

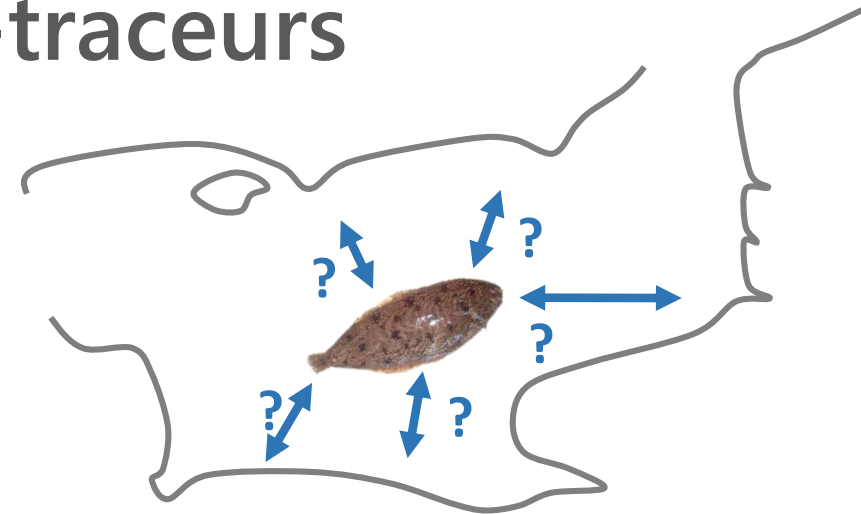
Amédée

Structuration spatiale et connectivité au sein du stock de Sole commune de Manche Est: Apport de l'approche multi-traceurs



Marine RANDON

Directeurs: O. Le Pape & E. Réveillac



Rennes, 23 novembre 2017



lfremer ¹



Le projet SMAC

Sole de **M**anche est **A**mélioration des **C**onnaissances



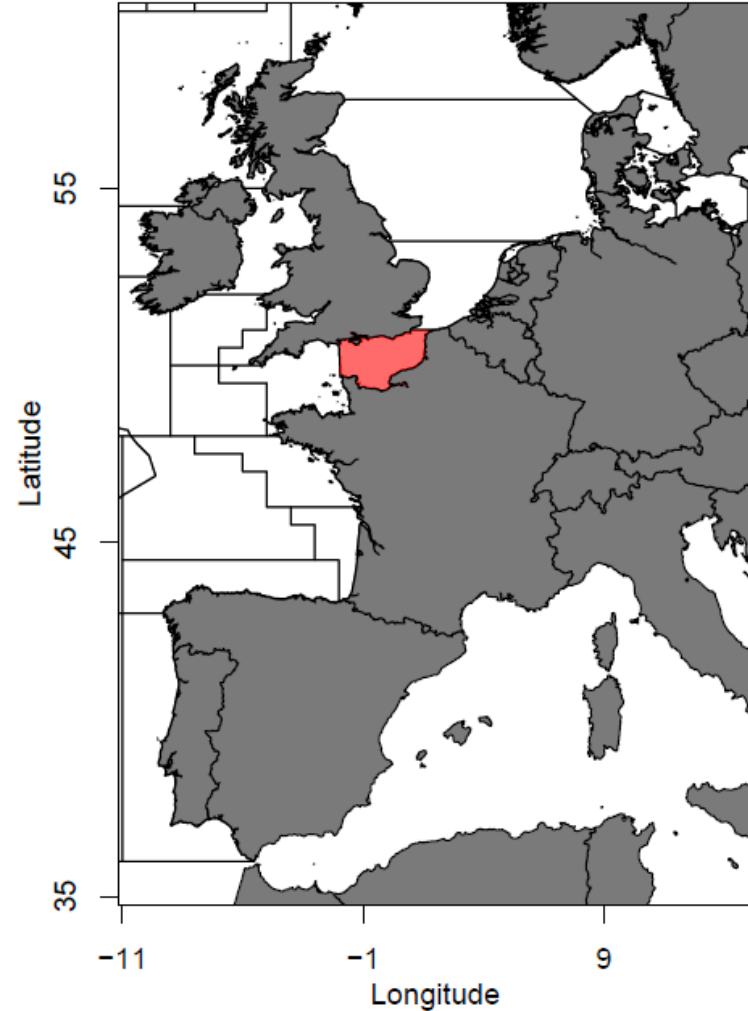
Les partenaires et financeurs



Les partenaires scientifiques



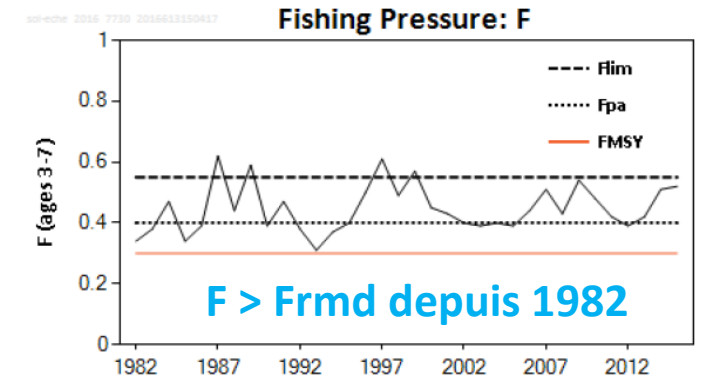
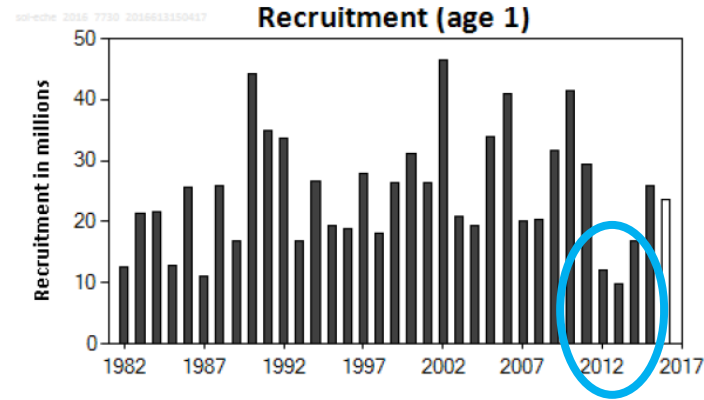
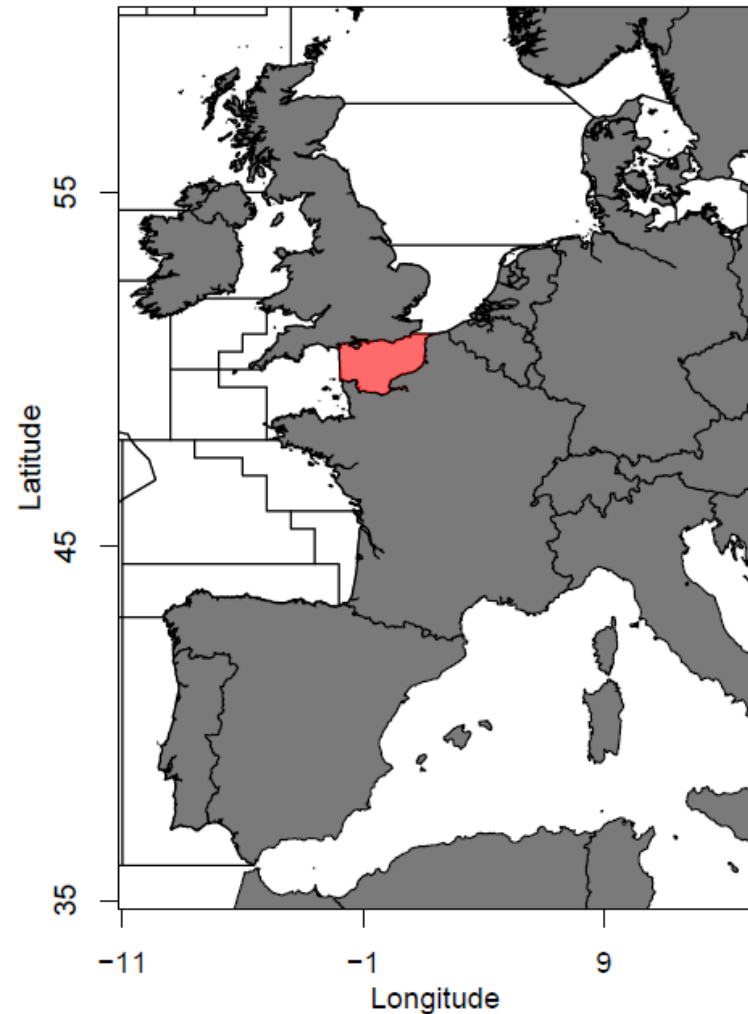
Localisation et exploitation du stock VIId



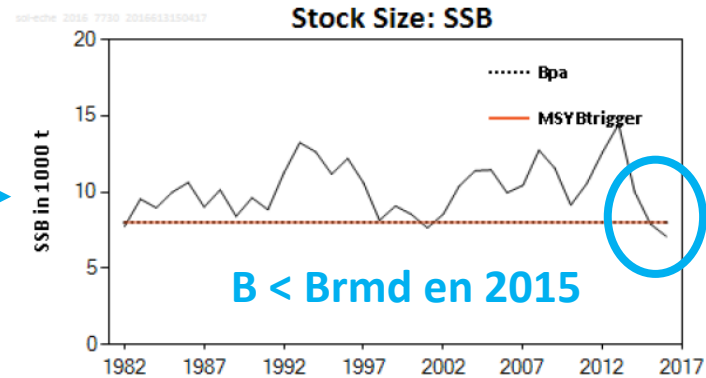
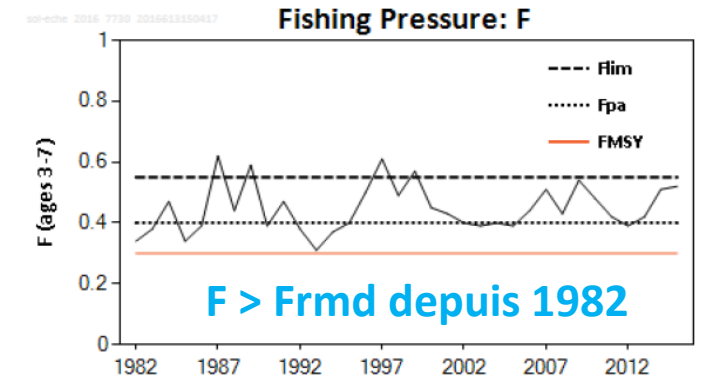
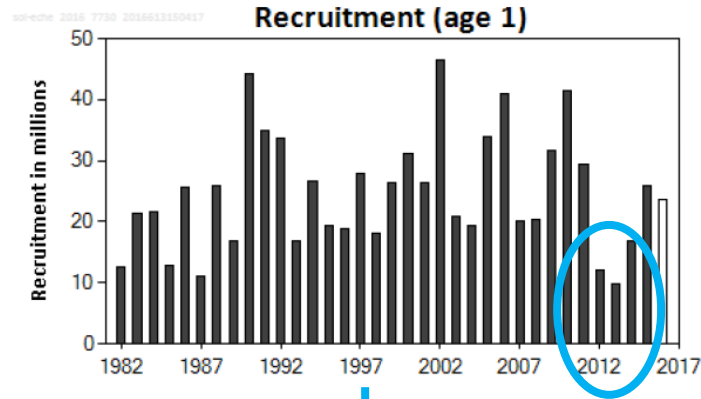
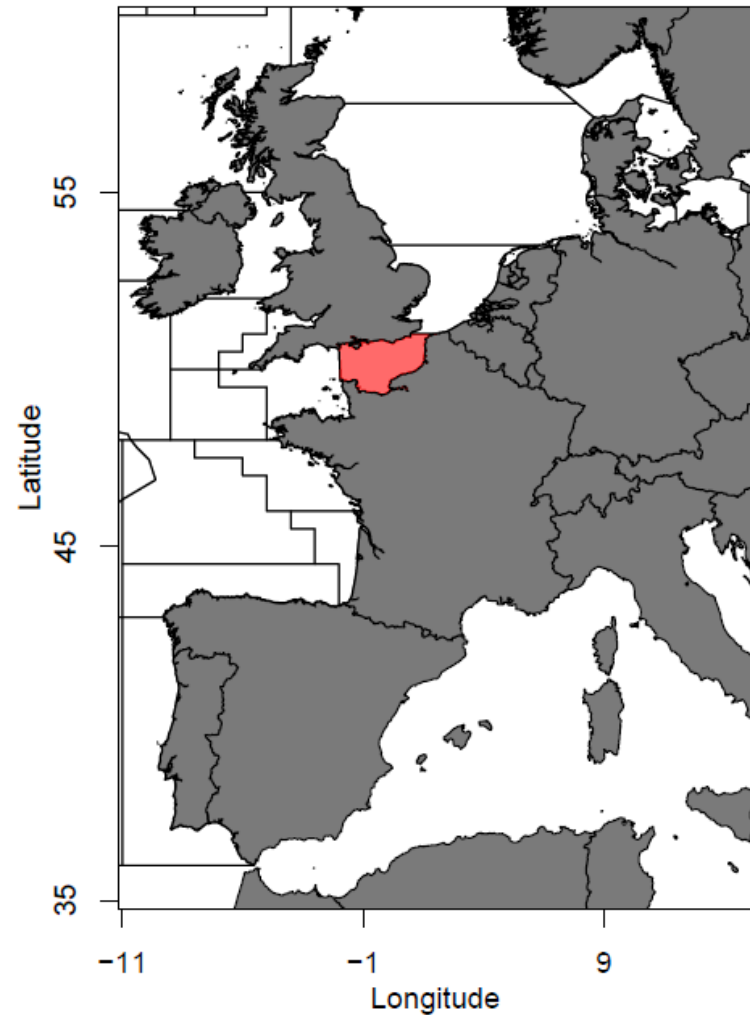


