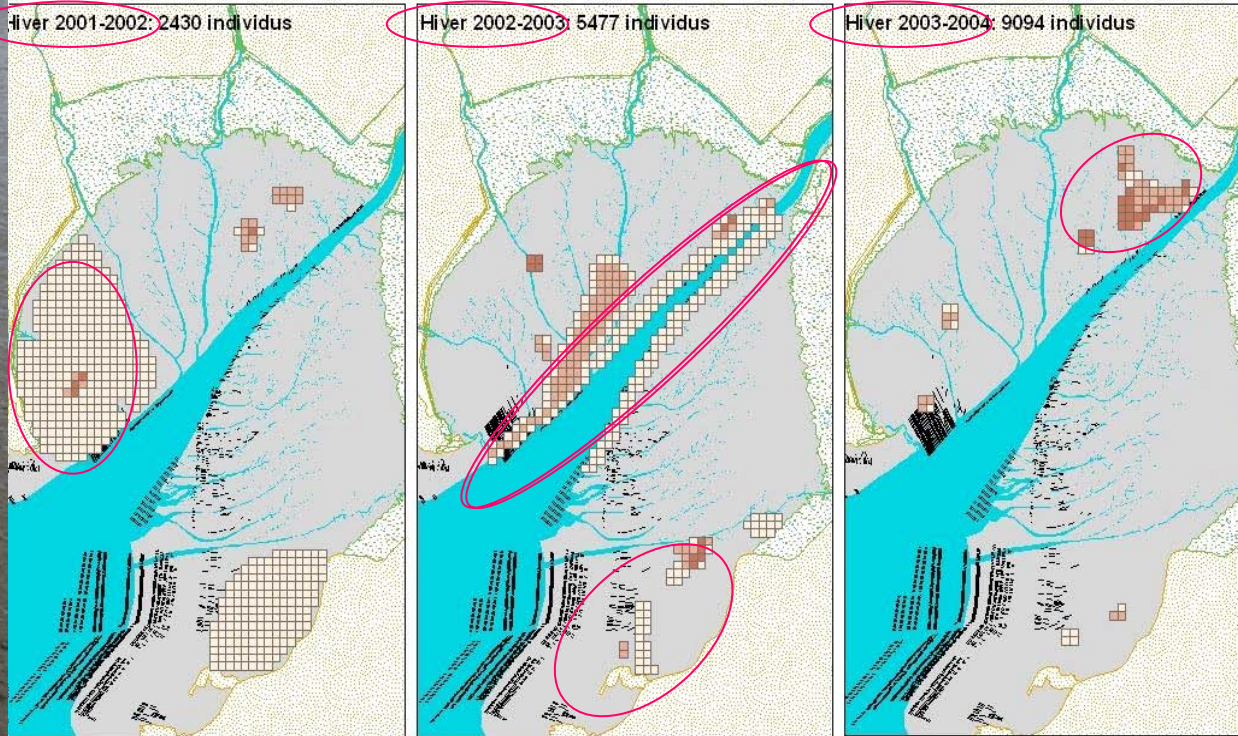
1. Structure spatio-temporelle des biomasses

Cartographies hivernales des prédateurs limicoles

Trois types de répartition :

Béc. Maubèche (*Calidris canutus*)

Distributions hivernales



- répartition homogène sur toutes les vasières (Bécasseau variable)
- répartition préférentielle sur certaines zones (Avocette élégante)
- répartition variable d'un hiver à l'autre (Bécasseau maubèche)

0 750 1500 3000 Kilometers

S_RATIO

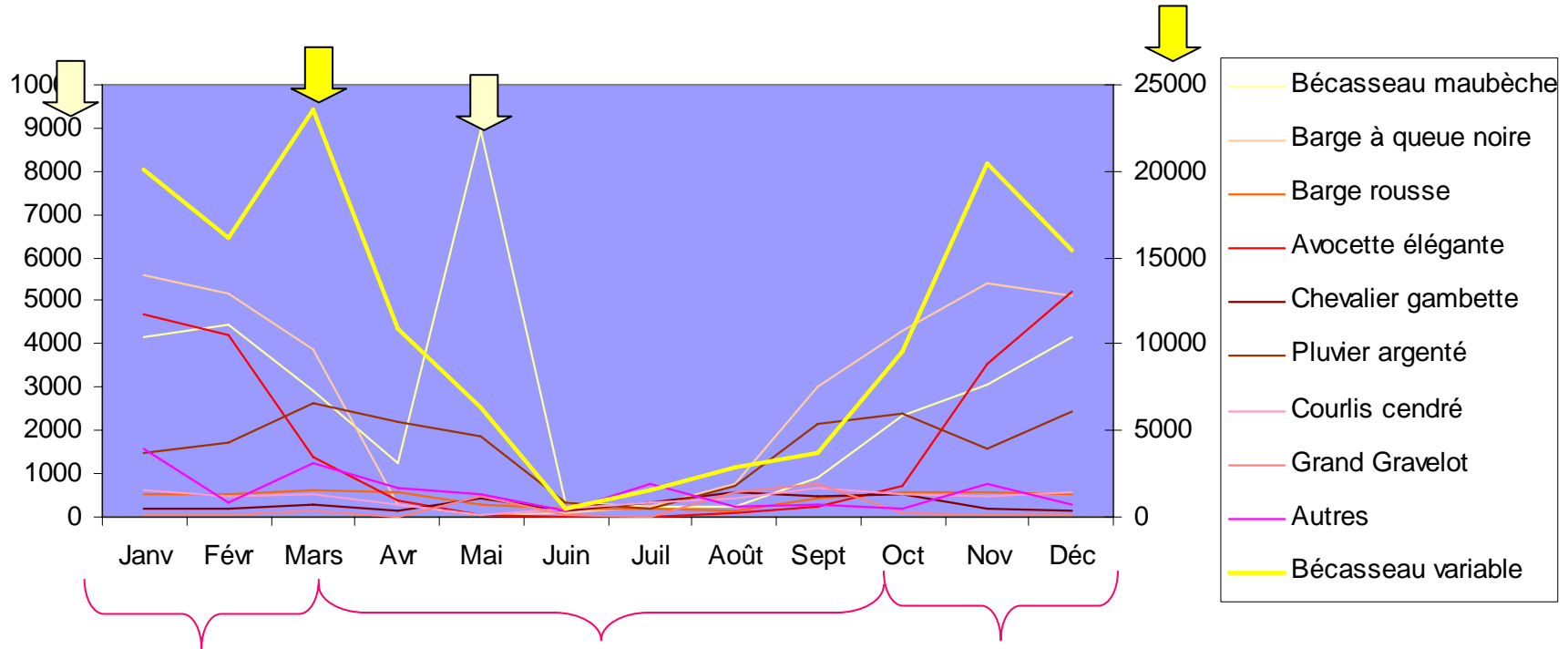
1 - 10	— pertuisbreton_modif
11 - 100	hydrologie
101 - 1000	végétation
1001 - 10000	fond
	vase



