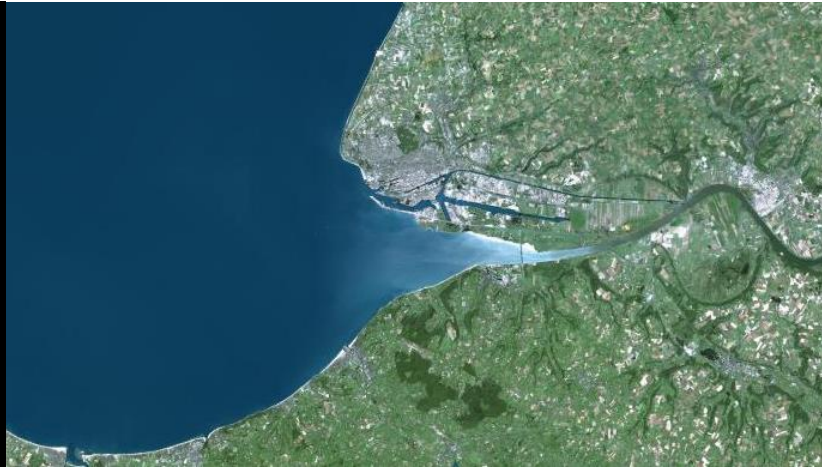


Fonctionnement et capacité trophique de la baie de Seine : lien avec le recrutement des espèces nourriceries-dépendantes



© Hans Hillewaert



Géoportail



© Hans Hillewaert
EchinoBase



Louise Day

Directeurs : Anik Brind'Amour & Hervé Le Bris

AMÉDÉE - Nantes, 12 juillet 2018



1. Le projet CAPES

2. Thèse

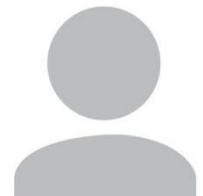
Axe 1. Variabilité spatiale

Axe 2. Variabilité saisonnière

Axe 3. Variabilité interannuelle

Le projet CAPES - équipe

- > **GIP Seine aval Phase 6** : influence de la disponibilité et de la qualité des habitats sur les dynamiques des populations des espèces aquatiques (2017-2020)
- > **CAPES** : **CA**pacité trophique des nourriceries de **P**oissons de l'**E**stuaire de **S**eine
- > Multipartenaires



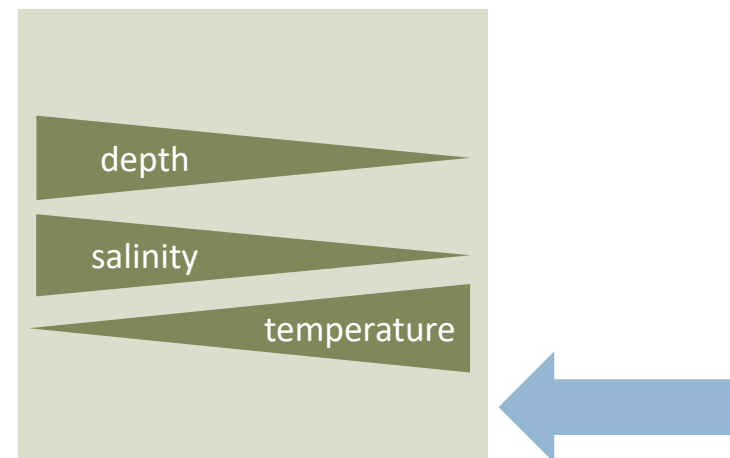
Et plein d'autres

Nourriceries côtières

ZCE :

- > productives (Kennish et al., 2012)
- > naturellement contrastées
- > diverses fonctions d'habitats (résidence, voie de migration, nourriceries,...)

Beck et al., 2001



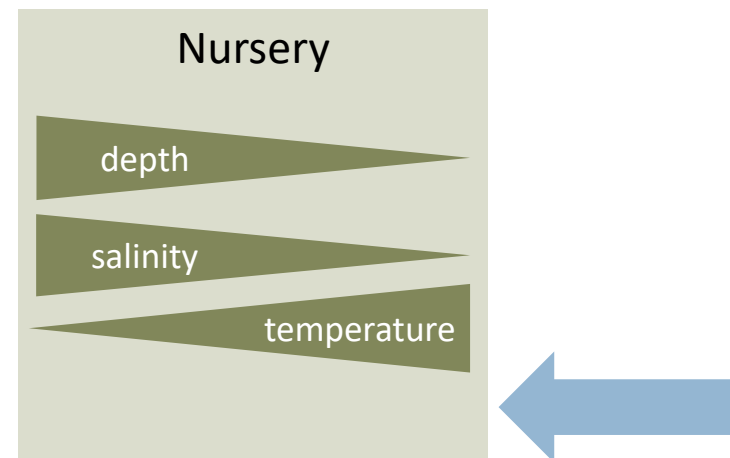
Nourreries côtières

ZCE :

- > productives (Kennish et al., 2012)
- > naturellement contrastées
- > diverses fonctions d'habitats (résidence, voie de migration, nourreries,...)

Beck et al., 2001

Nourreries



Nourreries côtières

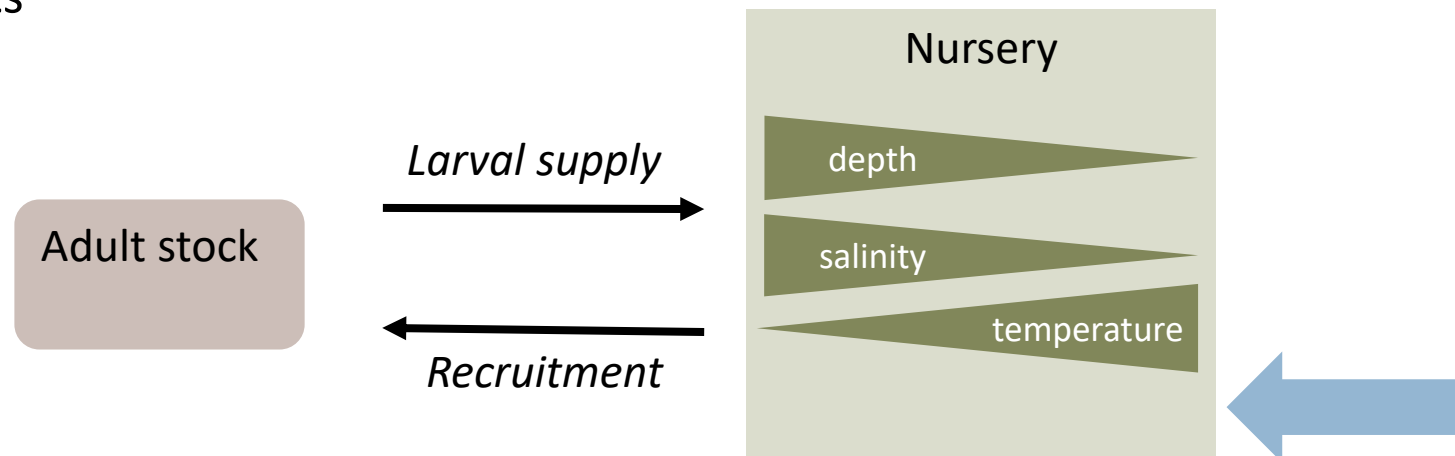
ZCE :

- > productives (Kennish et al., 2012)
- > naturellement contrastées
- > diverses fonctions d'habitats (résidence, voie de migration, nourreries,...)