CONTEXTE GÉNÉRAL

Localisation et exploitation du stock VIId



Localisation et exploitation du stock VIId

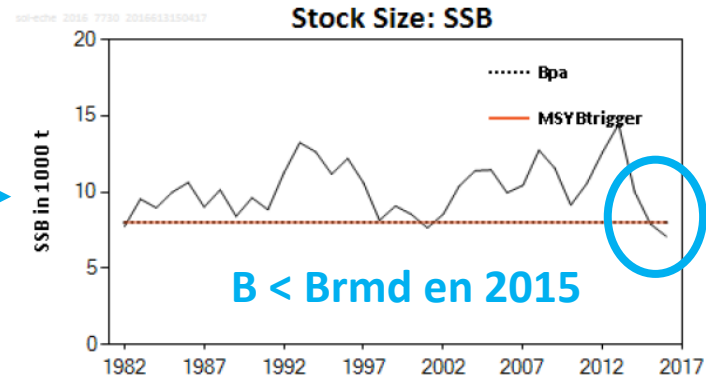
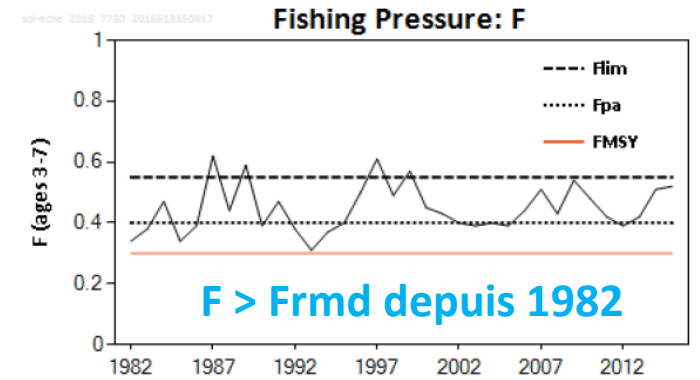
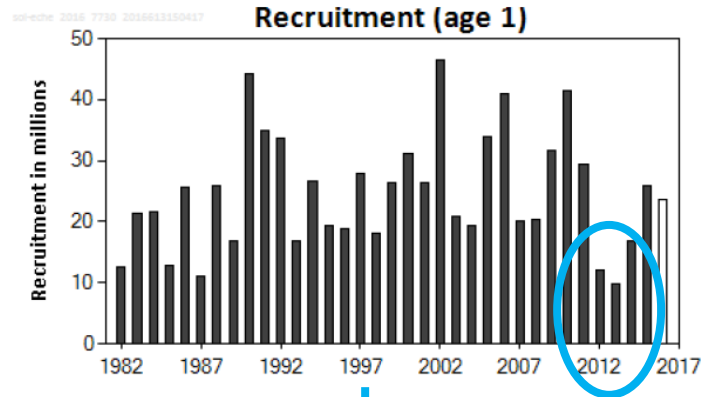
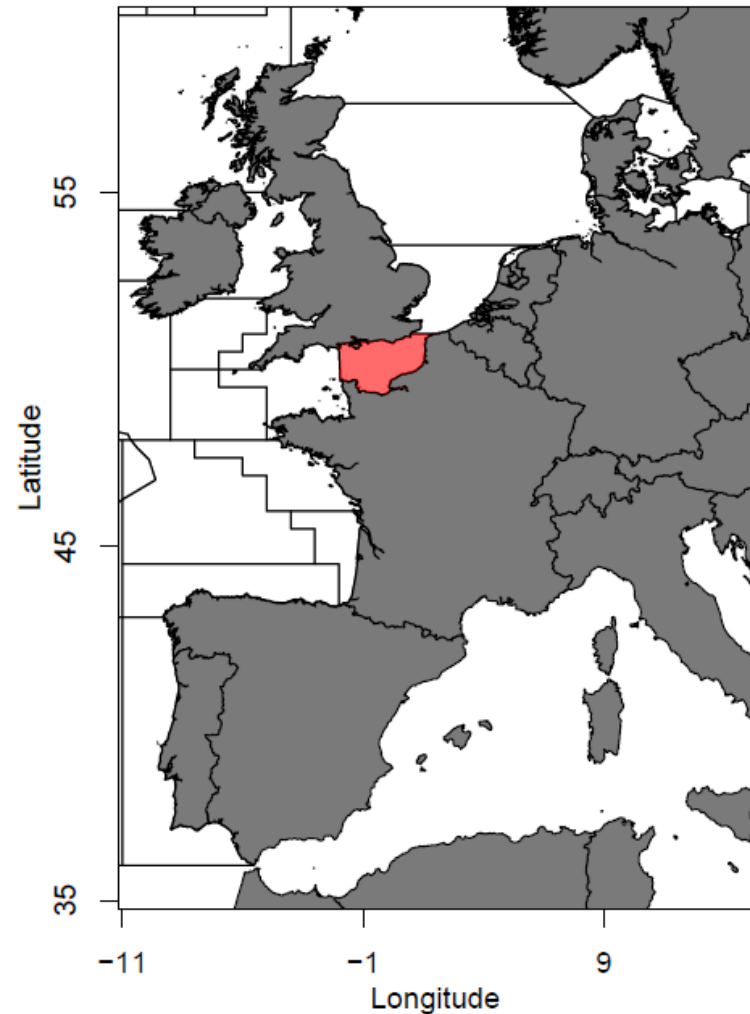




CONTEXTE GÉNÉRAL



Localisation et exploitation du stock VIId

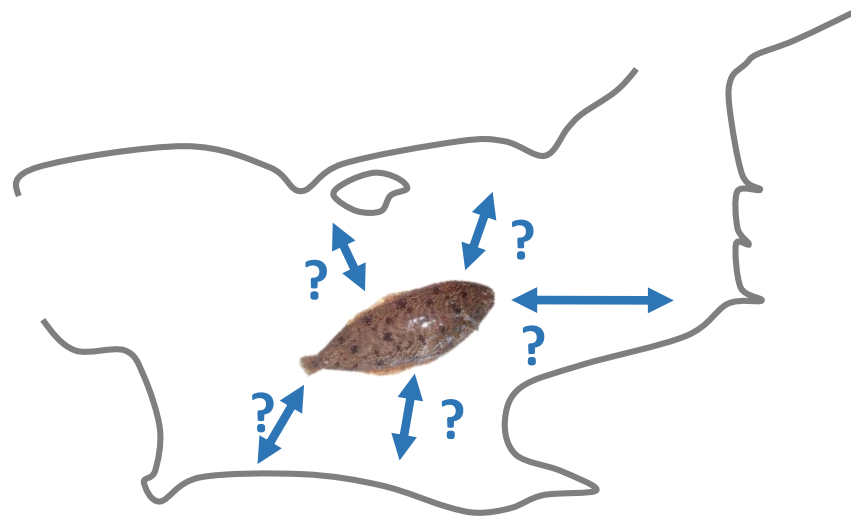


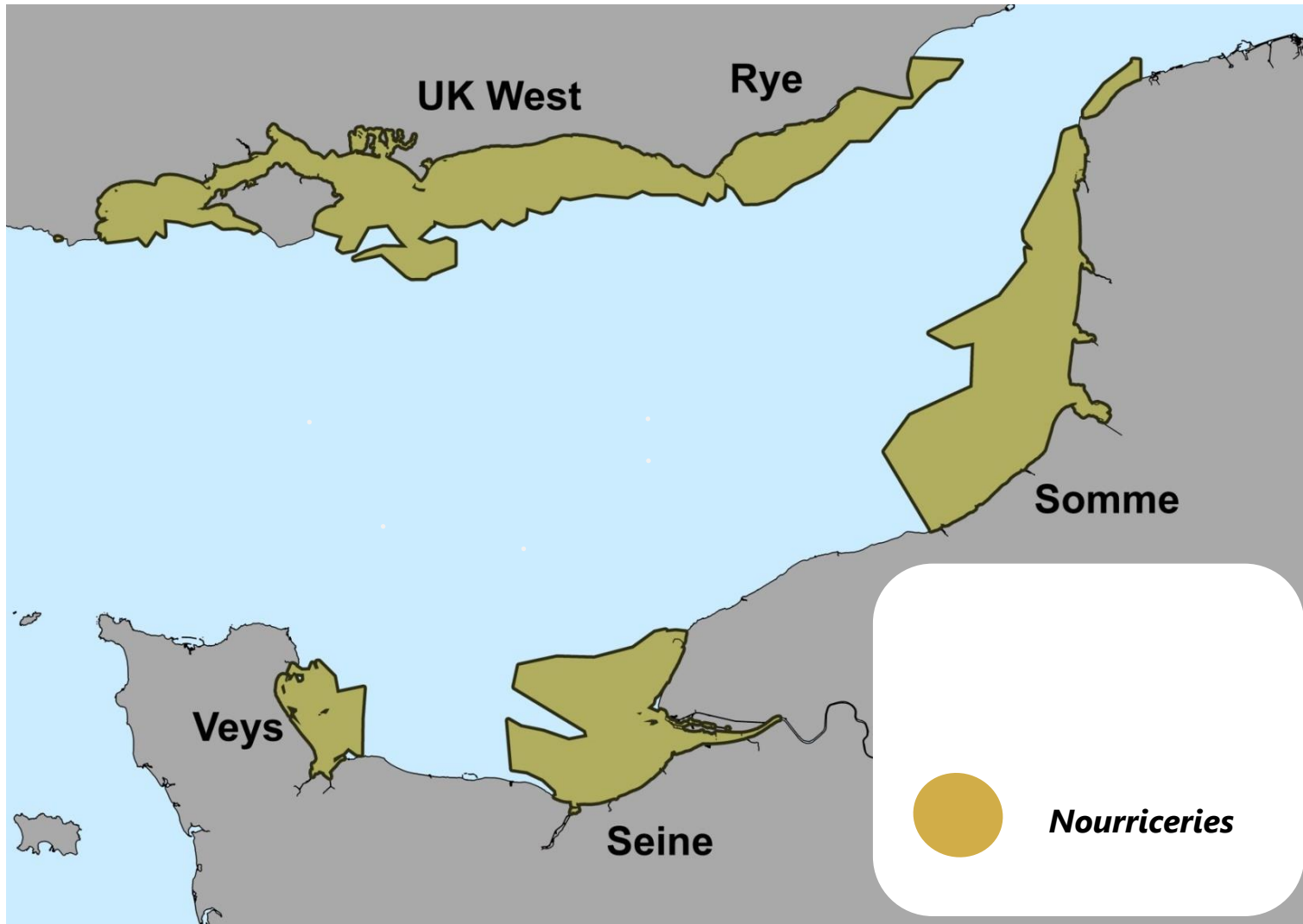
Nécessité d'améliorer les connaissances sur le fonctionnement du stock et notamment sur la **CONNECTIVITÉ**