Déclinaison: G. Ozereau, Mai 2004

1. Structure spatio-temporelle des biomasses

Dynamique des peuplements de limicoles



limi

4 limicoles + 1 Tadorne .ha⁻¹ :
0,015 gC.m⁻²

11 limicoles + 2 Tadornes .ha⁻¹ :
0,035 gC.m⁻²

Plan de l'exposé

★ *Approche quantitative*

1. Structure spatio-temporelle des biomasses des principaux compartiments trophiques
2. Fractions consommables, consommées et produites (exemple des bivalves)

★ *Approche qualitative*

3. Caractérisation isotopique des flux trophiques (isotopes stables du C et de l'N)

★ *Synthèse des résultats*

4. Estimation des flux trophiques

2. Fractions consommables, consommées, produites

Principe et méthodes

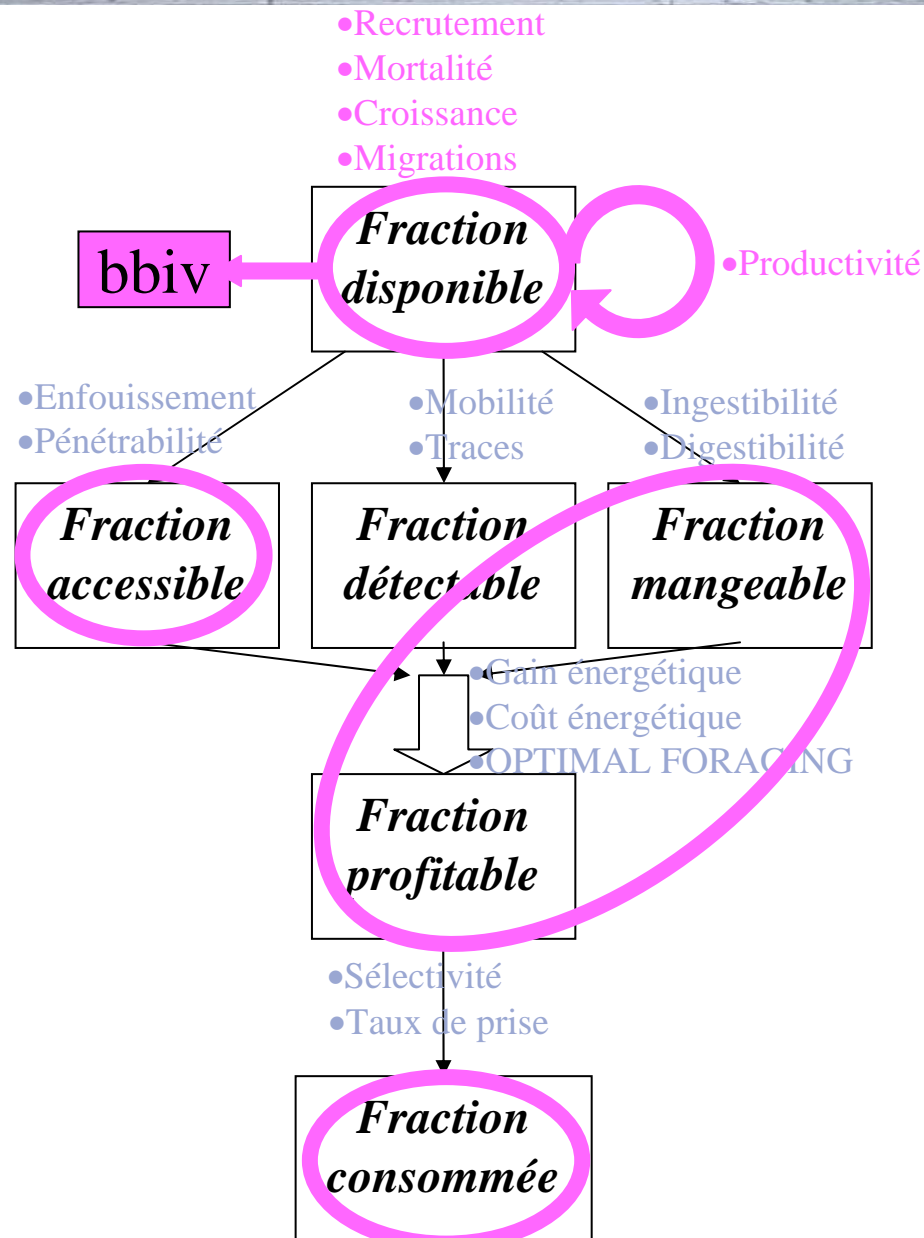
Suivi de dynamique des populations de bivalves

Répartition verticale des bivalves

Estimation des stocks consommables selon la taille bivalves et des becs de limicoles

Estimation des consommations par les limicoles

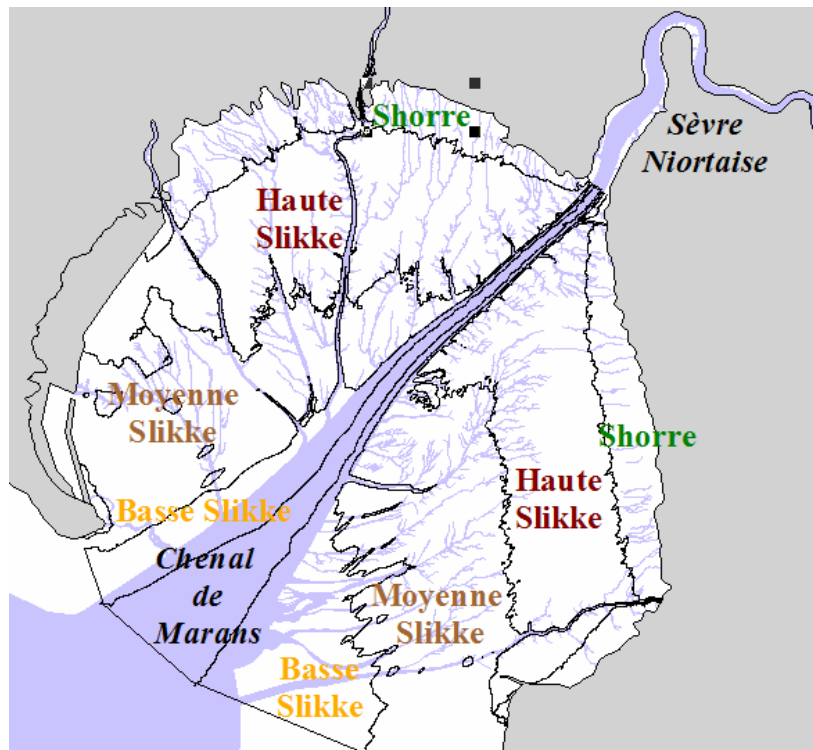
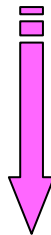
Comparaison avec les productions