Beck et al., 2001

Nourreries

- > habitats essentiels pour les juvéniles de poissons benthiques et demersaux
- > capacité à maximiser croissance et survie
- > restreints



Nourreries côtières

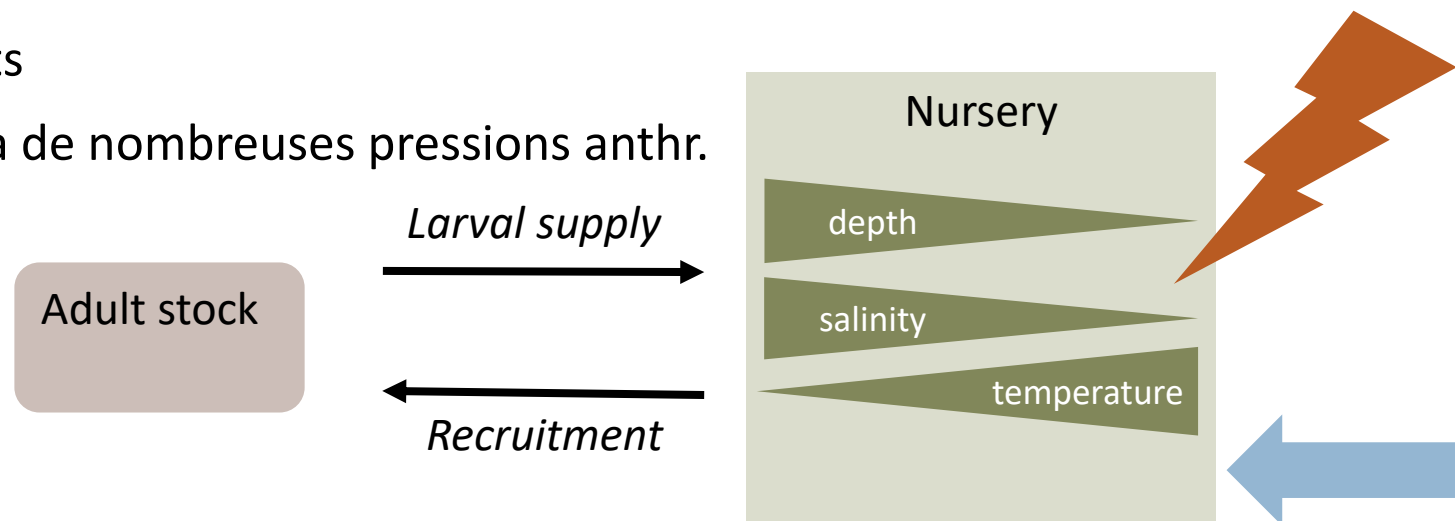
ZCE :

- > productives (Kennish et al., 2012)
- > naturellement contrastées
- > diverses fonctions d'habitats (résidence, voie de migration, nourreries,...)

Beck et al., 2001

Nourreries

- > habitats essentiels pour les juvéniles de poissons benthiques et demersaux
- > capacité à maximiser croissance et survie
- > restreints
- > soumis à de nombreuses pressions anthr.



Nourreries côtières

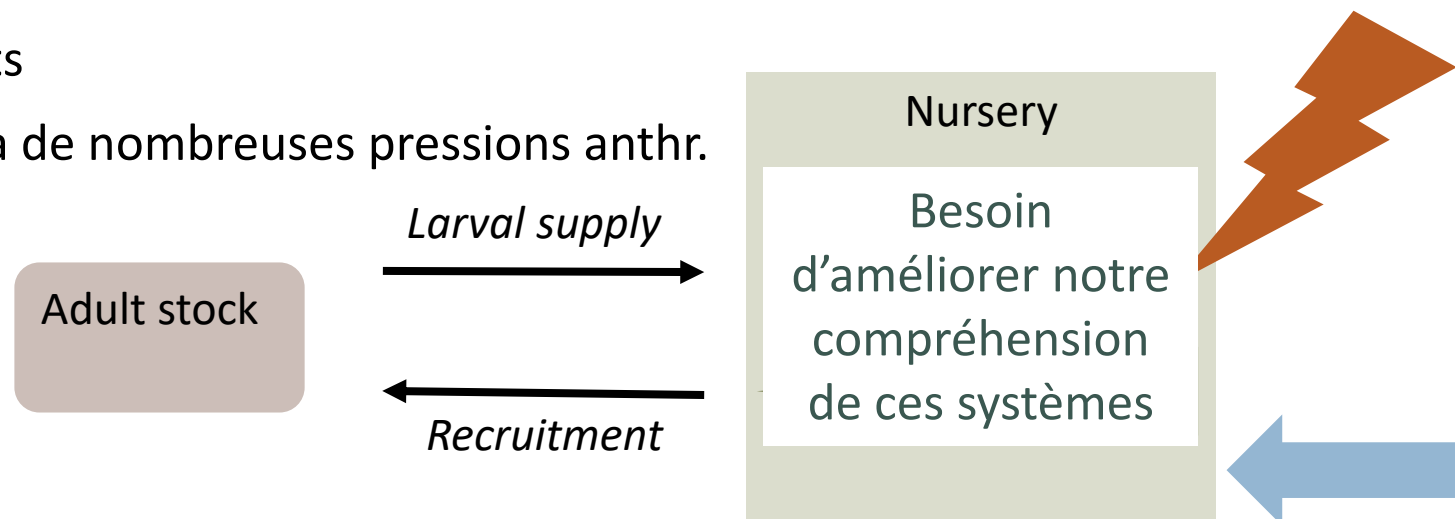
ZCE :

- > productives (Kennish et al., 2012)
- > naturellement contrastées
- > diverses fonctions d'habitats (résidence, voie de migration, nourreries,...)

Beck et al., 2001

Nourreries

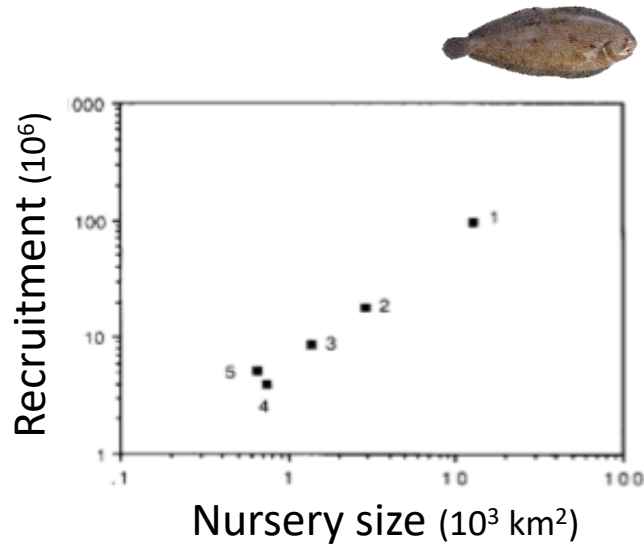
- > habitats essentiels pour les juvéniles de poissons benthiques et demersaux
- > capacité à maximiser croissance et survie
- > restreints
- > soumis à de nombreuses pressions anthr.



Quantité et qualité des nourriceries

> La **quantité** et la **qualité** d'un habitat sont deux **facteurs déterminants** dans la *production* de juvéniles de poissons (*i.e.* recrutement).

> Quantité :



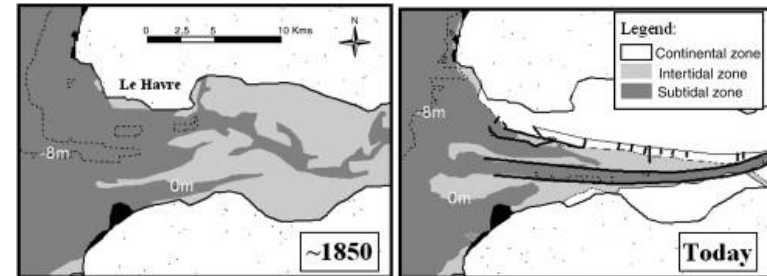
Rijnsdorp et al., 1992

“Sandy or muddy substrate (excluding rocky areas) with a depth of less than 10 m”

> Effet de la **réduction** de la quantité



©Haropa/Port du Havre



Delsinne, 2005

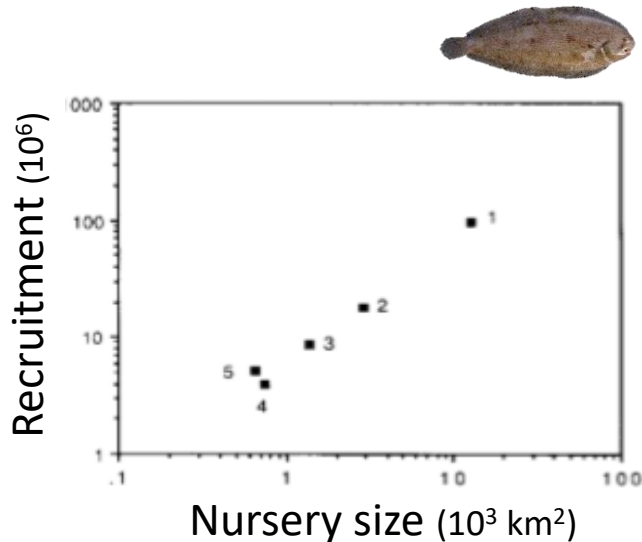
- 33% de la surface
- 42% de la production de juvéniles de sole

Rochette et al., 2010

Quantité et qualité des nourriceries

> La **quantité** et la **qualité** d'un habitat sont deux **facteurs déterminants** dans la *production* de juvéniles de poissons (*i.e.* recrutement)

> Quantité :



Rijnsdorp et al., 1992

“Sandy or muddy substrate (excluding rocky areas) with a depth of less than 10 m”

> Et la **qualité** ?