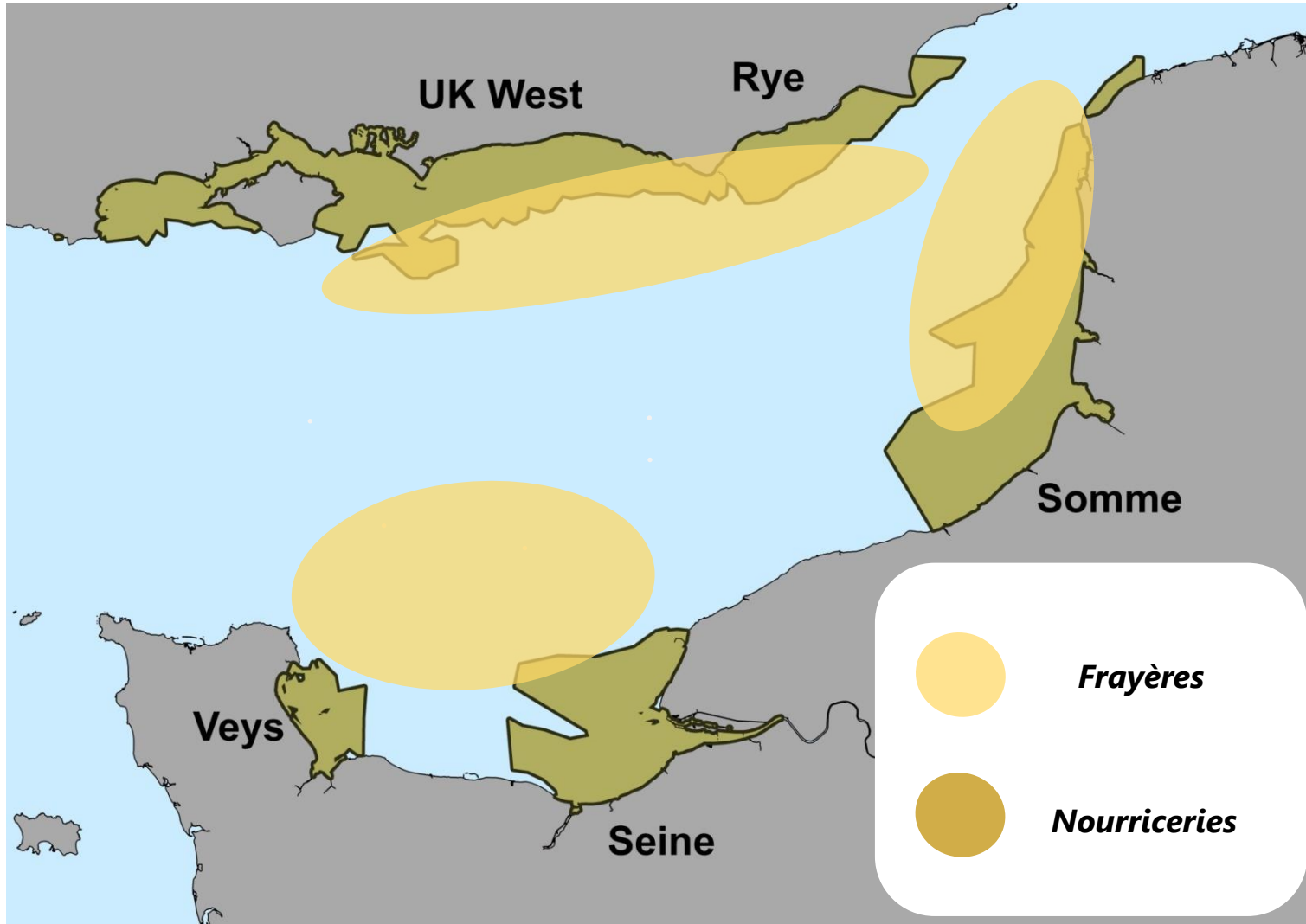
Le projet de thèse





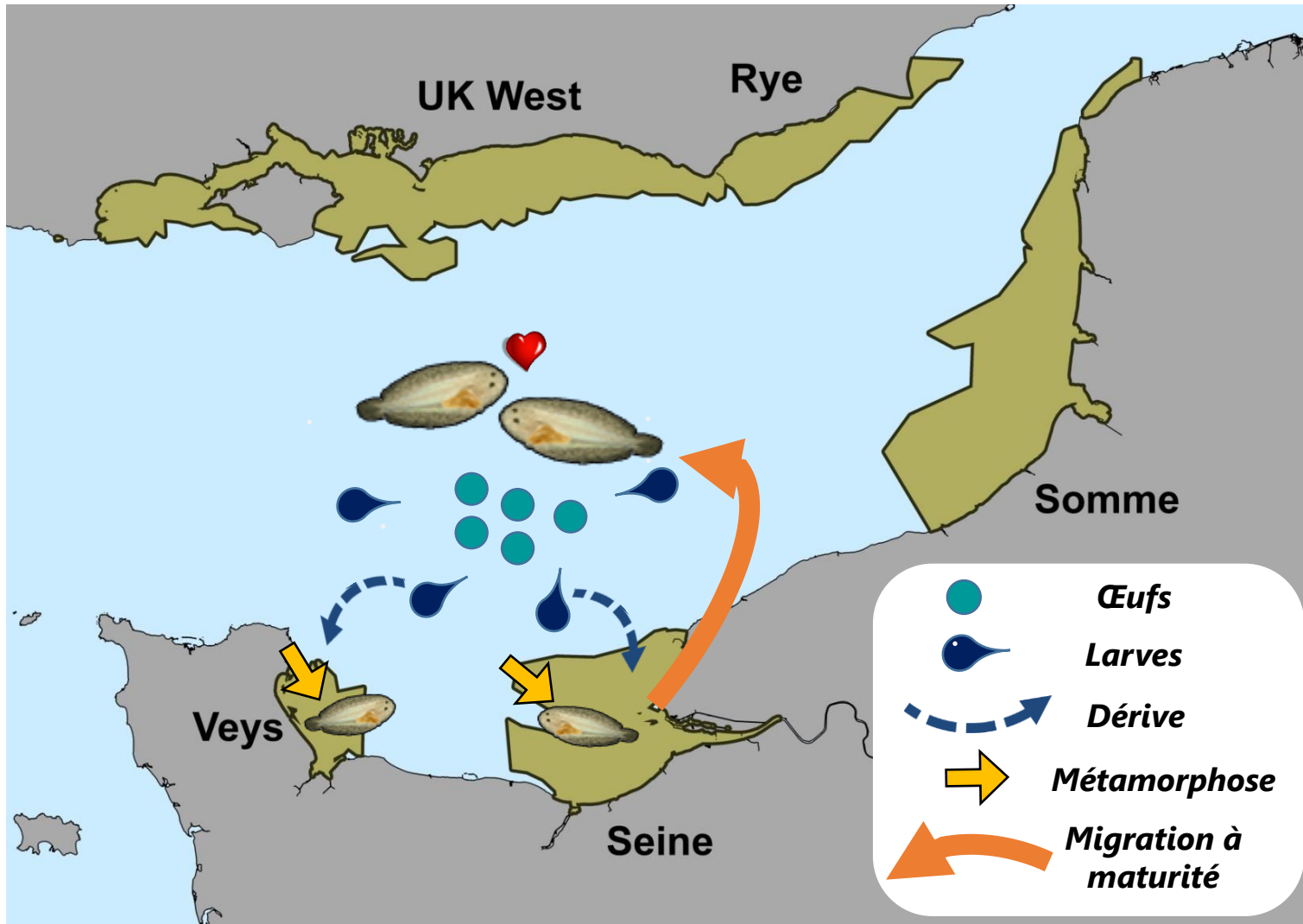
Habitats essentiels

- 5 nourriceries côtières



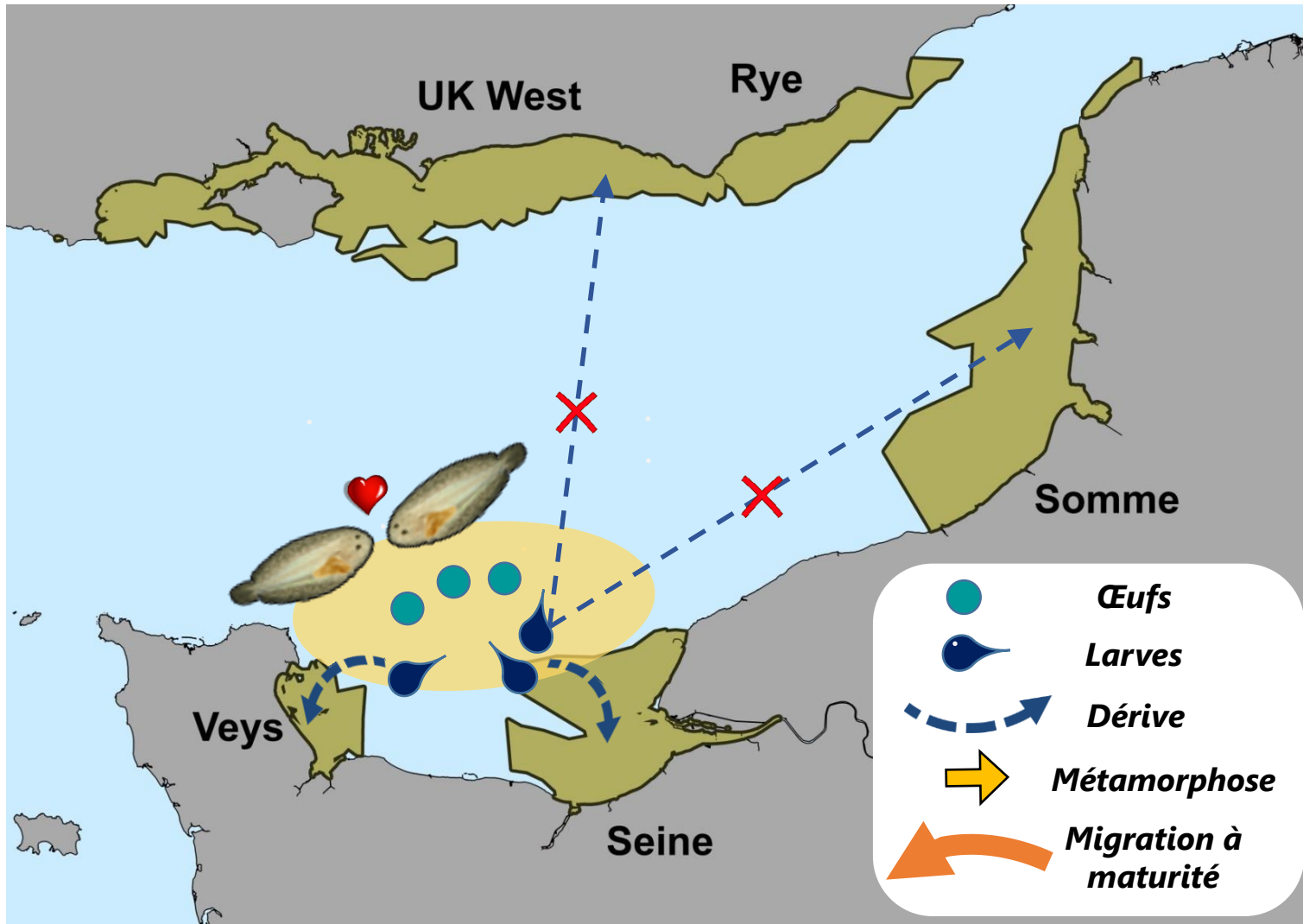
Habitats essentiels

- 5 nurseries côtières
- 3 frayères relativement côtières



Cycle de vie

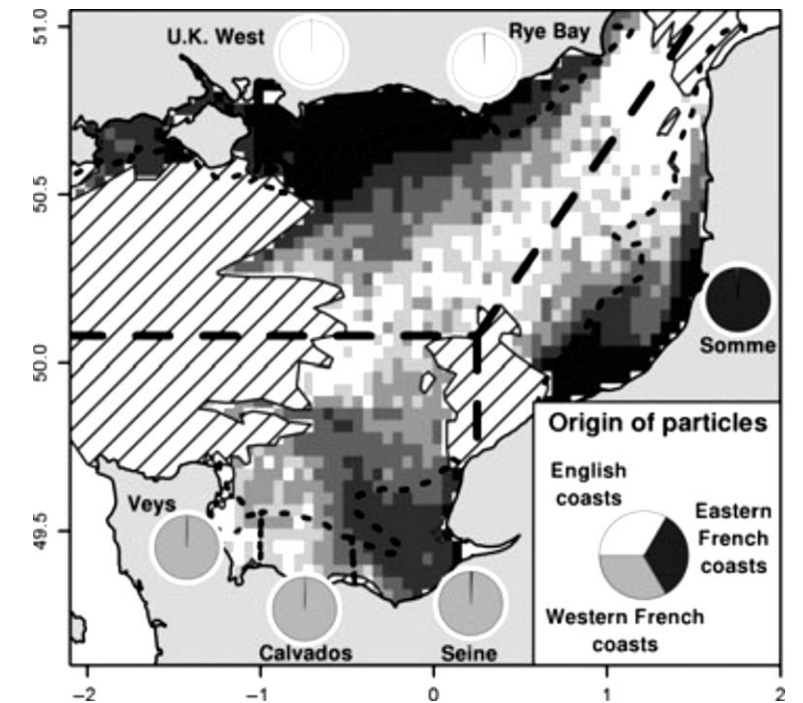
- **Reproduction** sur frayère (avril)
- **Advection des larves** vers les nourriceries côtières (7 semaines)
- **Métamorphose** des larves dans les nourriceries
- **Croissance** juvénile (2 ans)
- **Recrutement** des individus matures vers le stock