2. Fractions consommables, consommées, produites

Fraction disponible

bbiv



Mars 2002

18 ± 47 t

293 ± 235 t

49 ± 93 t

6 ± 14 t

367 ± 573 t

**de masse sèche
sans cendre**

Octobre 2002

2 ± 3 t

263 ± 158 t

61 ± 66 t

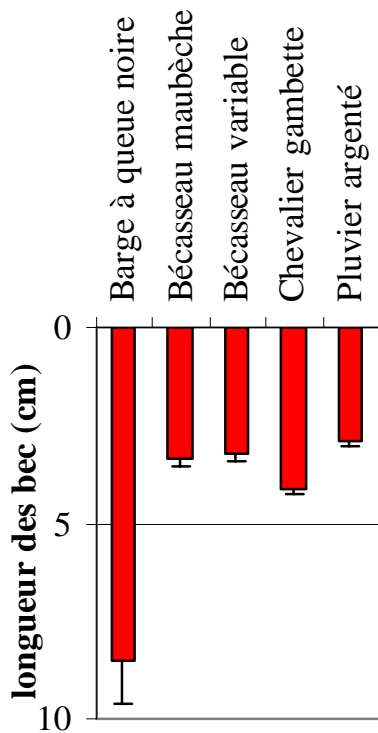
7 ± 11 t

331 ± 505 t

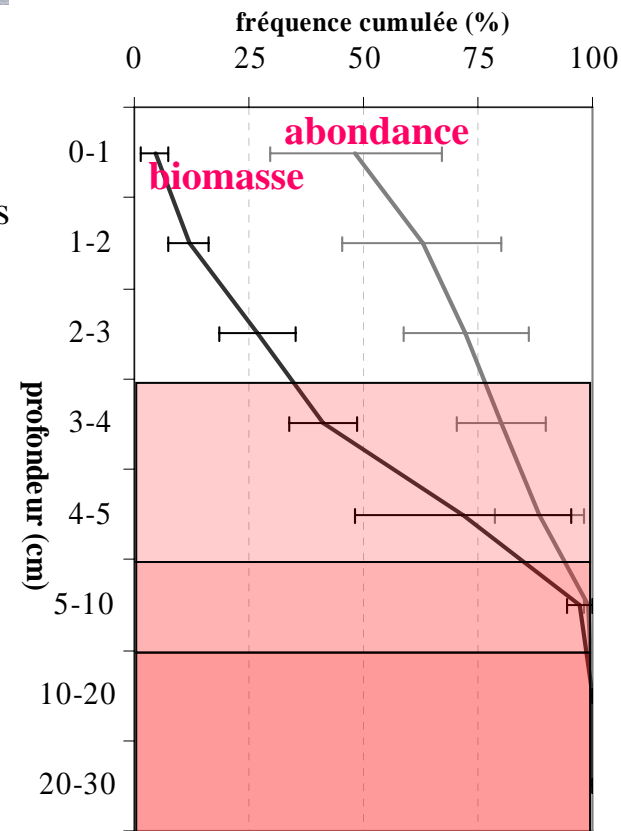
**de masse sèche
sans cendre**

2. Fractions consommables, consommées, produites

Fraction accessible



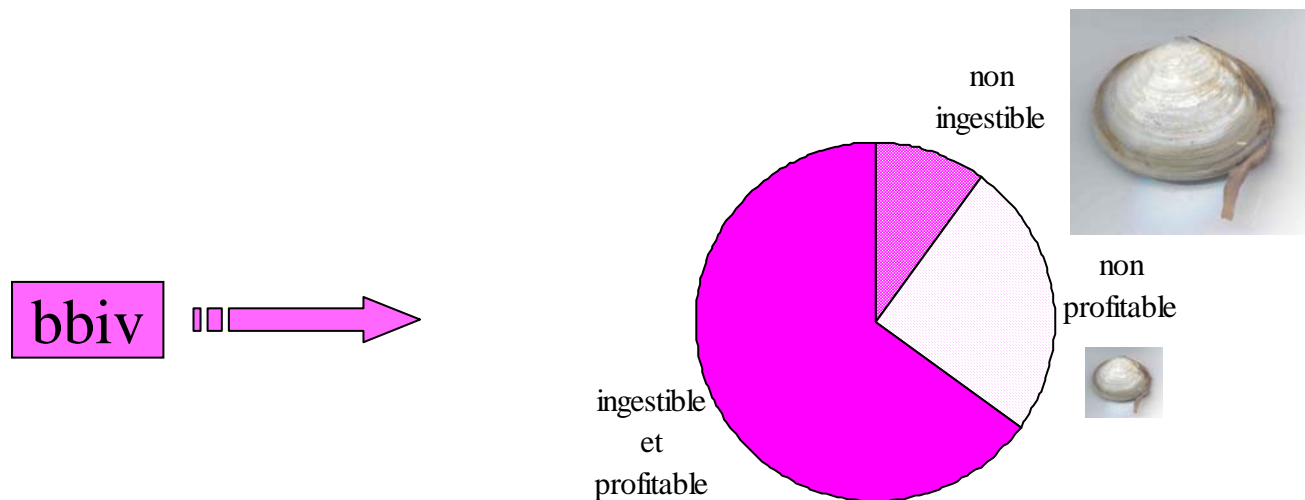
□ accessibles aux limicoles à becs courts
□ accessibles aux limicoles à becs moyens
□ accessibles aux limicoles à becs longs
□ inaccessibles aux limicoles



- **longs becs** : 99 % abondance + 97 % biomasse disponible
- **becs moyens** : 88 % abondance + 72 % biomasse disponible
- **becs courts** : 72 % abondance + 27 % biomasse disponible