HQFISH

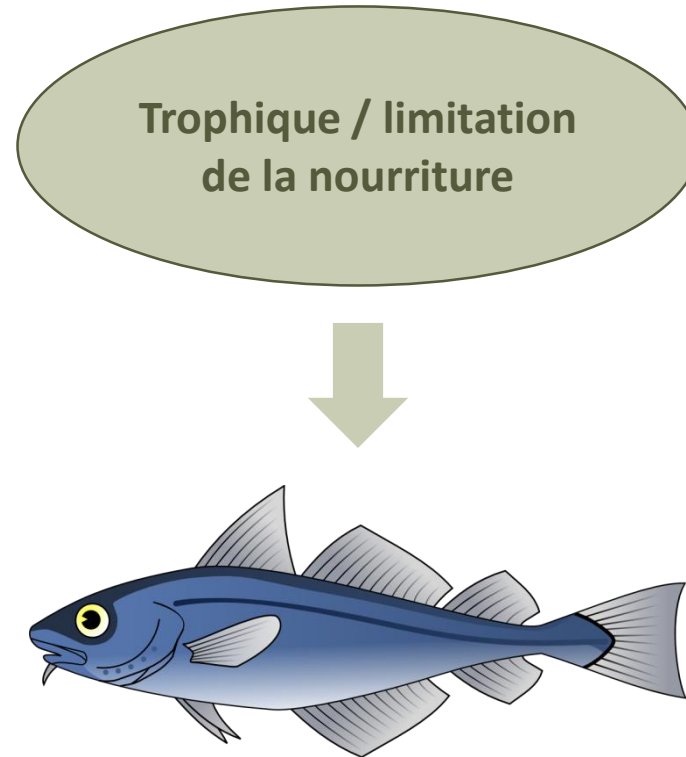
CHOPIN



PLASTIC-SEINE

CAPEES

Quel est l'effet de la **qualité de l'habitat** sur le recrutement des espèces nourriceries dépendantes dans la baie de Seine orientale ?



1. Le projet CAPES

2. Thèse

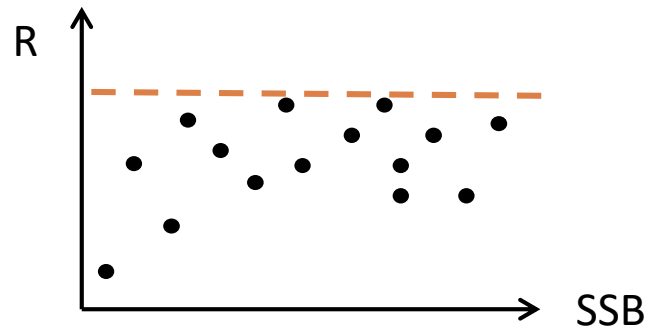
Axe 1. Variabilité spatiale

Axe 2. Variabilité saisonnière

Axe 3. Variabilité interannuelle

Variabilité du recrutement

> Recrutement des espèces nourriceries-dépendantes



Iles 1994

Amortissement de la variabilité stade larvaire :
surfaces restreintes des nourriceries

Hypothèse de concentration (Iles and Beverton, 2000)

Mécanismes de mortalité densité dépendante

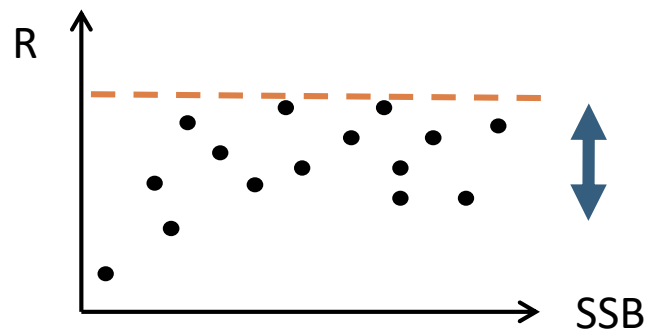
Notion de capacité d'accueil

Capacité d'accueil

- > Concept très discuté (del Monta Luna et al., 2004)
- > Découle de l'**interaction** entre
 - **ressources** biotiques et abiotiques disponibles et
 - **consommateurs** présents
- > Multifactorielle: température, nourriture, prédateurs... (Gibson, 1994)



- > Dynamique



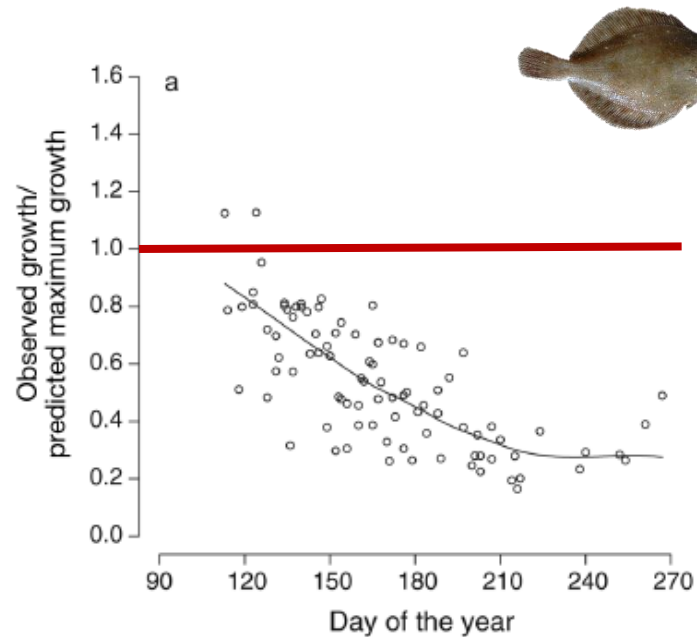
Rôle du facteur trophique ?

Facteur trophique : limitant ?

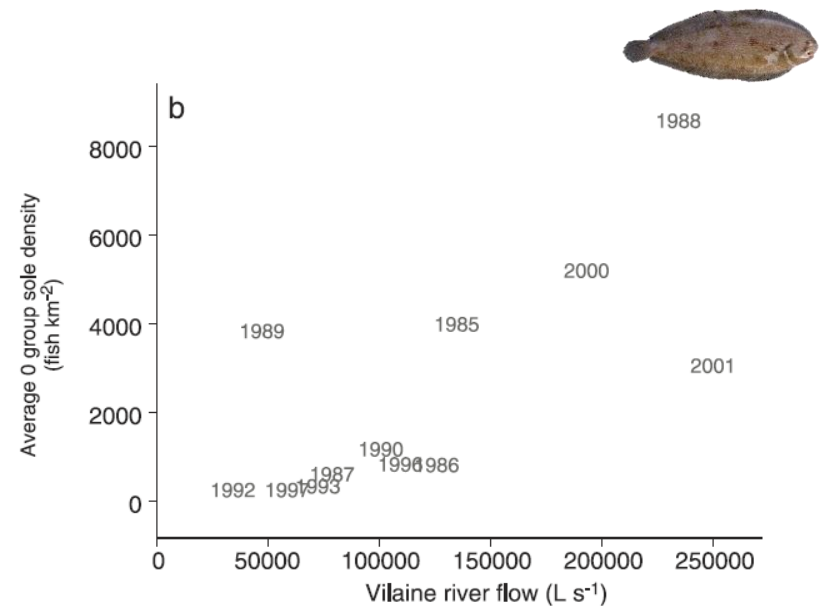
> Objet de nombreuses études

> Cause trophique souvent proposée

- Baisse de la croissance estivale juvéniles (Van der veer et al., 2010; Van der veer et al., 2016)
- Effet positif du débit sur l'abondance des juvéniles



Van der veer et al., 2010



Le Pape et al., 2003

Facteur trophique : limitant ?