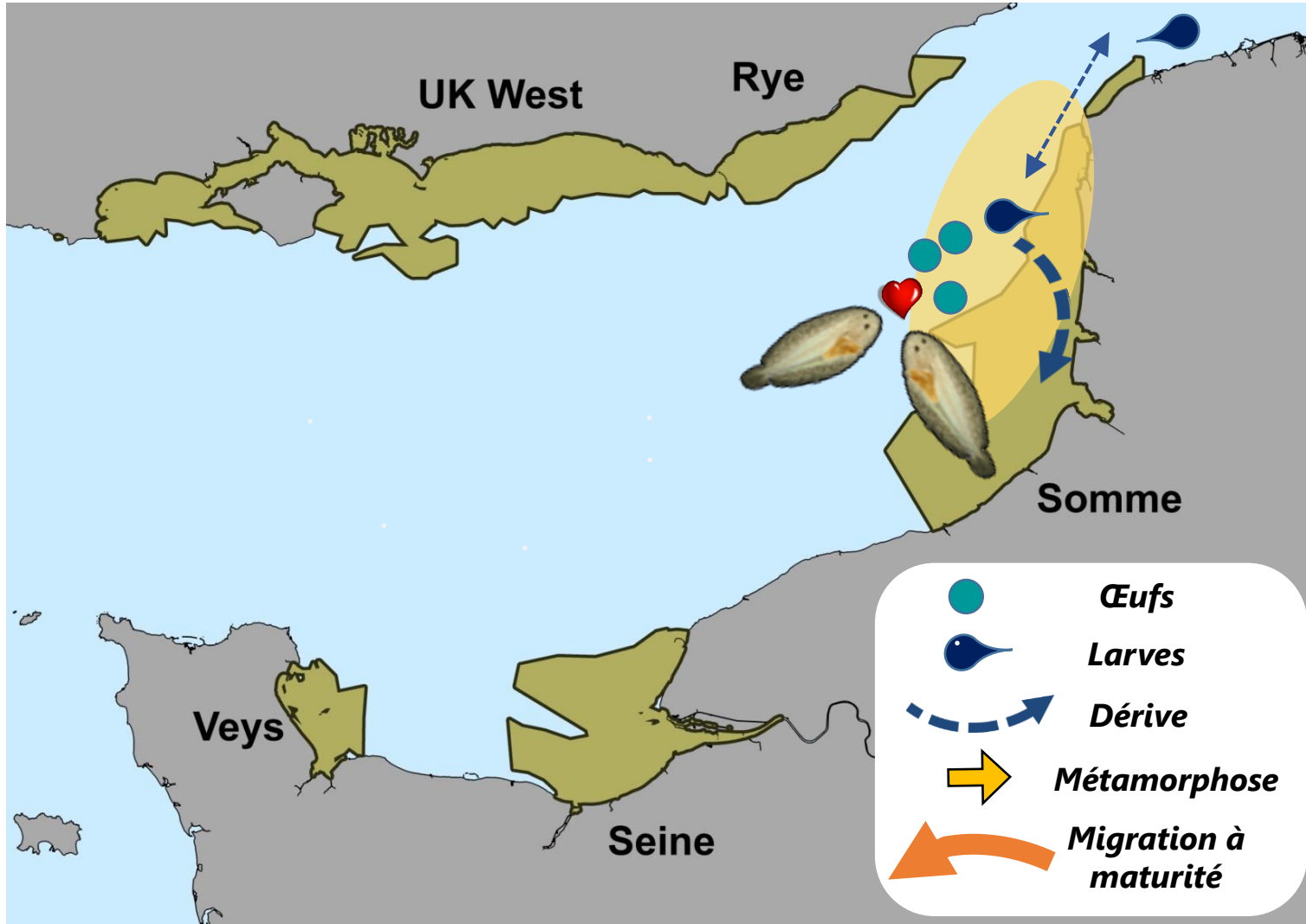


Connectivité larvaire

En Manche Est

- **Faible dispersion** des larves (Rochette et al 2012)

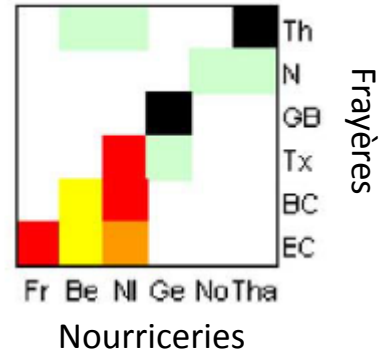




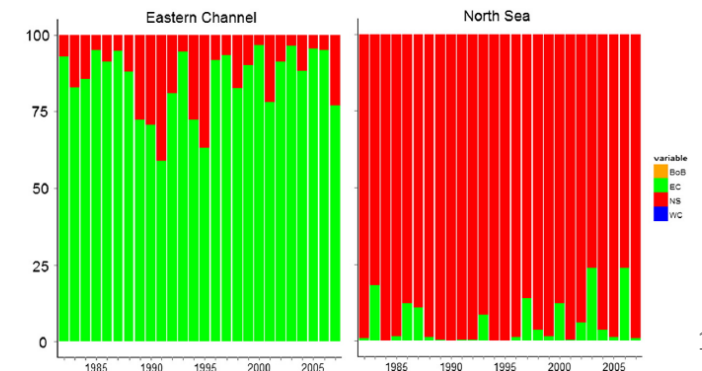
Connectivité larvaire

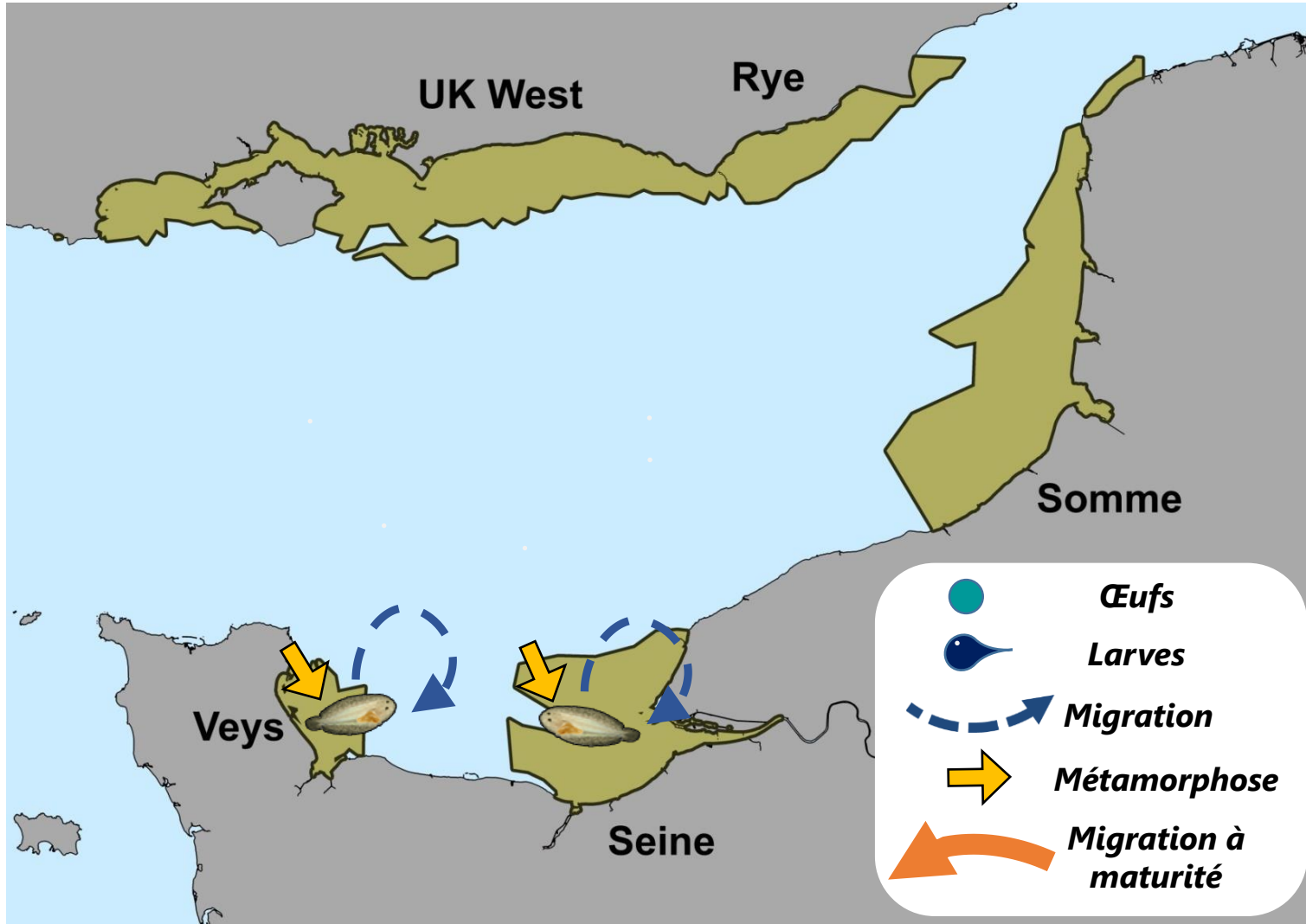
Avec les stock adjacents

- Advection vers la Mer du Nord (Savina et al 2010)



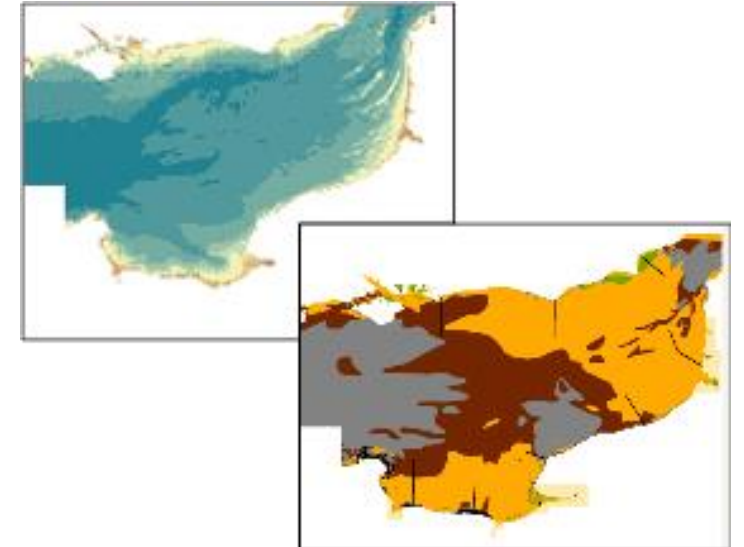
- Advection depuis la Mer du Nord vers la Manche Est (Savina et al 2016)



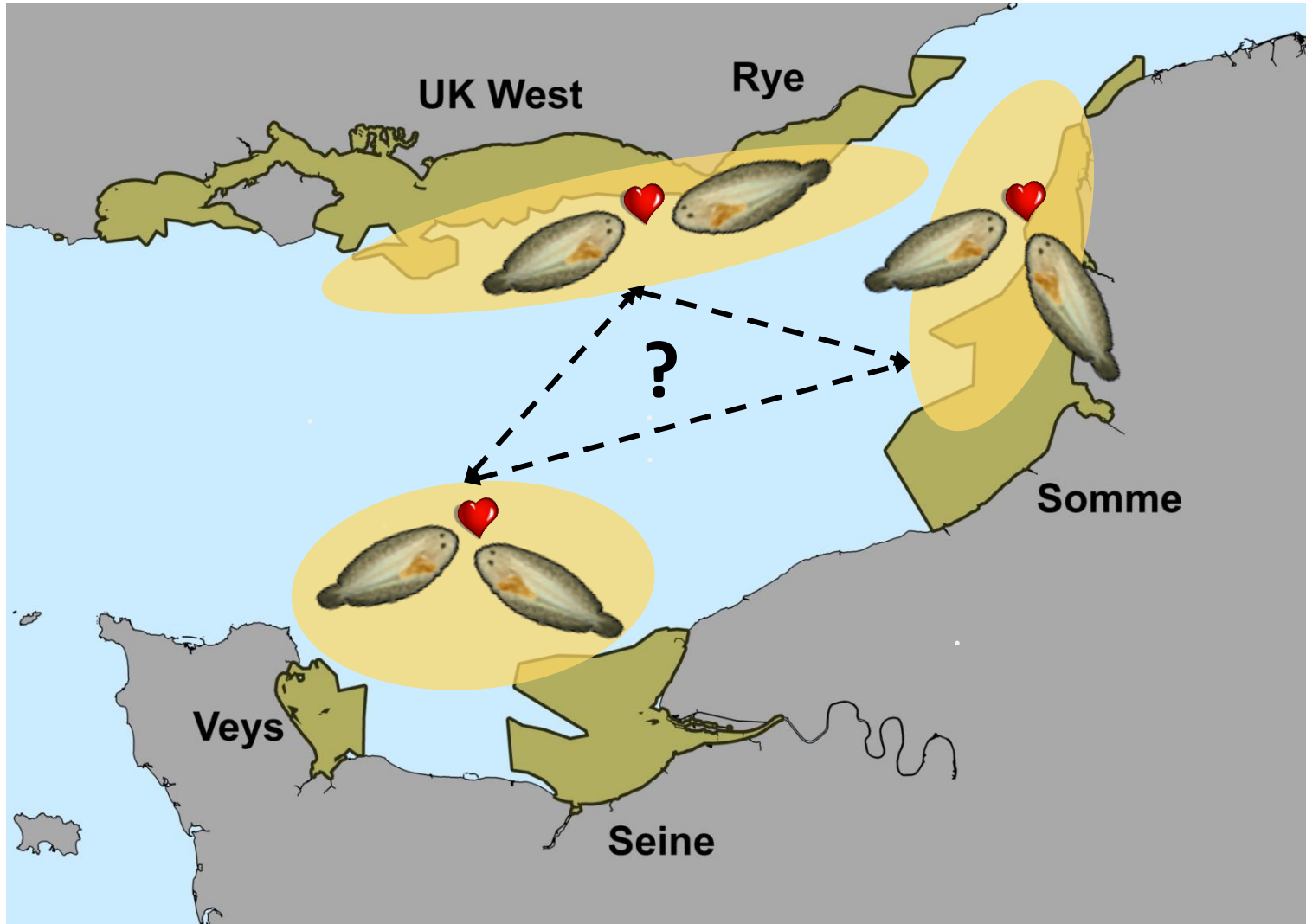


Connectivité liée aux juvéniles

- **Nourriceries** → fonds sablo-vaseux + faible profondeur



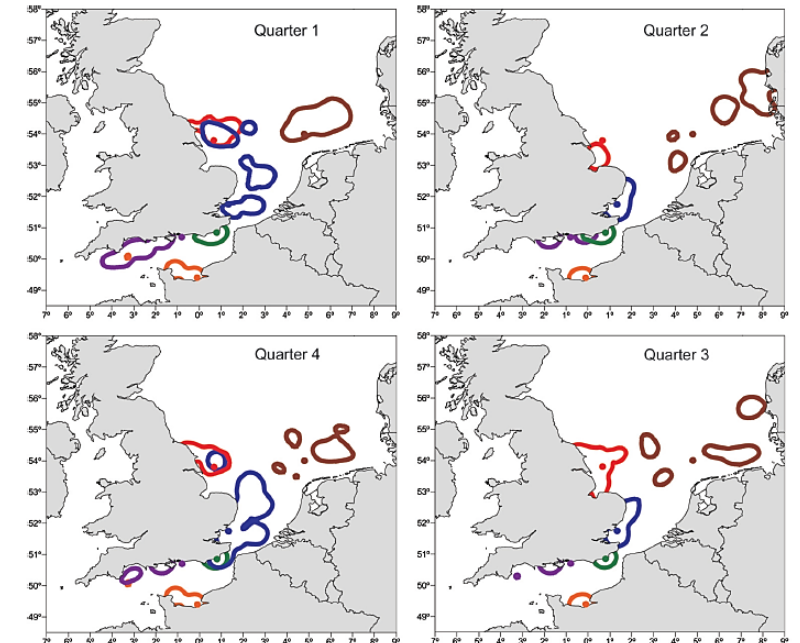
- **Sédentarité** des juvéniles en nurricerie (e.g. Coggan and Dando 1988; Le Pape and Cogneux 2015)