2. Fractions consommables, consommées, produites

Fraction ingestible et profitable

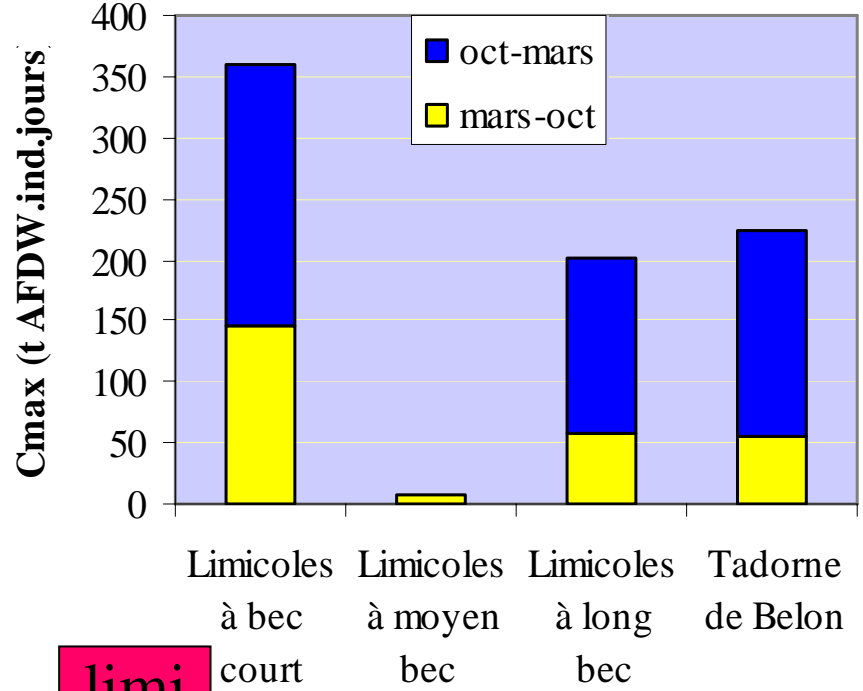
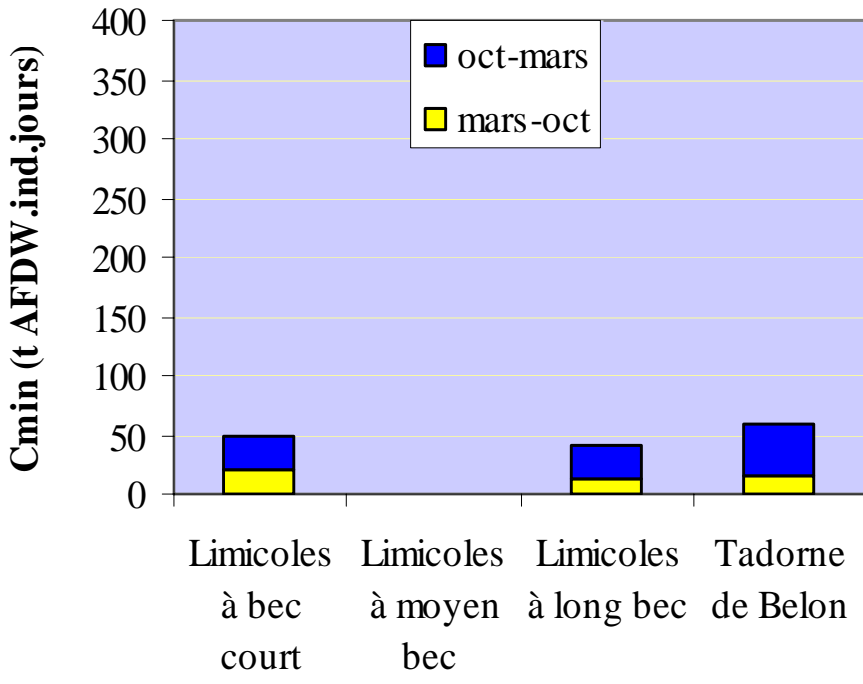


- **longs becs** : 99 % biomasse disponible
- **becs moyens** : 15 % biomasse disponible
- **becs courts** : 13 % biomasse disponible

2. Fractions consommables, consommées, produites

Fraction consommée

Consommation individuelle (CMI) = $\frac{C_{max}}{N}$; N = Nombre de disques d'oiseaux



[Cmin-Cmax]

limi

mars-octobre :

43-245 t masse sèche sans cendre

octobre-mars:

95-501 t masse sèche sans cendre

Thèse de Doctorat de Delphine Degré, soutenue le 28 septembre 2006 à La Rochelle

2. Fractions consommables, consommées, produites

Fractions consommables

3 hypothèses

- consommation uniquement sur les peuplements de bivalves
- répartition équitable des proies par les limicoles en fonction de la taille du bec
- équilibre annuel des stocks consommables