> Objet de nombreuses études


> Cause trophique souvent proposée

- Baisse de la croissance estivale juvéniles (Van der veer et al., 2010; Van der veer et al., 2016)
- Effet positif du débit sur l'abondance des juvéniles

> **Absence de consensus** sur son rôle et son **importance** (Le Pape and Bonhommeau, 2015)

> Méthodes utilisées souvent indirectes

- Croissance, condition, drivers potentiels, etc.



Approche directe développée : comparaison de l'offre alimentaire et de la demande des juvéniles (Tableau et al., in prep)

Facteur trophique : limitant ?

- > Objet de nombreuses études
- > Cause trophique souvent proposée
 - Baisse de la croissance estivale juvéniles (Van der veer et al., 2010; Van der veer et al., 2016)
 - Effet positif du débit sur l'abondance des juvéniles
- > **Absence de consensus** sur son rôle et son **importance** (Le Pape and Bonhommeau, 2015)
- > Méthodes utilisées souvent indirectes
 - Croissance, condition, drivers potentiels, etc.
- ➔ Approche directe développée : comparaison de l'offre alimentaire et de la demande des juvéniles (Tableau et al., in prep)
- > Echelles utilisées diverses
 - population/communauté, spatiale, temporelle

Axes de la thèse

Capacité trophique

Axe 1

Variabilité spatiale

?

Effets sur les réseaux trophiques
Effets sur la condition des juvéniles

Axe 2

**Variabilité
saisonnière**

?

Effets sur la
croissance
des juvéniles

Axe 3

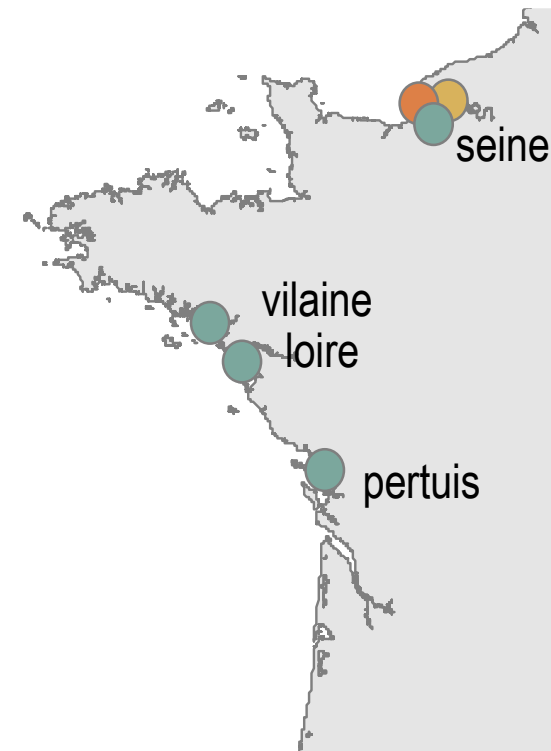
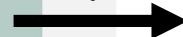
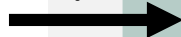
**Variabilité
interannuelle**

?

Effet sur le
recrutement

Effet des
potentiels
drivers de
production de
proies

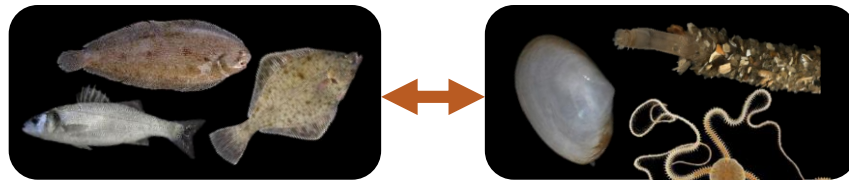
?



Limitation trophique

Capacité trophique

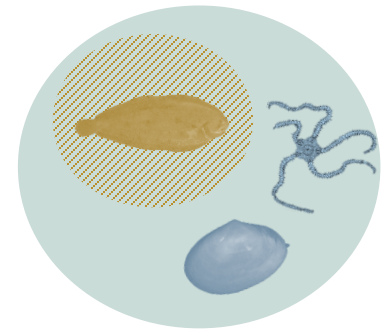
- > Découle de l'**interaction** entre **ressources** trophiques disponibles et **consommateurs** présents



Efficacité d'exploitation

Approche énergétique directe

Ratio : **Consommation** / **Production benthique** = EE



- > Méthode développée sur des zones de nurseries (Tableau et al., in prep; Saulnier et al., in prep)

1. Le projet CAPES

2. Thèse

Axe 1. Variabilité spatiale

Axe 2. Variabilité saisonnière

Axe 3. Variabilité interannuelle

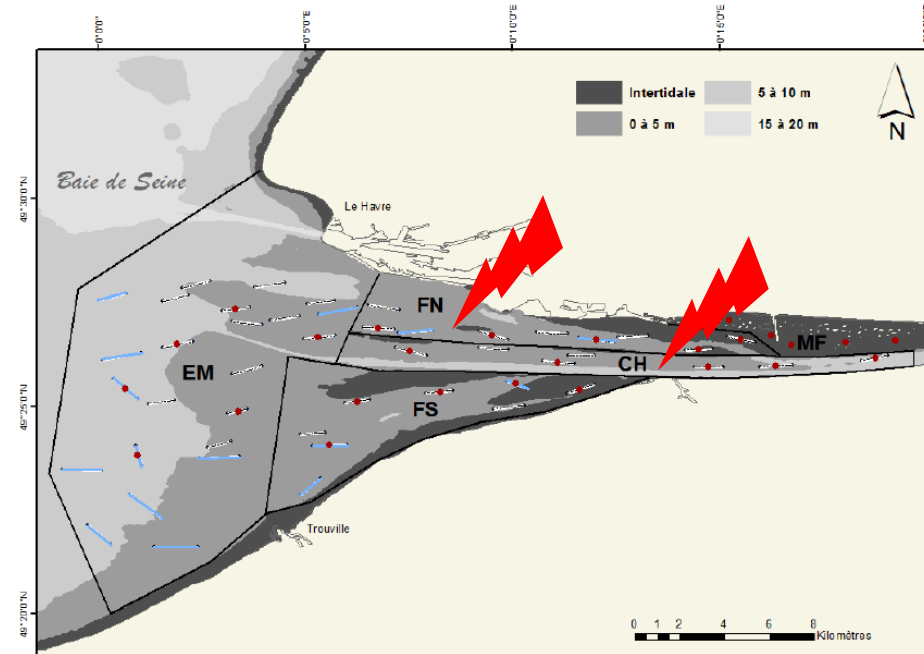
1. Variabilité spatiale

Fonctionnement trophique spatialisé ?

- > Des indices d'un fonctionnement spatialisé
 - différences de communautés benthiques entre secteurs (COLMATAGE, 2012)
 - modélisation *ecopath* de la baie de Seine par secteur (Tecchio et al. 2015)
- -> 2 secteurs stressés & contrôle top-down
 - modélisation *ecopath* spatialisée (ANTRHOPOSEINE, 2018)
- -> fonctionnement spatialisé

Quelles sont les contributions des différents secteurs au régime alimentaire des juvéniles ?

Quel est l'effet sur leur condition ?