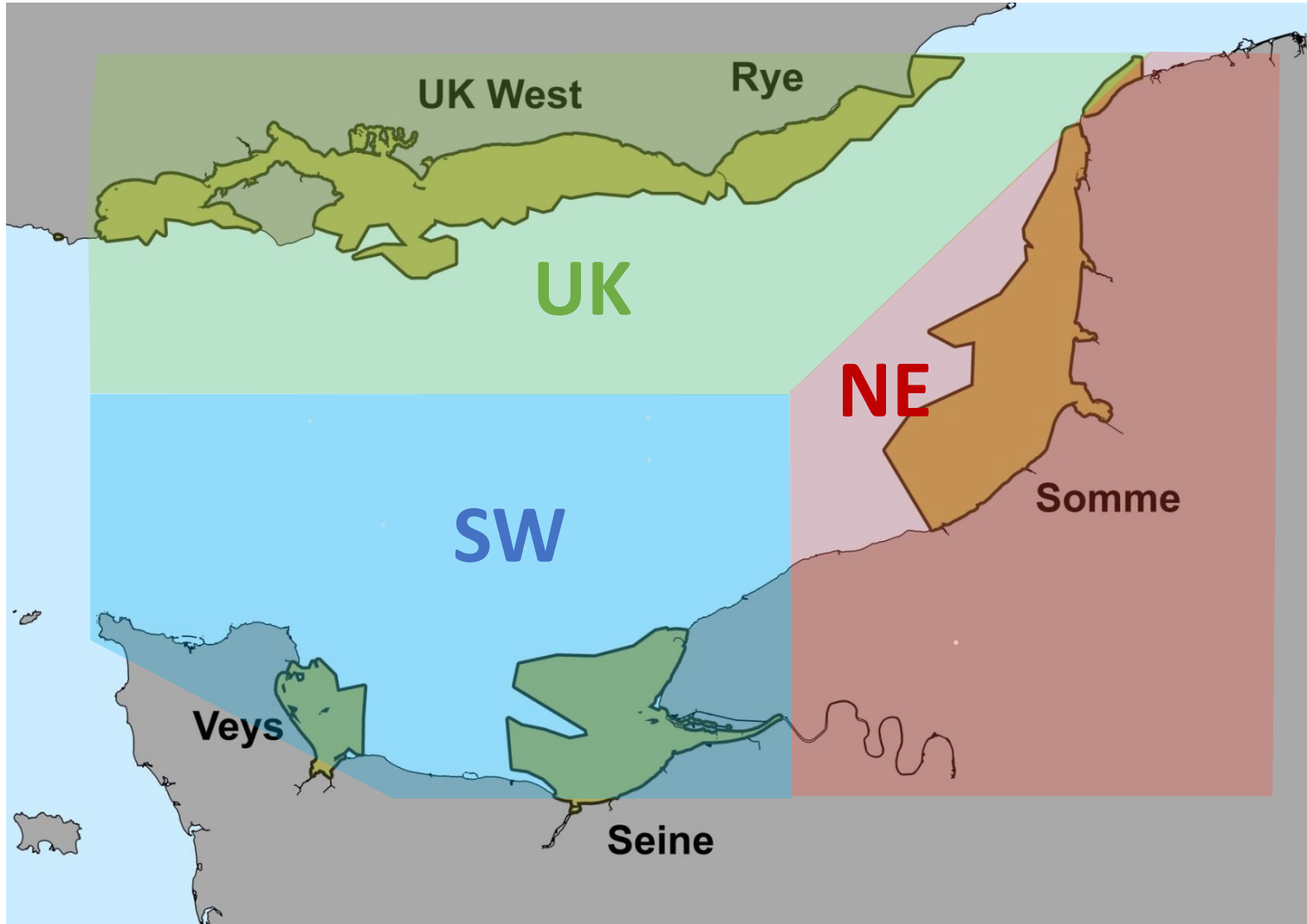


Connectivité liée adultes

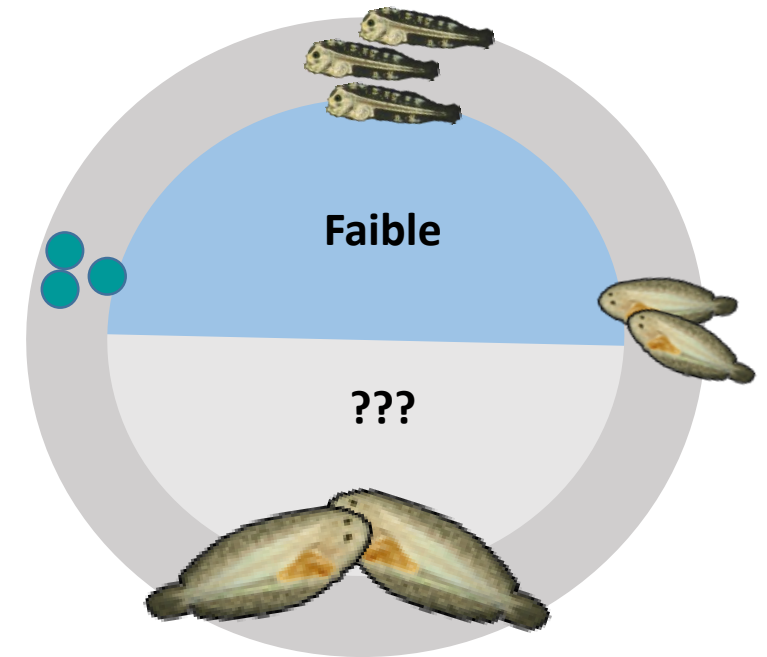
- Déplacements limités des sub-adultes (e.g. Burt and Millner 2008)

Figure 20. Seasonal interaction of recaptures between each of the release sites. The different coloured lines show the recapture 75% KPDF area limits and the coloured dots the general release areas; Dutch offshore (brown); Flamborough – Wash (red); Greater Thames Estuary (blue); Rye Bay – Newhaven (green); Brighton – Poole Harbour (purple); French coast (orange). For the French recaptured sole, quarters 1 and 4, and 2 and 3, are combined.



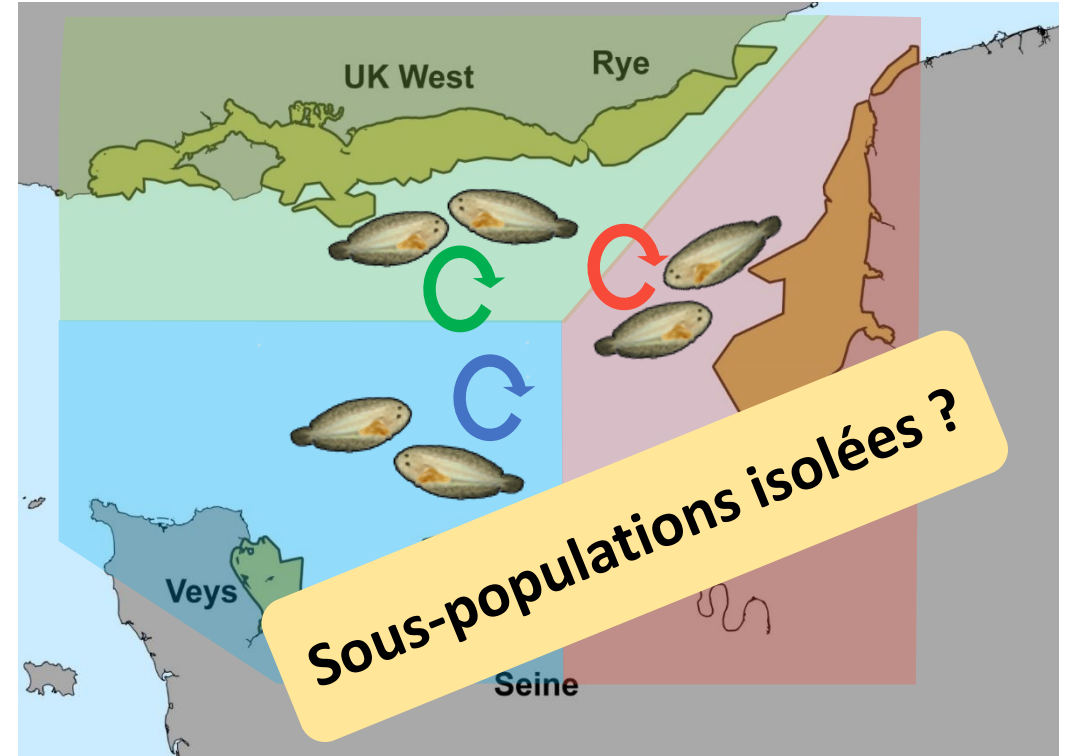
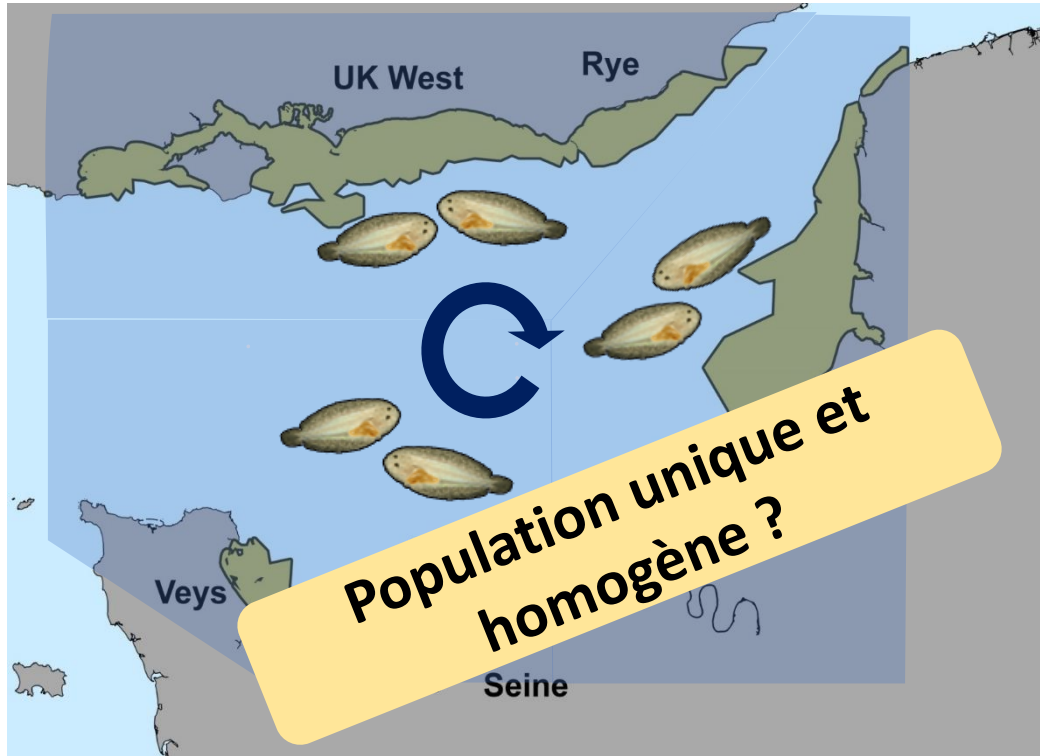


Bilan Connectivité



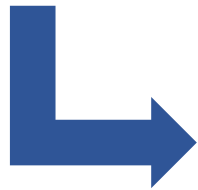
Structuration spatiale probable

(Rochette et al 2013; Archambault et al 2016)



(Rochette et al 2012; Archambault et al 2016)