Mars 2002

court + moyen + long

1,3 + 0,4 + 15,8 t

20 + 12 + 249 t

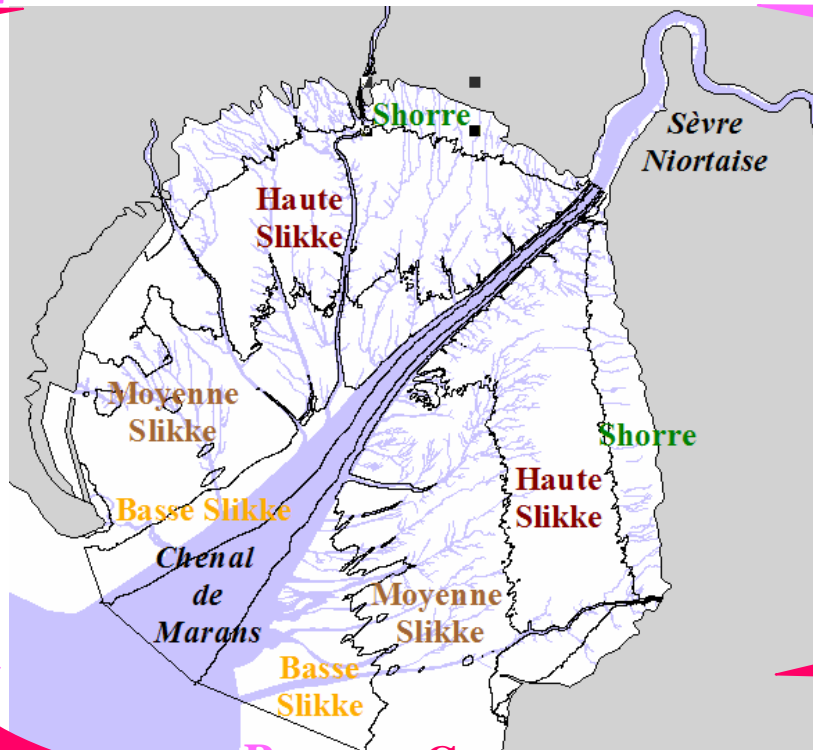
7 + 3 + 37 t

1,3 + 0,4 + 4 t

29 + 16 + 306 t

= 351 t

de masse sèche
sans cendre



Octobre 2002

court + moyen + long

1,3 + 0,2 + 0,4 t

49 + 12 + 189 t

31 + 3 + 24 t

2,9 + 0,6 + 3 t

84 + 16 + 217 t

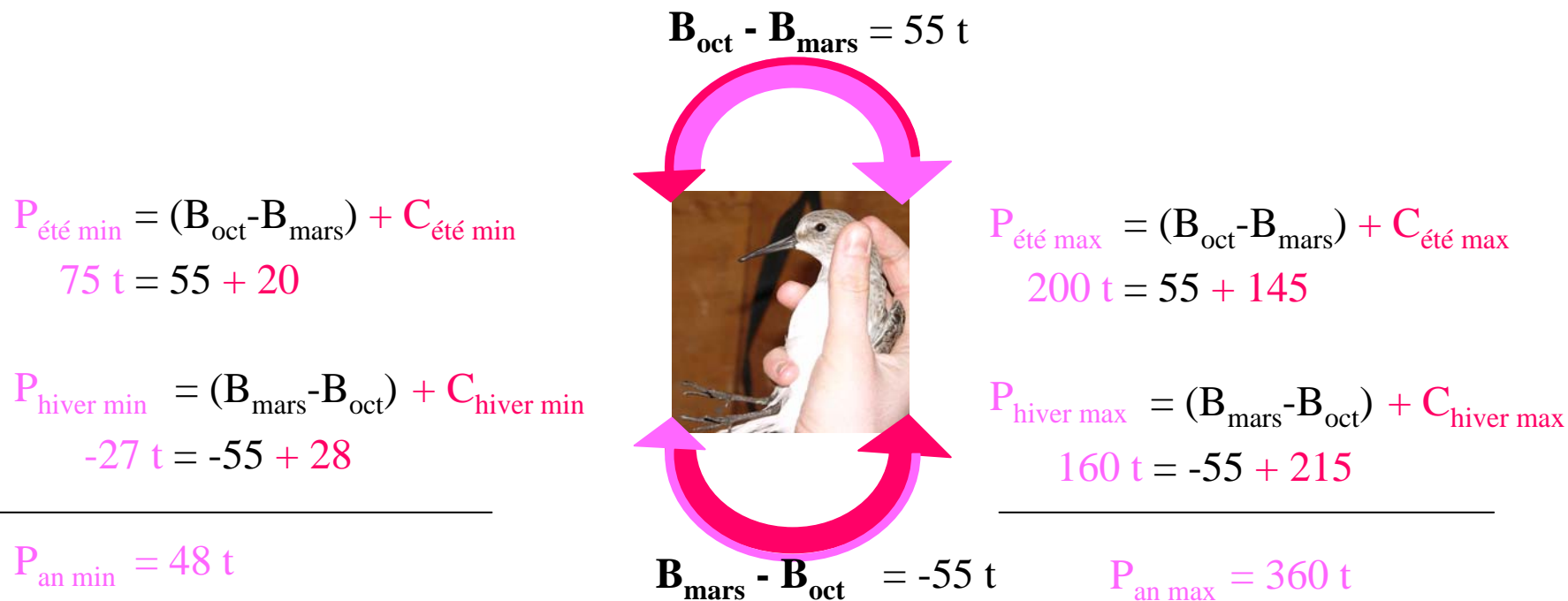
= 317 t

de masse sèche
sans cendre

$B_{mars} - B_{oct}$

2. Fractions consommables, consommées, produites

Exemple des limicoles à bec court



Production nécessaire pour subvenir à tous les limicoles

$\Sigma P_{\text{an}} =$ entre **80** et **518 tonnes. an⁻¹** sur l'anse
soit entre **2** et **13 g. m⁻².an⁻¹**

2. Fractions consommables, consommées, produites

Production nécessaire pour subvenir à tous les limicoles

$$\Sigma P_{an} = \text{entre } 80 \text{ et } 518 \text{ tonnes. an}^{-1} \text{ sur l'anse}$$

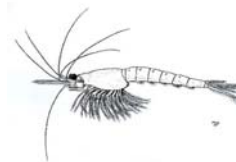
soit entre 2 et 13 g. m⁻².an⁻¹

Production secondaire des bivalves mesurée *in situ*

$$Pg2_{bbiv} = \text{entre } 4 \text{ et } 27 \text{ g. m}^{-2}.\text{an}^{-1}$$



La production des bivalves peut être jusqu'à 2 fois supérieure à la production nécessaire pour subvenir à la consommation de tous les limicoles.



La capacité d'accueil du site pour les limicoles n'est donc pas limitée par la ressource trophique

Plan de l'exposé

★ *Approche quantitative*

1. Structure spatio-temporelle des biomasses des principaux compartiments trophiques
2. Fractions consommables, consommées et produites