D'après Tecchio et al., 2015

1. Variabilité spatiale

Données

Proies (supra)benthiques :

- Macrofaune endogée
 - 5 stations/secteur/mois
- Suprabenthos
 - 1 station/secteur/3 réplicats
- Méiofaune
 - 1 station/secteur/3 réplicats
- Mésozooplancton
 - 1 station/secteur/3 réplicats

Juveniles de poissons -G0/G1:

- sole, plie, bar , merlan
 - 5 ind./secteur/mois

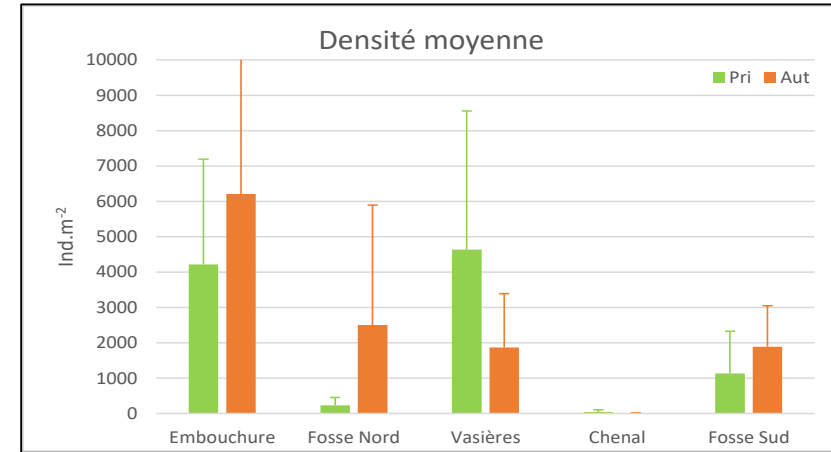
Juveniles de poissons -G0/G1:

- sole, plie, bar , merlan
 - 50 ind./secteur/mois

Compositions spécifiques

Compositions isotopiques $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$

Contenus **stomacaux**
Facteurs de condition



Fonctionnement
spatialisé ?

Contributions différentes
des 5 secteurs au régime
alimentaire des juvéniles

1. Description des réseaux
trophiques via des indices
fonctionnels (Layman et al. 2007,
Jackson et al 2011, Brind'Amour &
Dubois 2013)

2. Estimation de la contribution
des secteurs au régime
alimentaire des juvéniles via des
modèles de mélange isotopique
(Parnell et al., 2010)

Répercussions
physiologiques sur la
condition des juvéniles G0
(peu mobiles)

3. Impact de la spatialisation sur
la condition via des facteurs de
condition (coefficients relation
taille/poids)

1. Le projet CAPES

2. Thèse

Axe 1. Variabilité spatiale

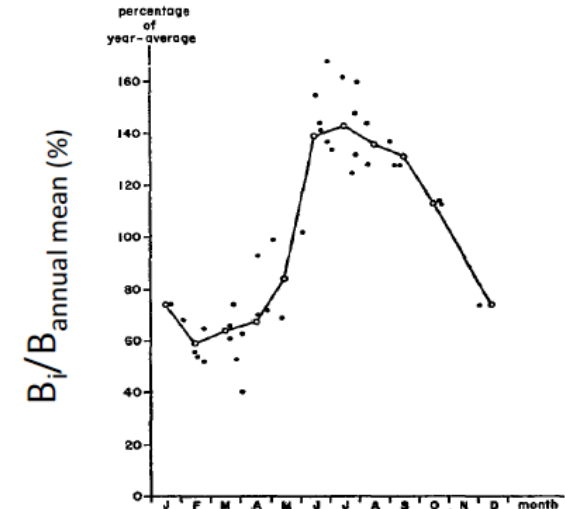
Axe 2. Variabilité saisonnière

Axe 3. Variabilité interannuelle

2. Variabilité saisonnière

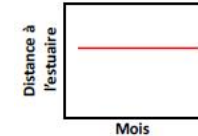
Limitation trophique et saisonnalité (1)

- > Variations saisonnières de la biomasse de la macrofaune benthique (Beukema, 1974; Saulnier et al. in prep)
- > Dues aux dynamiques de population des espèces d'invertébrés macro benthiques
- > Projet Modhanour (Brind'Amour et al. 2017):
 - Patrons de migrations mensuelles des juvéniles au sein de l'estuaire de Seine

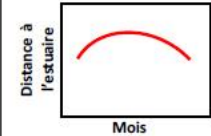


Beukema, 1974

Stable ou données insuffisantes



Migrant externe



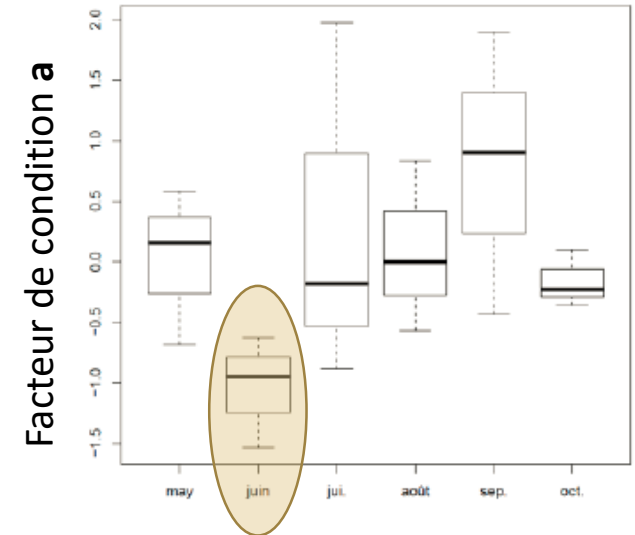
MODHANOUR, 2017

> Projet Modhanour :

- Valeurs de condition plus faible en juin
- Hypothèse : diminution de l'activité des proies benthiques en domaine intertidales et estuariens en été (Van der veer et al. 2016) - - > déplacement en aval des juvéniles
- Semble que la capacité d'accueil de la baie de Seine est atteinte régulièrement

Quel est le lien entre la limitation trophique supposée et la baisse de croissance estivale ?

Poissons plats



MODHANOUR, 2017

2. Variabilité saisonnière

Hypothèses

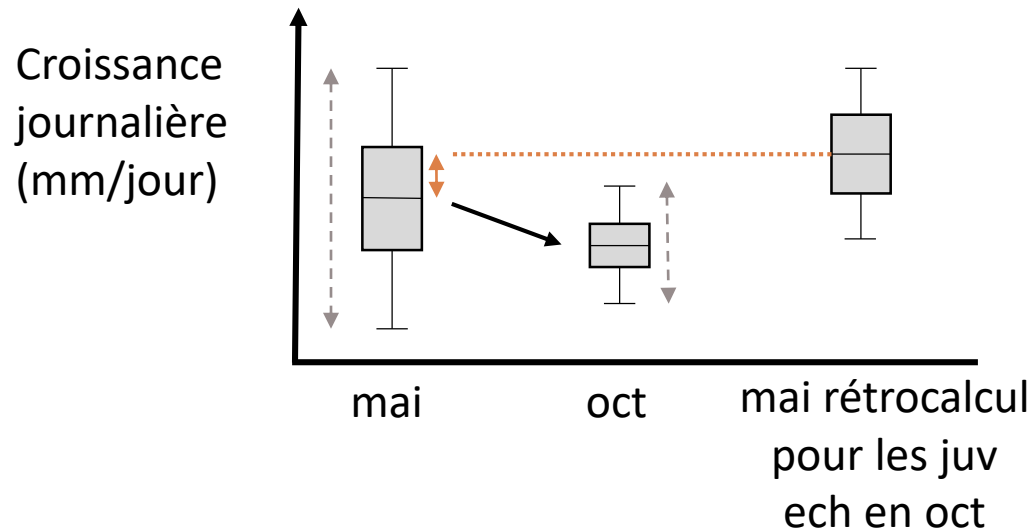
Pas de limitation trophique à l'installation des juvéniles au printemps

Limitation trophique estivale et/ou à la fin de la période de croissance

[Prédation constante]



- La croissance est moins importante en octobre (croissance diminue avec l'âge)
- La variabilité plus faible en octobre
- Croissance rétro calculée pour le mois de mai chez les juvéniles échantillonnés en oct plus importante que celle de mai



> **Estimation de EE** en mai et octobre 2017

Défi méthodologique : adaptation à l'échelle mensuelle

P/B utilisés dans l'estimation de la production benthique : annuel

Saisonnalité de la productivité à intégrer ?