THÈSE



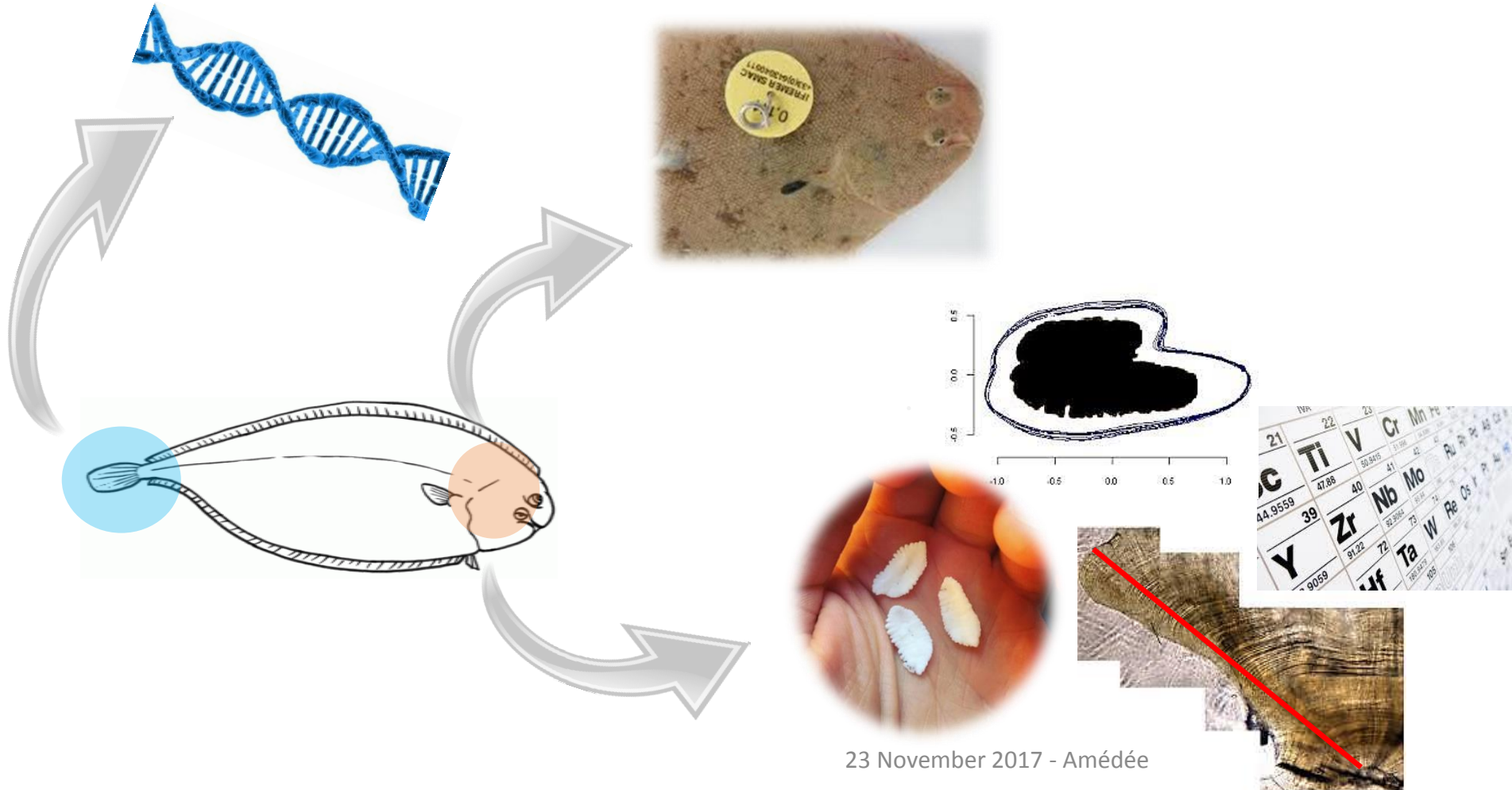
Améliorer les connaissances sur la connectivité et la structuration spatiale induite par les mouvements en Manche Est



PRINCIPE ET INTÉRÊT DE L'APPROCHE MULTI-TRACEURS

TRACEUR/MARQUEUR = archive naturelle ou artificielle portée par le poisson

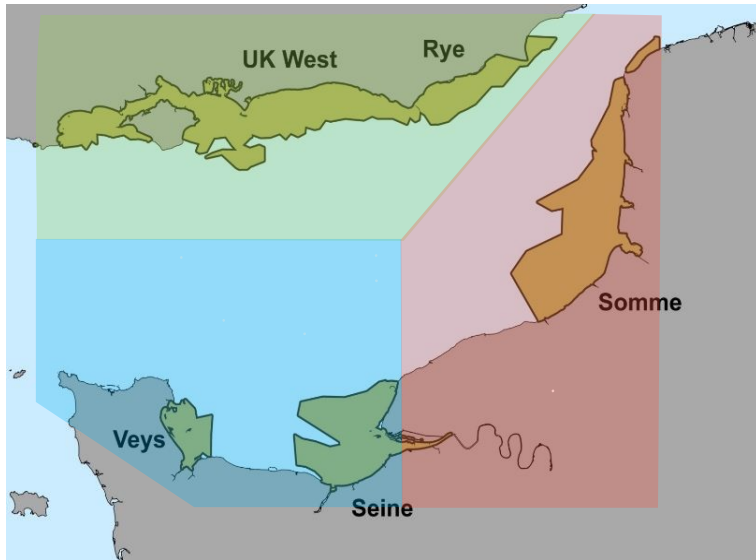
→ reconstruction **a posteriori** de l'occupation séquentielle d'habitats au cours de la vie



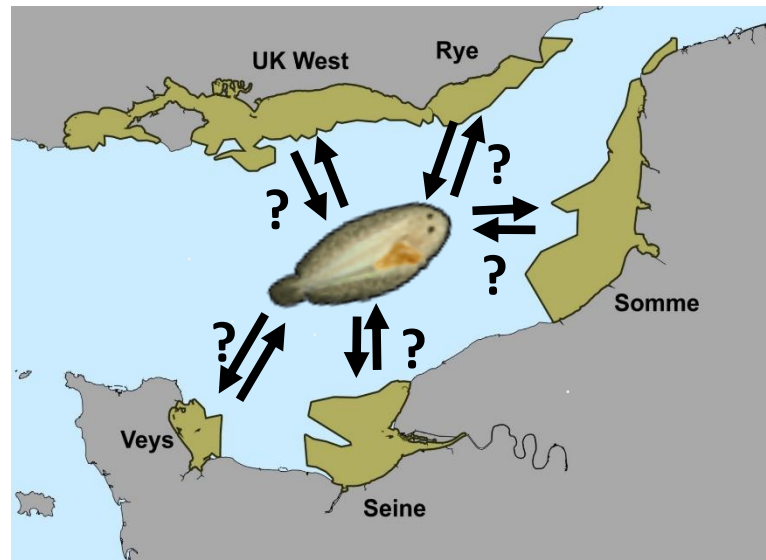
GÉNÉTIQUE
Échelle générationnelle

MARQUE/SCLÉROLOGIE
Échelle individuelle

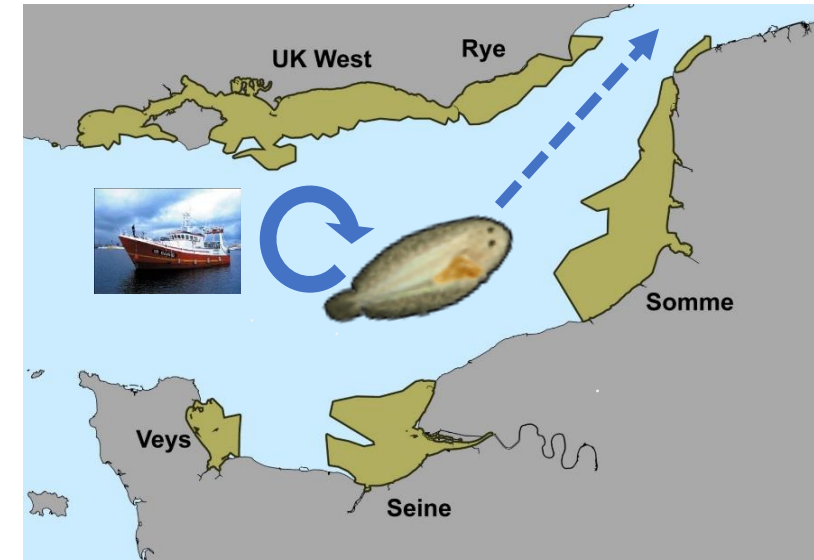
1. Ségrégation des sous-unités spatiales?



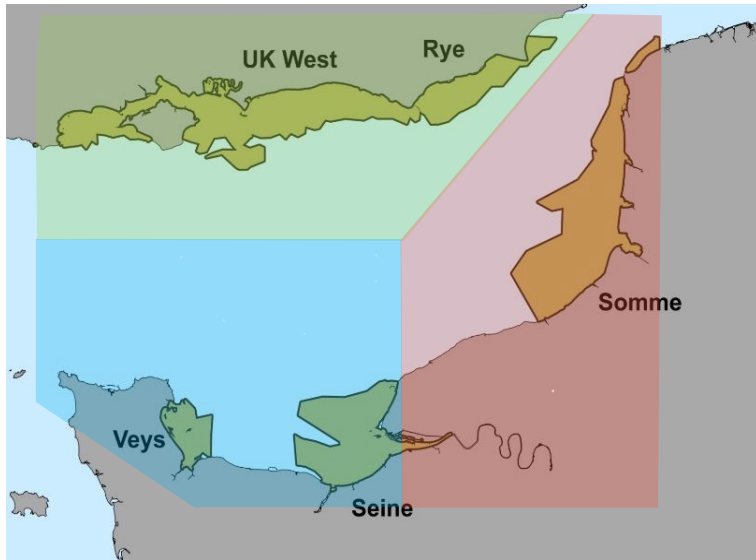
2. Origine natale des adultes en Manche Est?



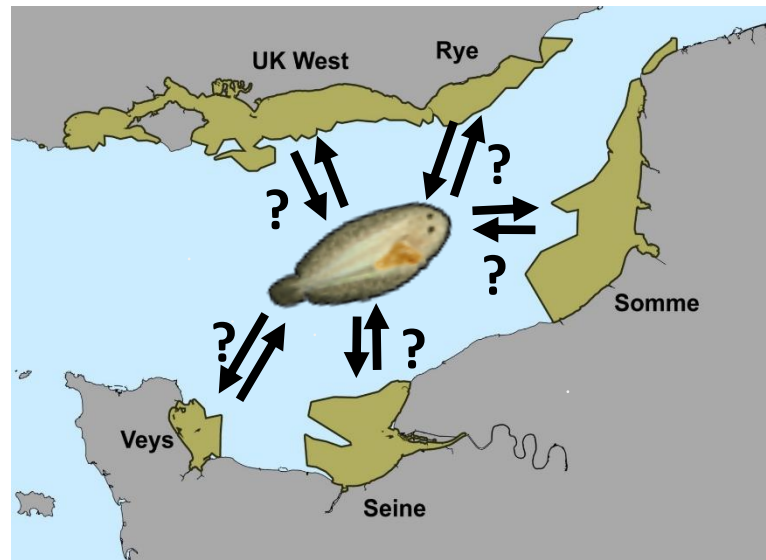
3. Flux d'adultes intra et extra Manche Est ?



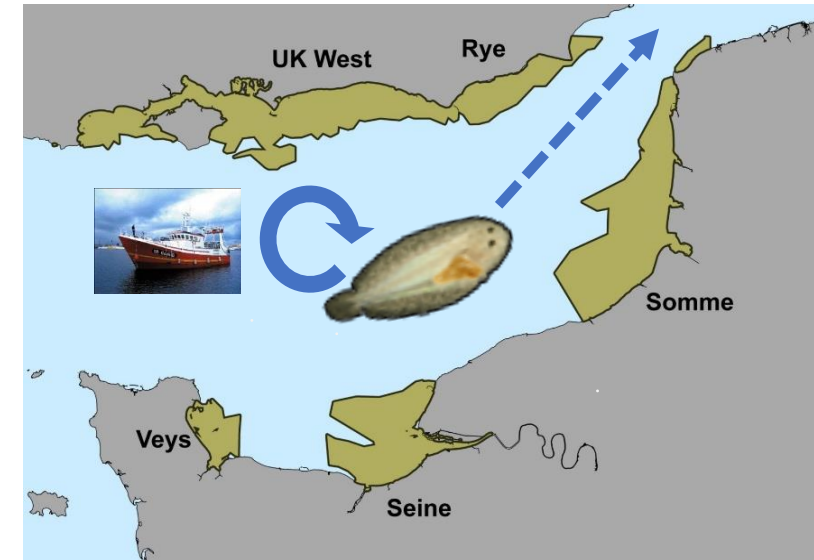
1. Ségrégation des sous-unités spatiales?



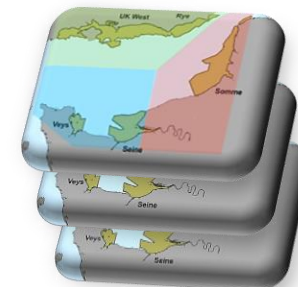
2. Origine natale des adultes en Manche Est?



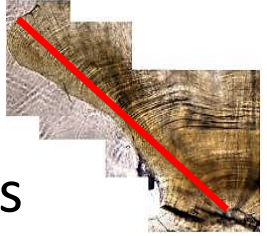
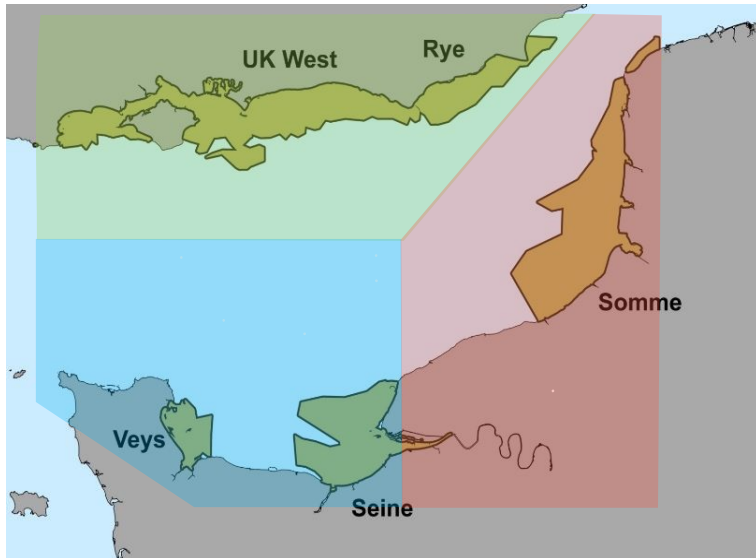
3. Flux d'adultes intra et extra Manche Est ?