★ *Approche qualitative*

3. Caractérisation isotopique des flux trophiques (isotopes stables du C et de l'N)

★ *Synthèse des résultats*

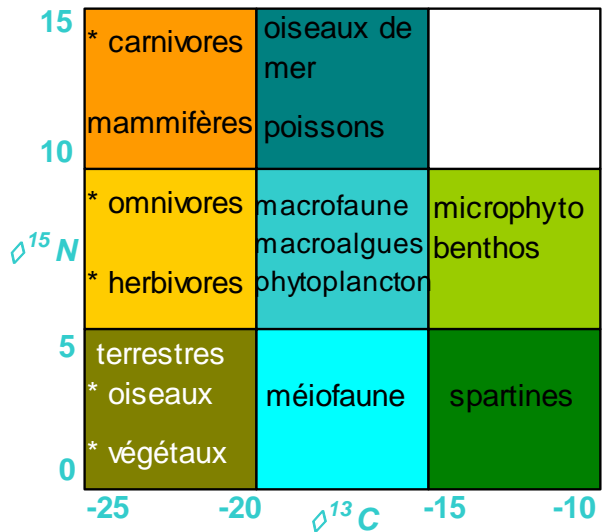
4. Estimation des flux trophiques

3. Caractérisation des flux trophiques

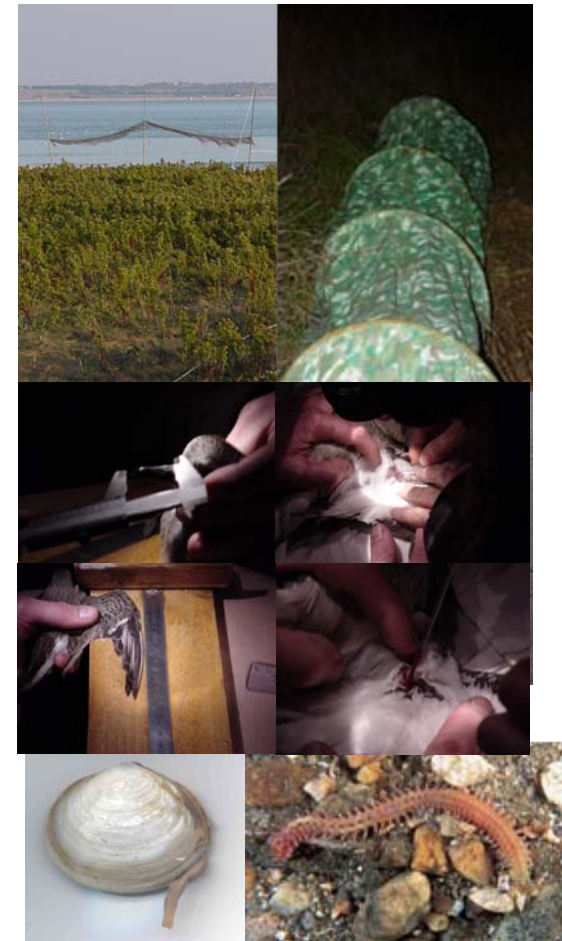
Principe de l'analyse isotopique

$$\delta X = [(R_{\text{échantillon}} + R_{\text{référence}}) - 1] * 10^3$$

où $R = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$ pour le carbone et $R = {}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}$ pour l'azote, reporté au standard de la Pee Dee Belemnite pour C et de l'azote de l'air N_2 pour N.

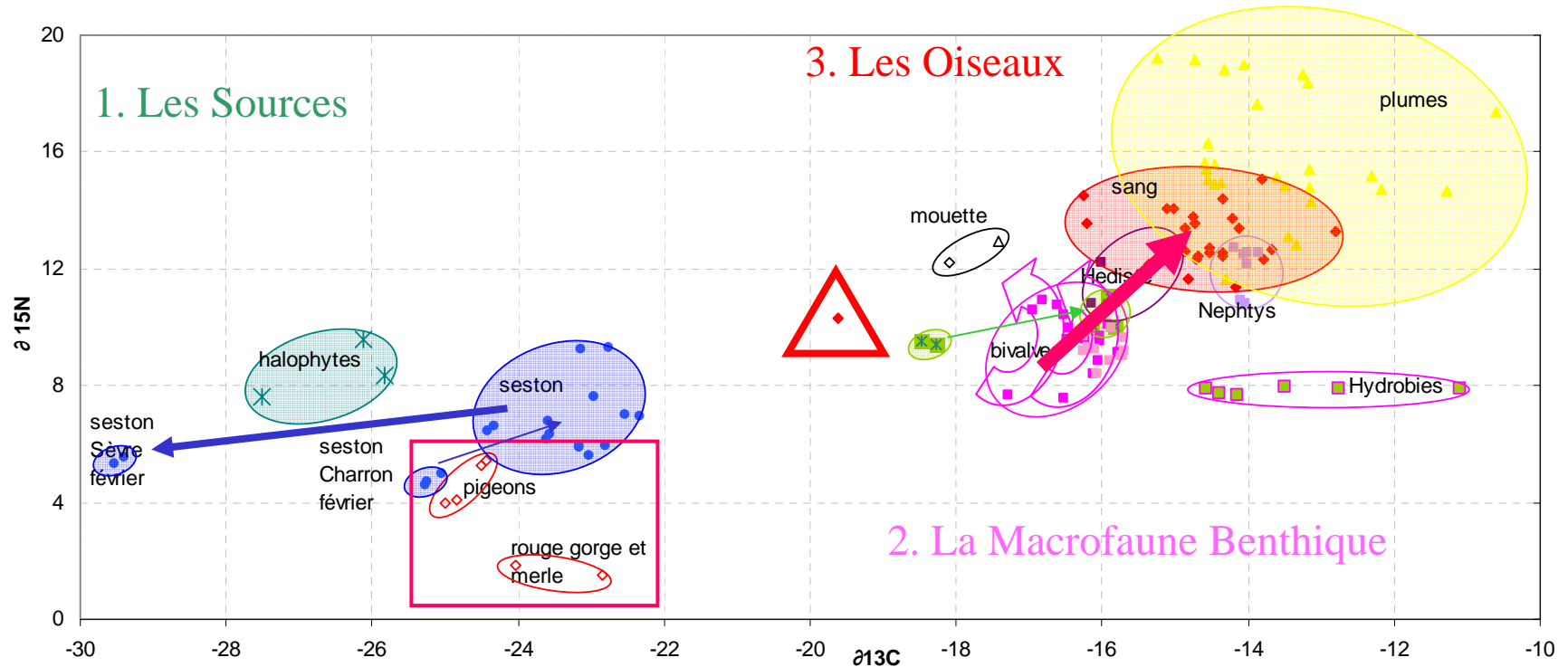


- captures
- végétaux
- microphyto-benthos
- sang et plumes
- macrofaune benthique