> **Croissance journalière** : lecture **d'otolithes** (stries journalières) des juvéniles (4 espèces cibles) en mai et octobre

> Indices de condition : coefficient de Fulton, C:N, indice hépato-somatique



> **Estimation de EE** en mai et octobre 2017

Défi métho

P/B utilisés

Saisonnalité



The screenshot shows the top part of a news article on the Le Point website. The header is red with the 'Le Point' logo in white. Below the logo is a navigation menu with categories: Politique, International, Économie, Tech & Net, Culture, Débats, Sciences, Santé, Sports, Lifestyle. A yellow box highlights the date 'Juin 2017'. The breadcrumb trail reads 'Actualité > Sciences et technos > Environnement'. The main headline is 'Seine : moins de 1 mètre à l'échelle d'Austerlitz'. Below the headline is a video player with the text 'VIDÉO. La sécheresse qui s'est abattue sur une partie de la France commence à faire ressentir ses effets sur la Seine, mais pas de quoi s'inquiéter.' and the author 'Par Frédéric Lewino et Pauline Tissot'. At the bottom, it says 'Publié le 16/06/2017 à 09:37 | Le Point.fr'.

elle

rique : annuel

> **Croissance journalière** (espèces cibles) en

eres) des juvéniles (4

> Indices de condition : coefficient de Fulton, C:N, indice hépato-somatique



1. Le projet CAPES

2. Thèse

Axe 1. Variabilité spatiale

Axe 2. Variabilité saisonnière

Axe 3. Variabilité interannuelle

Limite de la méthode d'estimation d'EE

Chalut démersal



Juvéniles et invertébrés



Consommation
annuelle des
juvéniles

Benne VAN VEEN



Invertébrés



Production
benthique
annuelle

Ratio = EE

- > Interprétation difficile car manque de recul
- > Campagnes de bennes ponctuelles & chronophages

Limite de la méthode d'estimation d'EE

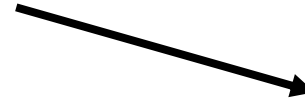
Chalut démersal



Juvéniles et invertébrés



Consommation
annuelle des
juvéniles



Production
benthique
annuelle

Ratio = EE

- > Interprétation difficile car manque de recul
- > Campagnes de bennes ponctuelles & chronophages
- > **Longue série de données de chalut = variabilité spatio-temporelle**

3. Variabilité interannuelle

3.1

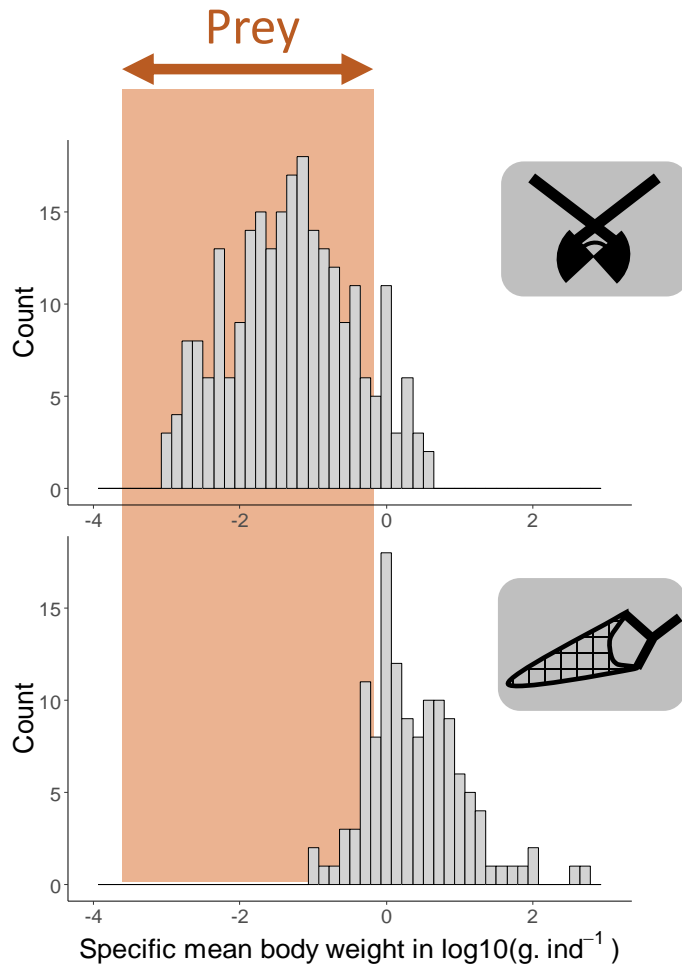
Trawled benthic invertebrates used to estimate **benthic production in coastal nurseries**: interannual variability and forcing factors

3.2

Trophic limitation : what can we learn from relative and absolute spatio-temporal variability of the exploitation efficiency of benthic prey by juvenile fish

3.1

(i) Proxy de la production benthique de proies à partir des invertébrés chalutés



Production benthique

$$Prod = \bar{B}_{annuelle} \cdot E \cdot \frac{P}{B} \cdot R$$

$$\bar{B}_{annuelle} = 0,7 \cdot B_{ech} \text{ (Tableau et al., 2015)}$$

E : coefficient de conversion énergétique (Brey, 2010)

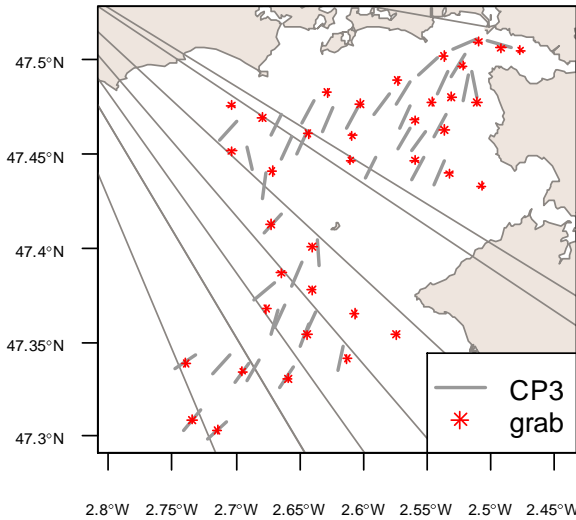
$\frac{P}{B}$: productivité (issue du modèle de Brey 2012 – inférée à partir de traits biologiques)

R : coefficient de régénération ?

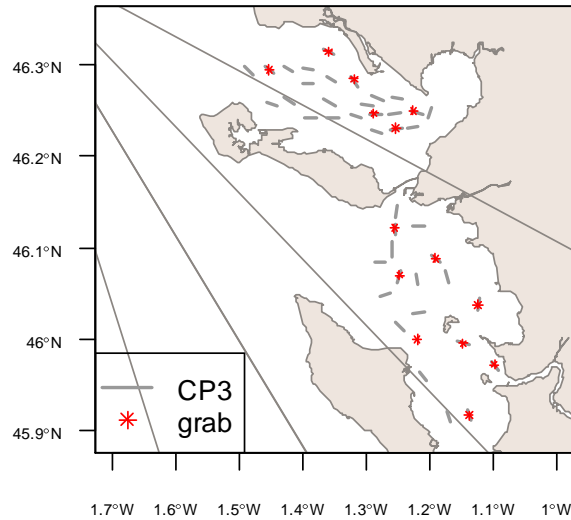
Quelle échelle spatiale ? Strate bathy sédimentaire