4. Couplage des traceurs



1. Ségrégation des sous-unités spatiales?



1.1. Patrons spatiaux de croissance / densités aux âges

H. Du Pontavice, M. Savina, Y. Vermard, S. Lehuta, E. Rivot

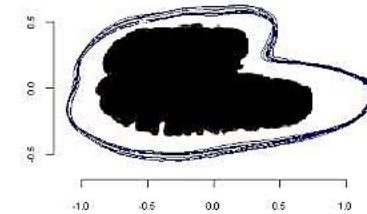
Ifremer



1.2. Morphométrie des otolithes

K. Mahé, B. Ernande

Ifremer



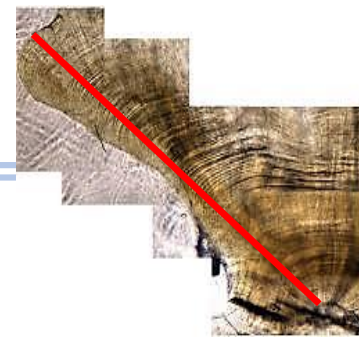
1.3. Marqueurs génétiques



F. Volckaert, S. Delerue Ricard, G. Lassalle, E. Petit, G. Evano

KU LEUVEN





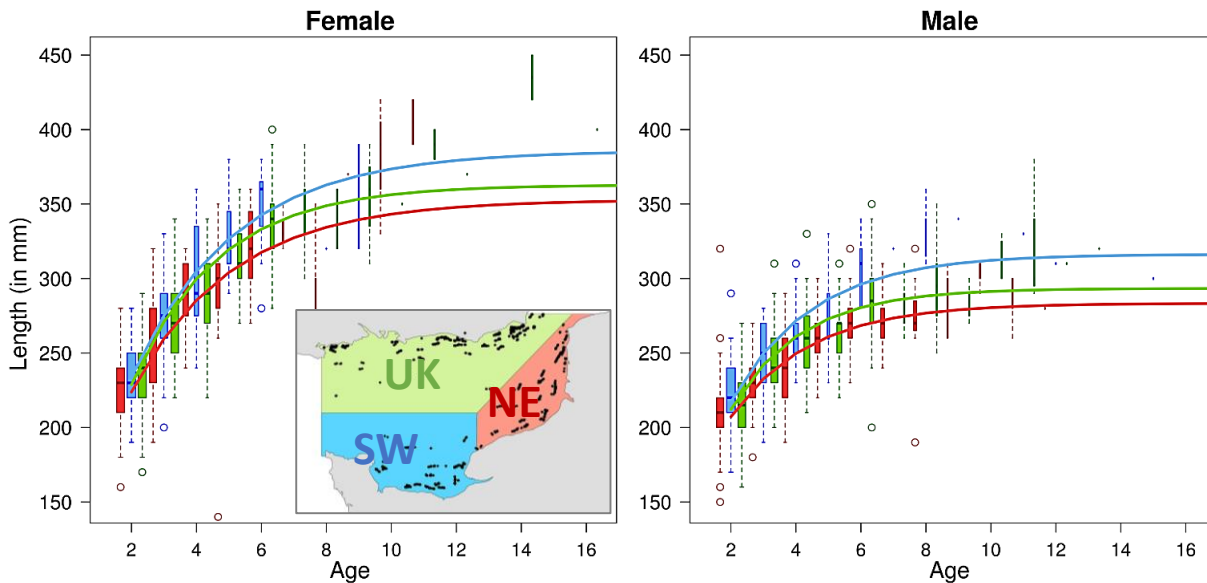
1.1 Patrons spatiaux de croissance / densités aux âges

Du Pontavice H., Savina M., Vermard Y., Lehuta S. and Randon M.

Investigating spatial heterogeneity of Von Bertalanffy growth parameters to inform the stock structuration of common sole, Solea solea, in the Eastern English Channel

**Soumis dans
Fisheries Research
le 26/10/17**

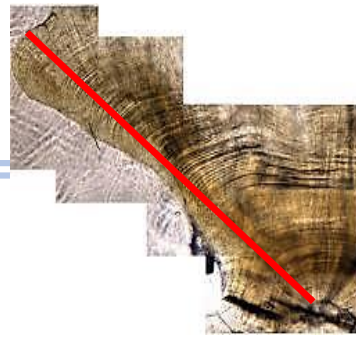
↳ Données de débarquements + BTS: **2010 – 2015**



Relation de Croissance de Von Bertalanffy



Variabilité spatiale des paramètres de croissance dans les 3 sous-zones de Manche Est



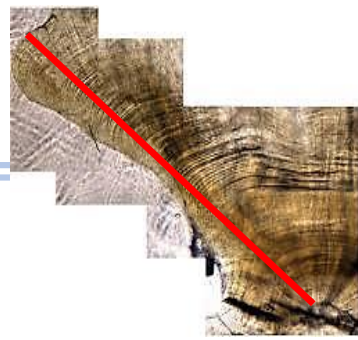
1.1 Patrons spatiaux de croissance / densités aux âges

Randon M., Réveillac E., Rivot E., Du Pontavice H. and Le Pape O.

Spatio-temporal patterns in growth and density reveals structuration in a flatfish stock: The common Sole in the Eastern English Channel

↳ *Analyse des séries temporelles BTS: 1990 – 2015*





1.1 Patrons spatiaux de croissance / densités aux âges

Randon M., Réveillac E., Rivot E., Du Pontavice H. and Le Pape O.

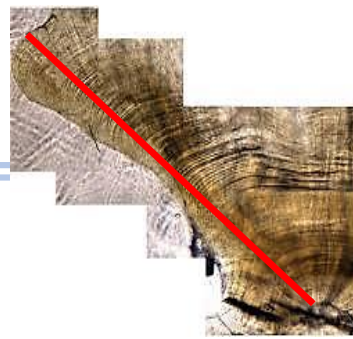
Spatio-temporal patterns in growth and density reveals structuration in a flatfish stock: The common Sole in the Eastern English Channel

↳ *Analyse des séries temporelles BTS: 1990 – 2015*



Objectif: détecter un signal de structuration spatiale

- 1 Détection de la **structuration** dans les **paramètres de croissance** au cours de la série temporelle? Existe-t-il une **tendance**? Les variations interannuelles sont-elles **synchrones** entre les sous-zones?



1.1 Patrons spatiaux de croissance / densités aux âges

Randon M., Réveillac E., Rivot E., Du Pontavice H. and Le Pape O.

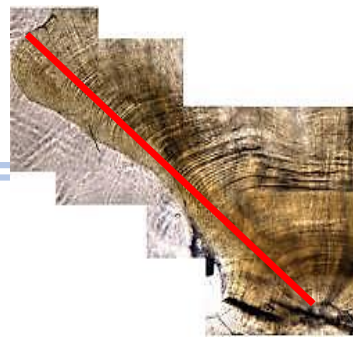
Spatio-temporal patterns in growth and density reveals structuration in a flatfish stock: The common Sole in the Eastern English Channel

↳ *Analyse des séries temporelles BTS: 1990 – 2015*

In prep!

Objectif: détecter un signal de structuration spatiale

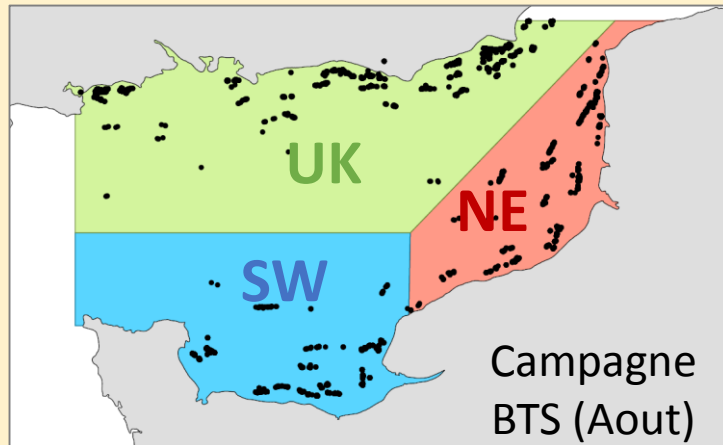
- 1 Détection t-on de la **structuration dans les paramètres de croissance** au cours de la série temporelle? Existe-t-il une **tendance**? Les variations interannuelles sont-elles **synchrones** entre les sous-zones?
- 2 Existe-t-il une **synchronie entre les densités aux âges** par sous-zone? Peut-on en déduire que le « **suivi de cohorte** » est meilleur en considérant trois sous-populations séparées?



1.1 Patrons spatiaux de croissance / densités aux âges

1 Analyses de croissance à long-terme

DATA

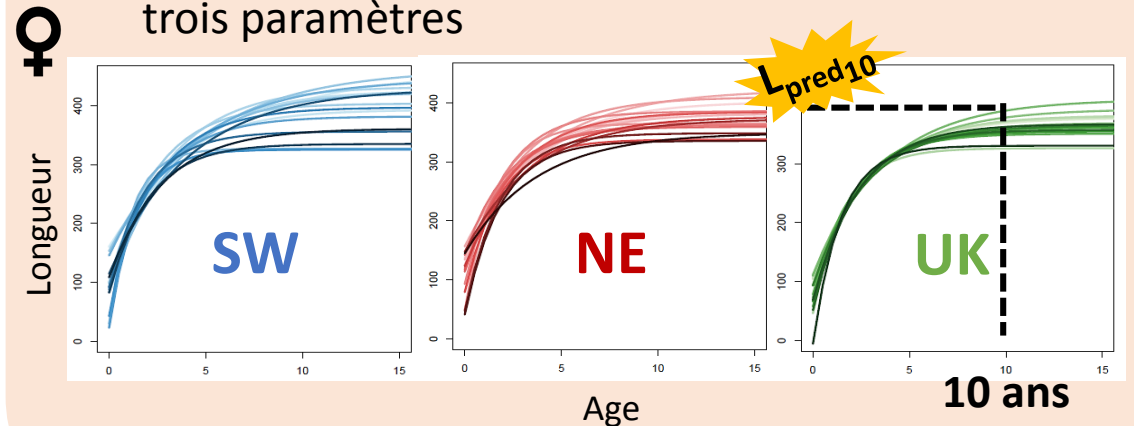


- Nombre et longueurs aux âges
- Sexe
- Localisation
- Année de capture: **1990-2015** -> **cohortes 1989 - 2008**

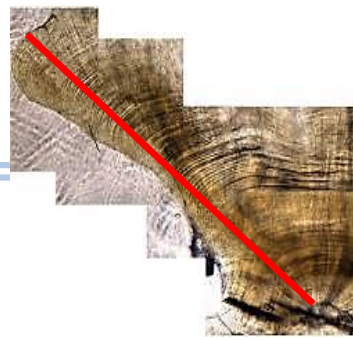
MÉTHODE

$$L_{\text{age}} = L_{\infty} - (L_{\infty} - L_1) \times \exp(-K \times (\text{age}-1))$$