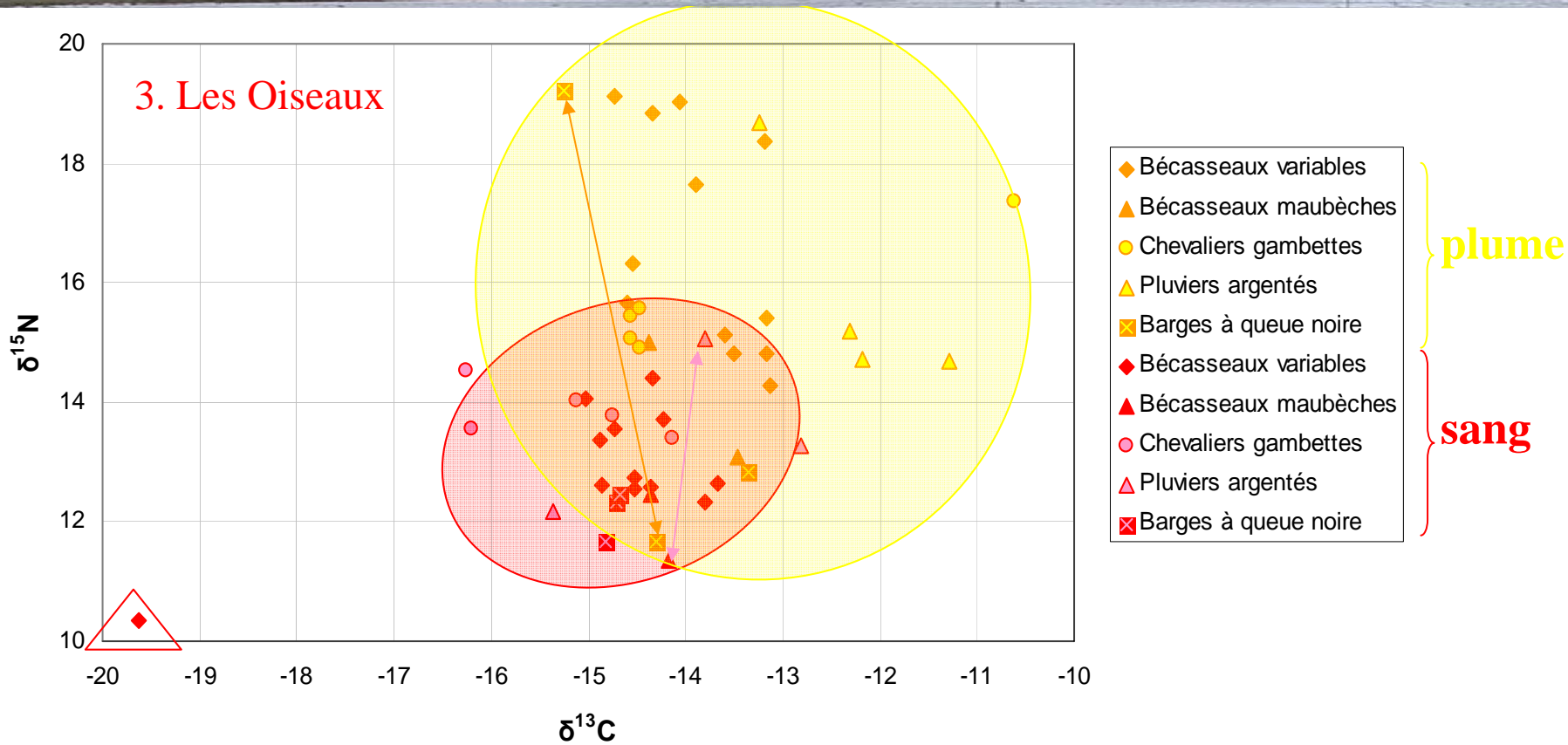
3. Caractérisation des flux trophiques

Diagramme dual du réseau trophique



- Prédateurs enrichis en isotopes lourds par rapport à leurs proies : benthos
- sauf 1 Bécasseau variable : insectivore
- En comparaison avec les pigeons, merle et rouge-gorge : régime terrestre

3. Caractérisation des flux trophiques



- variabilité intra- et inter-individuelle des signatures isotopiques des **limicoles** entre plume et sang d'un même animal.
- Même régime alimentaire au moment de la mue et lors de la capture : tous benthivores.
- Stratégies + individuelles que spécifiques

Plan de l'exposé

★ *Approche quantitative*

1. Structure spatio-temporelle des biomasses des principaux compartiments trophiques
2. Fractions consommables, consommées et produites

★ *Approche qualitative*

3. Caractérisation isotopique des flux trophiques

★ *Synthèse des résultats*

4. Estimation des flux trophiques

4. Estimation des flux trophiques

Principe de l'analyse inverse (Vézina et Platt, 1988)

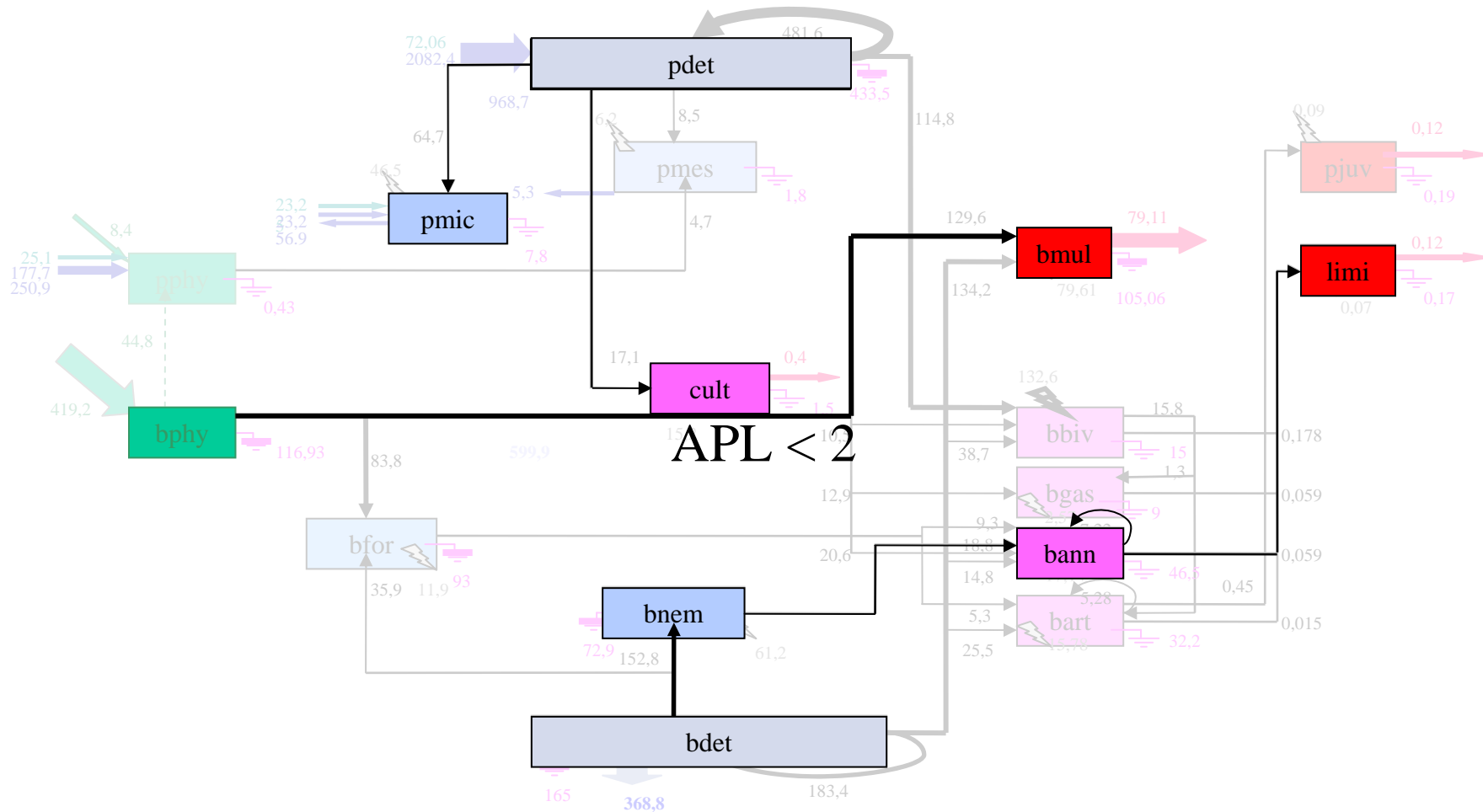
- évaluer les flux trophiques d'un écosystème sur la base d'un système de :
 - **b' équations** (flux connus + combinaisons linéaires à **n flux** inconnus):

$$A.F = b$$

- résolu sous **h' contraintes** ou inégalités : **G.F > h**
- hypothèses émises :
 - système **stationnaire** (variations régulières de biomasse des compartiments)
 - principe de **parcimonie** (solution est unique et de moindre norme)