Plan d'échantillonnage

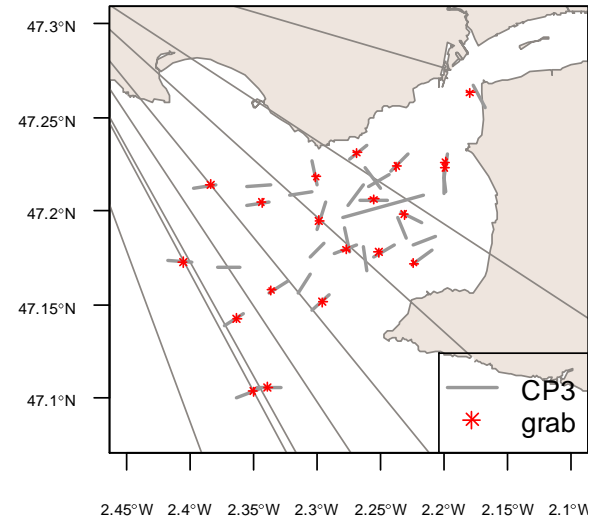
Vilaine 2008



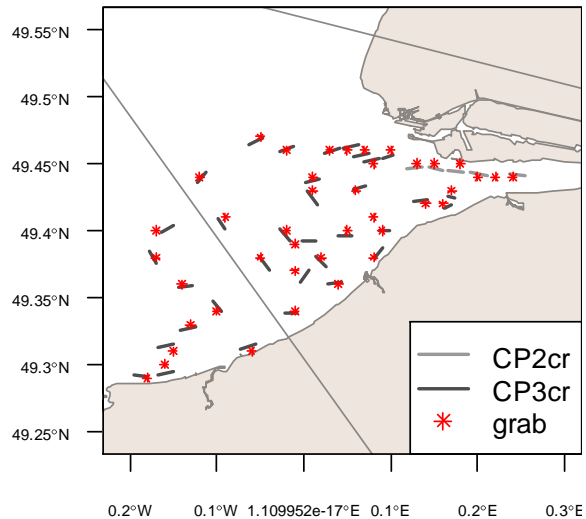
Pertuis 2015



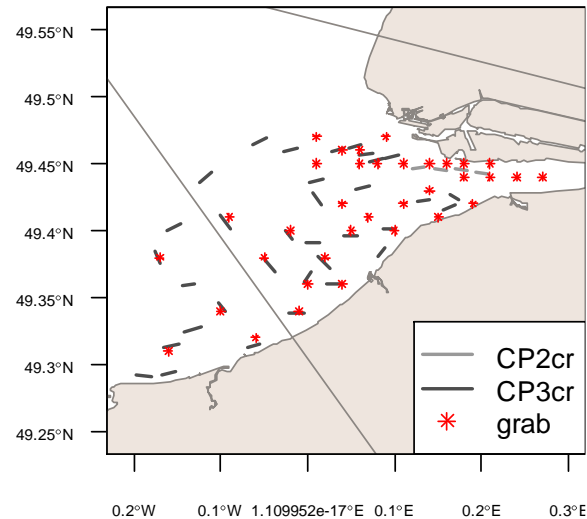
Loire 2016



Seine 2008



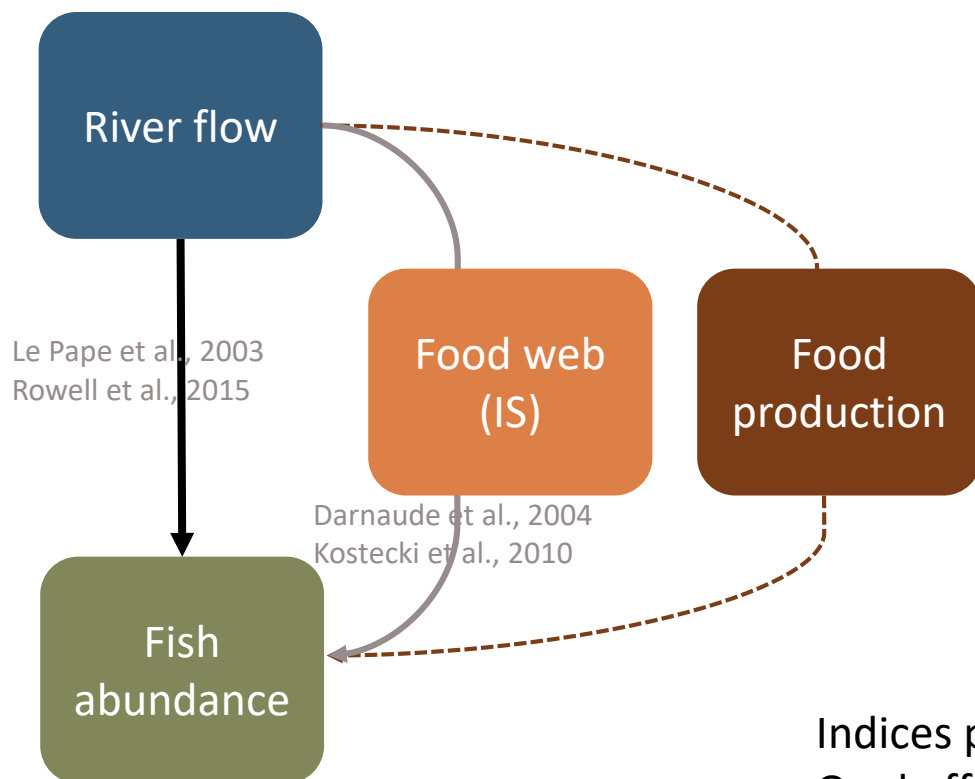
Seine 2010



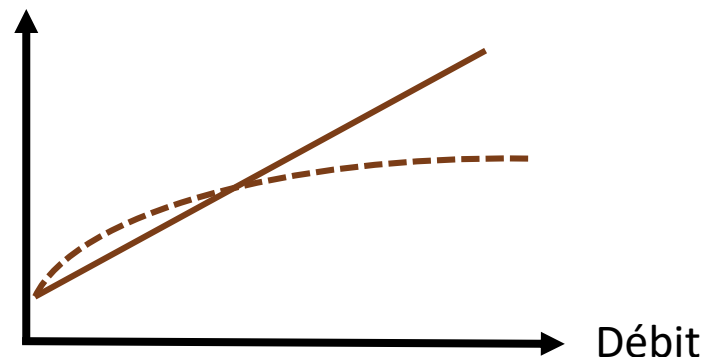
3.1

(ii) Quelles origines des variations de la production benthique ?

Hypothèse effet bottom up

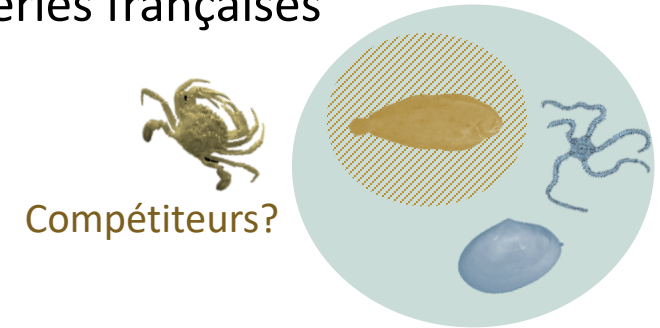


Production benthique



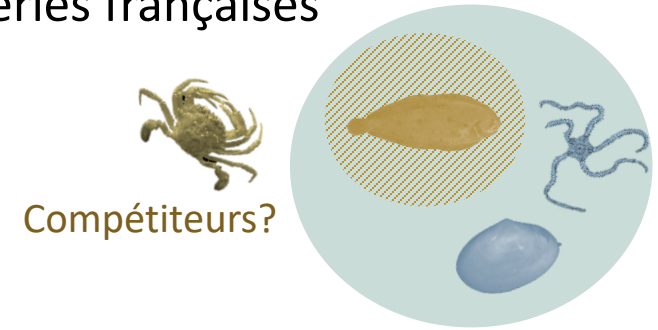
Indices plus globaux (NAO – lien avec les précipitations) ?
Quel effet sur les abondances de juvéniles ?

- > Quantification de EE absolue pour différentes nourriceries françaises à partir des données de bennes (production de proies) et de chalut (consommation des juvéniles)

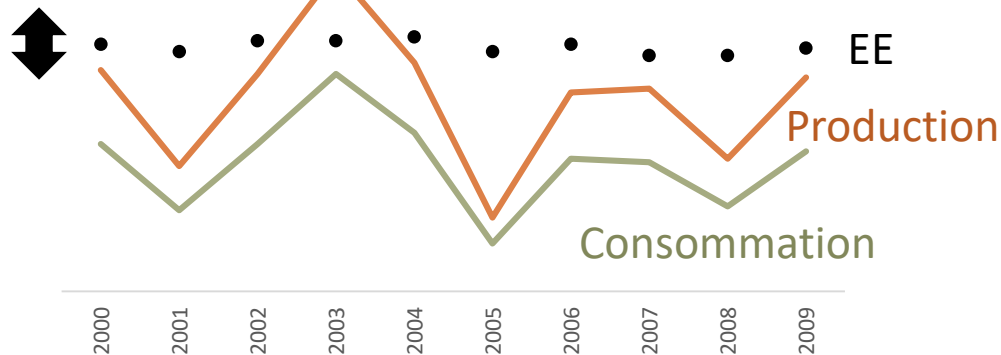


> Quantification de EE absolue pour différentes nurseries françaises à partir des données de bennes (production de proies) et de chalut (consommation des juvéniles)

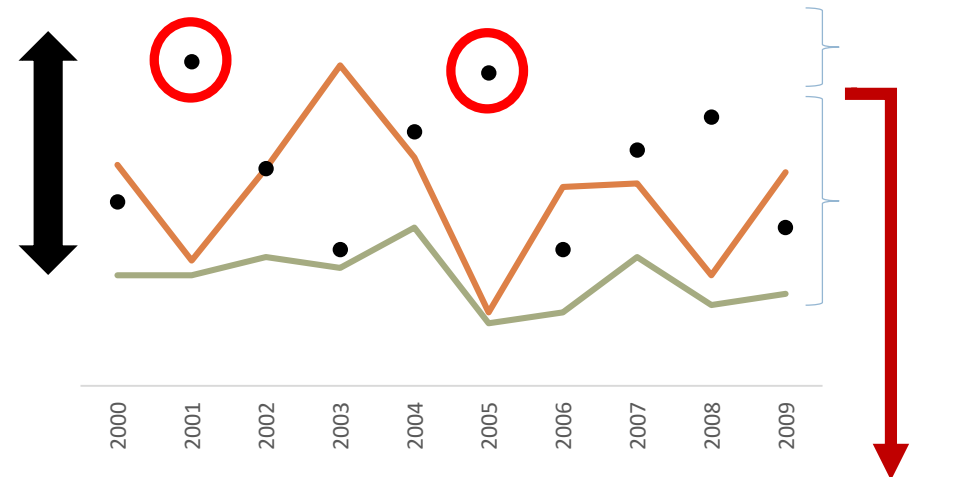
> Variabilité interannuelle de EE relatif à partir des données de chalut et du proxy ci avant



EE stable - - > limitation trophique



EE variable - - > pas de limitation ou limitation ponctuelle



Où placer le seuil ... ?

Merci de votre attention

Annexes

$$EE = \frac{\text{Food Consumption (FC)}}{\text{Food Production (FP)}}$$

production (FP)

$$FP = \sum_{i \in 1:I \text{ prey species}} \bar{B}_i \cdot \pi_i \cdot (1 + R_i) \cdot E_i \cdot A_i$$

\bar{B}_i : biomasse annuelle moyenne (en g)

π_i : ratio de production sur biomasse (sans unité)

R_i : coefficient de régénération (sans unité)

E_i : densité énergétique (en kJ/g)

A_i : coefficient d'accessibilité (sans unité)

consommation (FC)

$$FC = \sum_{j \in 1:J \text{ predator species}} P_j \cdot \frac{1}{q_j} \cdot DC_j \cdot E_j \cdot \frac{1}{K}$$

P_j : production de biomasse (en g)

q_j : capturabilité du chalut (sans unité)

DC_j : % des invertébrés dans le régime (sans unité)

E_j : densité énergétique (en kJ/g)

K : efficacité de conversion brute (sans unité)

$$P = \int_{t=t_0}^{t=T} n(t) \cdot \frac{dw}{dt} \cdot dt$$



AVEC

$$P = \sum_{d=d_0}^{d=D} n_d \cdot (w_d - w_{d-1})$$

$$n_d = e^{-(d-s) \cdot Z} \cdot n_s$$

$$w_d = a \cdot [(L_s + (d - s) \cdot G)]^b$$

$$d_0 = \frac{L_{d_0} - L_s}{G} + s$$

n_d : nombre d'individus le jour d

Z : mortalité journalière (en jour⁻¹)

n_s : nombre d'individus observés

w_d : poids moyen individuel le jour d

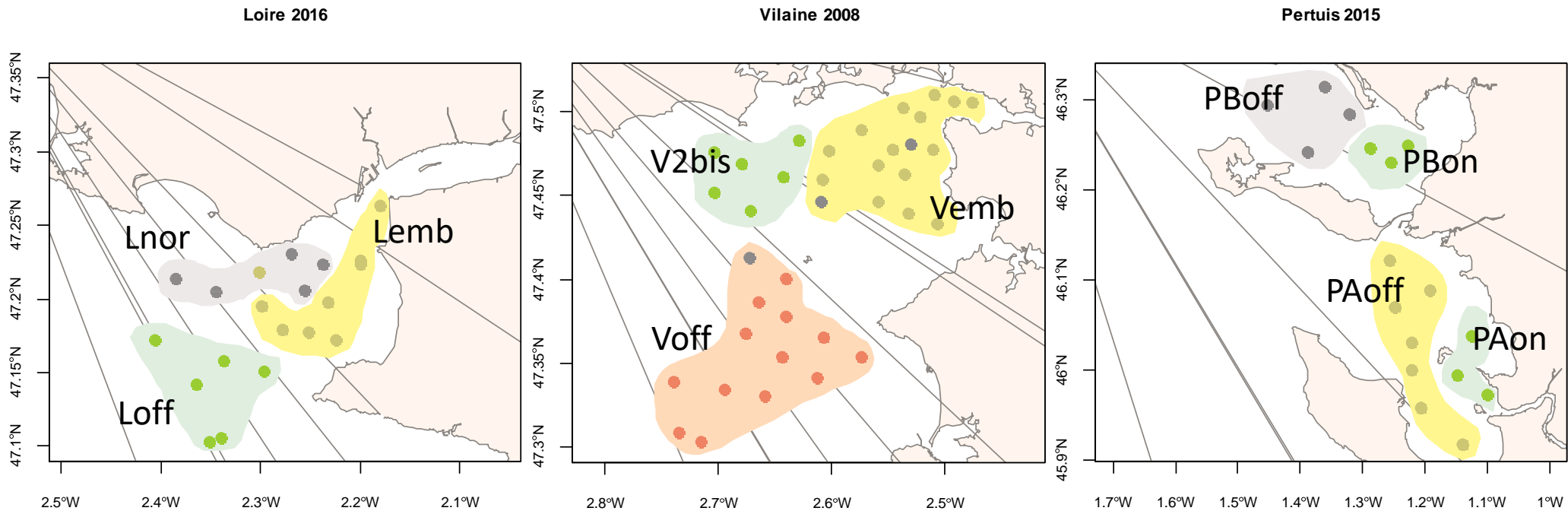
a & b : coefficient relation taille-poids

L_s : taille moyenne observée (en mm)

G : croissance journalière (en g.jour⁻¹)

L_{d_0} : taille début de conso (en mm)

Bathy-sedimentary strata – Nurse surveys



Method

Strata built for each sector separately

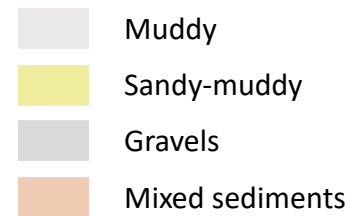
Variables used: 4 sedimentary descriptors (mud, fin sand, coarse sand, gravels) and bathymetry

Hierarchical ascendant clustering choices: Euclidean distances and “ward.D” method

Ward-like hierarchical clustering algorithm including spatial/geographical constraints with two dissimilarities matrices (D0 based on variables and D1 on geographic distances) and mixing parameter α [0;1] setting the importance of each matrix,

Choice of the number of clusters (visual inspection of the Ward dendrogram)

and then of the mixing parameter (best compromises between loss of bathy-sedimentary homogeneity and loss of geographical homogeneity)



Chavent, M., Kuentz-Simonet, V., Labenne, A., & Saracco, J. (2017). ClustGeo: an R package for hierarchical clustering with spatial constraints. *Computational Statistics*, 1-24. 42

Bathy-sedimentary strata – Seine surveys

From Tecchio et al., 2015; Saulnier et al., in prep