4. Estimation des flux trophiques

Réseau trophique a posteriori

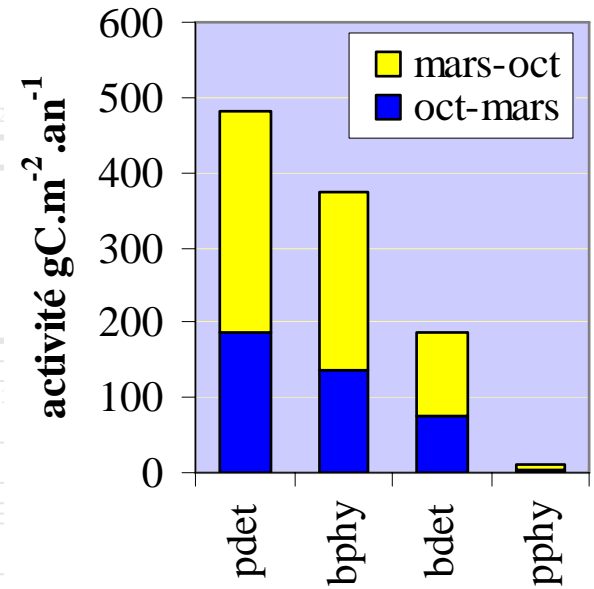
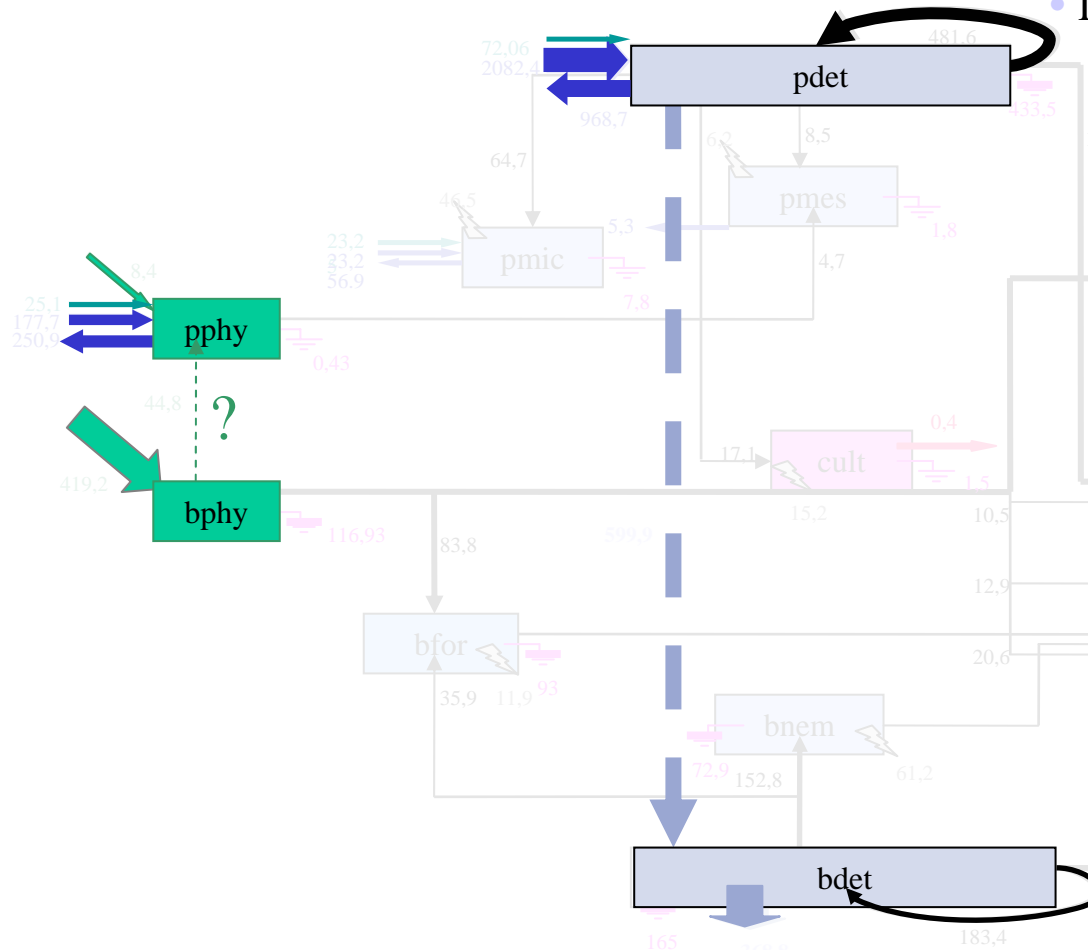


Un système peu complexe

4. Estimation des flux trophiques

Activités des producteurs primaires

- importation nette de détrit
- fort recyclage des détrit



- dominance de la PP benthique
- exportation nette de PP

- dépôt net des détrit
- enfouissement & recyclage des détrit

Conclusion

Propriétés émergentes du système

- système peu complexe peu mature
- très productif
- dominé par les détritiques et la détritivorie, mais D/H faible
- dépendant de l'extérieur
- peu influencé par les prédateurs, mais exportateur de qualité

Capacité d'accueil de l'anse de l'Aiguillon

- distribution libre idéale des limicoles
- répartition faiblement corrélée à la salinité et la granulométrie des sédiments mais pas aux biomasses en mollusques << non limitantes
- consommation soutenue par une production secondaire élevée
- autres taxons + morceaux de proies (régénération des siphons)

Capacité d'accueil non atteinte en terme de ressources trophiques

MAIS autres facteurs influençant la capacité d'accueil à l'échelle de la population totale, régionale (réseau de RN) ou locale (gestion, repositoires, dérangement, prédation et compétition spatiale)

Perspectives

Propositions de recherche

- Valider *a posteriori* des flux méconnus ou sensibles
- Spatialisation du modèle
- Modèle de $\delta^{13}\text{C}$
- Modèle de dynamique des populations proies-prédateurs (fractions consommables)
- Etudier les changements globaux par :
 - des suivis à long terme des populations de macrofaune et de limicoles
 - des comparaisons de fonctionnement de systèmes semblables et des scénarii d'évolution des systèmes

Propositions de suivi par les gestionnaires

Objectifs de conservation, de recherche, de sensibilisation et de surveillance

- Suivis saisonniers à long terme des populations de macrofaune et de limicoles
- Suivi en continu de la salinité et estimation des débits entrants
- Suivi vicennal de la granulométrie, mais études morpho-dynamiques des vases
- Etudes du comportement des limicoles selon les cycles tidaux et nyctéméraux

Merci de votre attention

&

*Merci à tous ceux et celles
qui m'ont aidée*