- Effets **sous-zones, sexe et cohorte** sur les trois paramètres

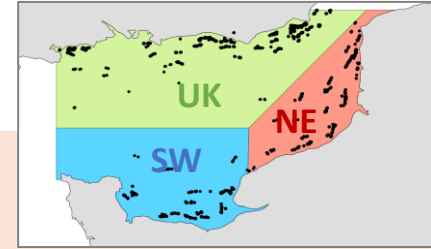


- $L_{\text{pred}10}$ = proxy de la croissance



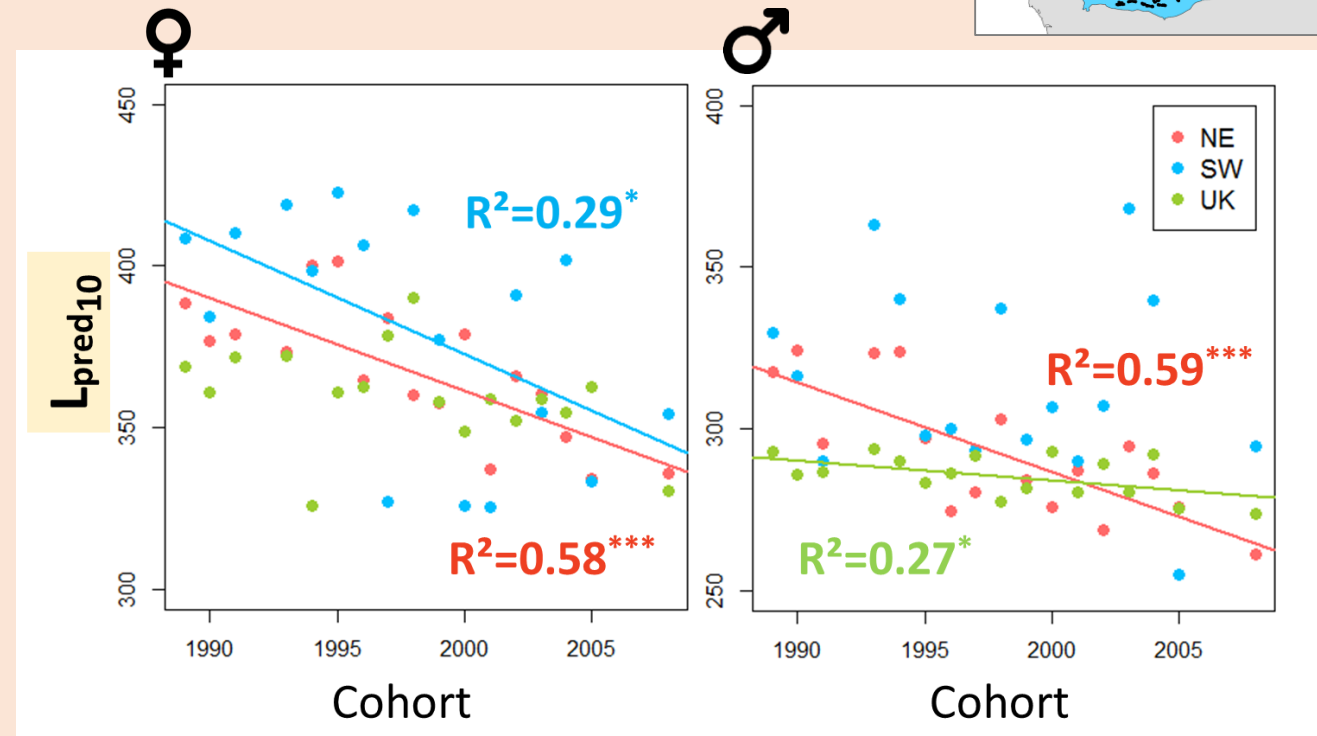
1.1 Patrons spatiaux de croissance / densités aux âges

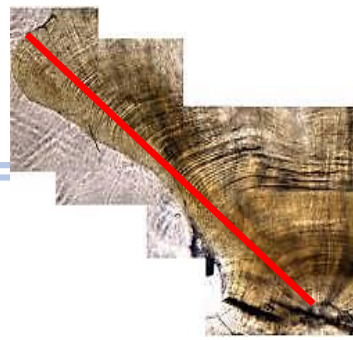
1 Analyses de croissance à long-terme



Tendance de croissance?

- **Régression linéaire** pour tester l'effet cohorte sur le L_{pred10}
- **Diminution significative** du L_{pred10} en **NE** pour les deux sexes, en **SW** pour les femelles et en **UK** pour les mâles
- **Fisheries Induced Evolution** ou **effet de l'environnement?**
- Existe-t-il une **synchronie** des variations interannuelles?



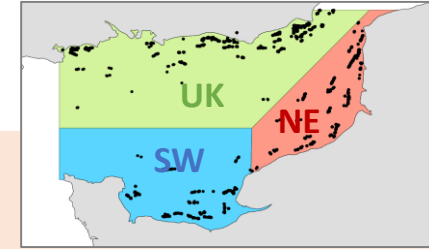


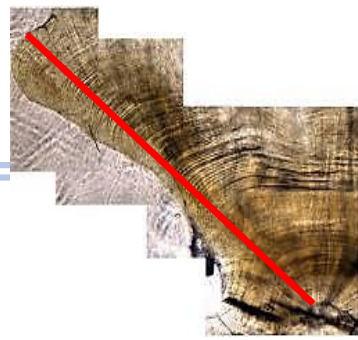
1.1 Patrons spatiaux de croissance / densités aux âges

1 Analyses de croissance à long-terme

Synchronie des variations interannuelles de croissance?

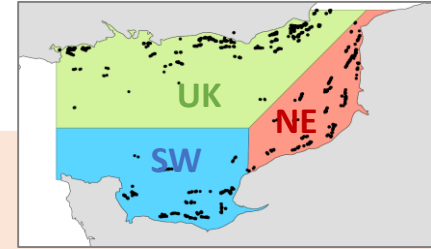
- **Synchronie:** Corrélation de Spearman sur les résidus de la tendance (après correction de l'autocorrélation temporelle) **entre sous-zones**
- **Résultat: Asynchronie** entre sous-zones pour chaque sexe





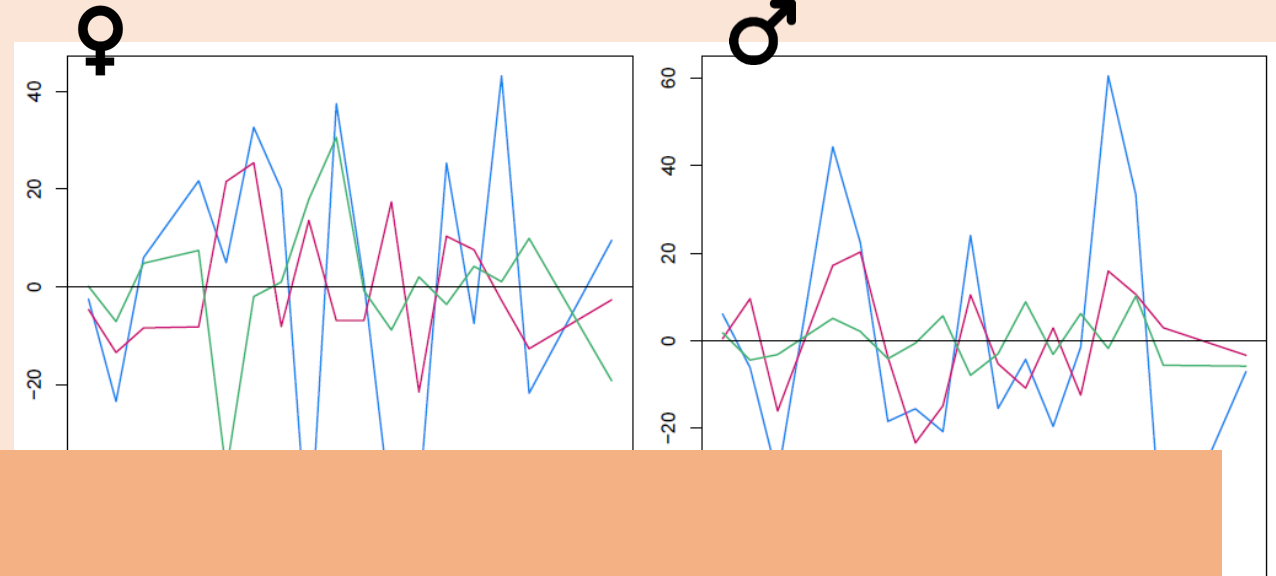
1.1 Patrons spatiaux de croissance / densités aux âges

1 Analyses de croissance à long-terme



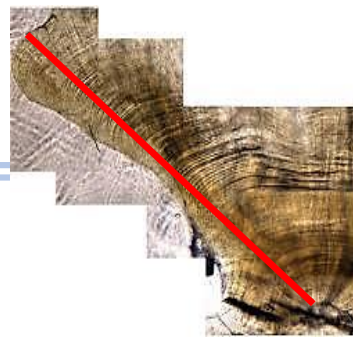
Synchronie des variations interannuelles de croissance?

- **Synchronie:** Corrélation de Spearman sur les résidus de la tendance (après correction de l'autocorrélation temporelle) **entre sous-zones**
- **Résultat: Asynchronie** entre sous-zones pour chaque sexe



Conclusions:

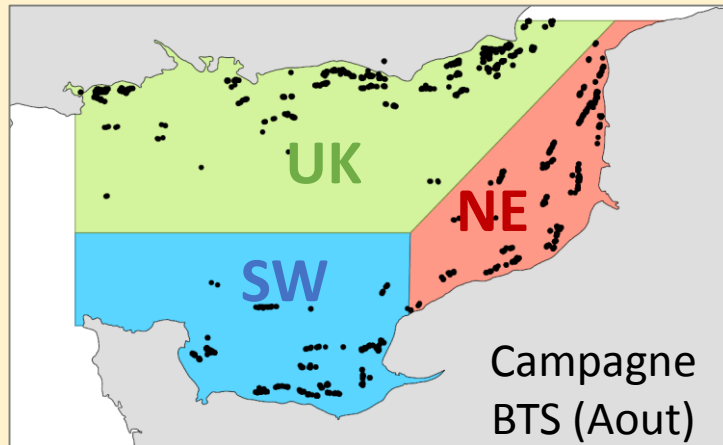
- Structuration spatiale de la croissance
- Tendance à la baisse de la longueur sur les 3 zones
- Malgré cette tendance commune, pas de synchronie des variations interannuelles → structuration spatiale



1.1 Patrons spatiaux de croissance / densités aux âges

2 Analyses des densités à long-terme

DATA



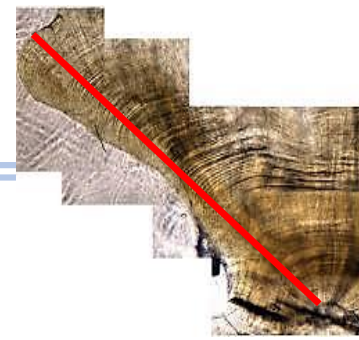
- Nombre et longueurs aux âges
- Sexe
- Localisation
- Année de capture: **1990-2015**
- **Age 1 à 5 ans**

MÉTHODE

$$D_{\text{age,cohort}} = \frac{N_{\text{age,cohort}}}{\text{Surface}_{\text{age,cohort}}}$$

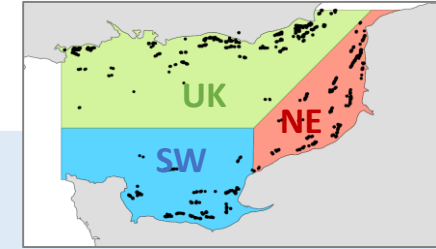
$$A_{\text{age,cohort}} = \frac{D_{\text{age,cohort}} - \text{mean}(D_{\text{age}})}{\text{sd}(D_{\text{age,cohort}})}$$

- **Synchronie** entre les séries temporelles d'anomalies de densités aux âges
 → dans le cas d'un stock homogène
 → dans le cas d'un stock structuré en 3 sous-zones
- Le nb et l'intensité des corrélations renseigne sur la qualité du **suivi de cohorte**



1.1 Patrons spatiaux de croissance / densités aux âges

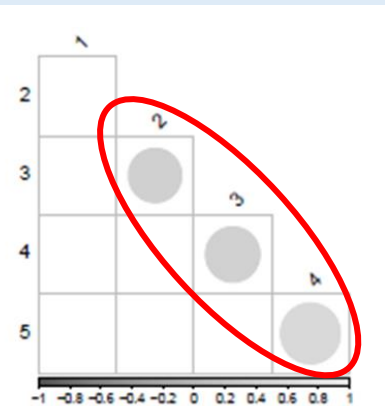
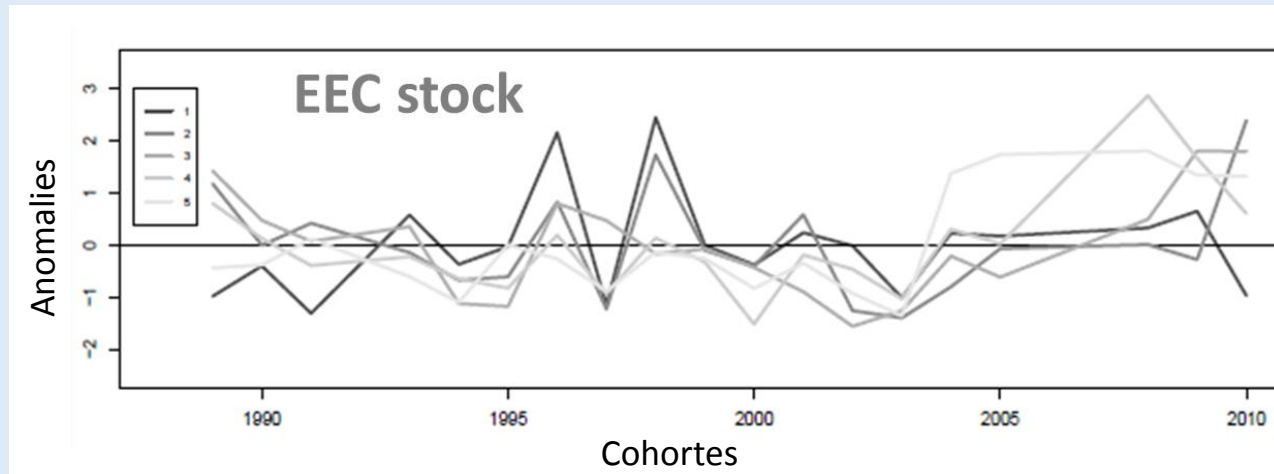
2 Analyses des densités à long-terme

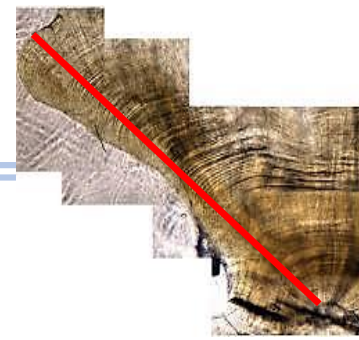


Synchronie des anomalies de densités aux âges?

- **Cas 1: un stock homogène**

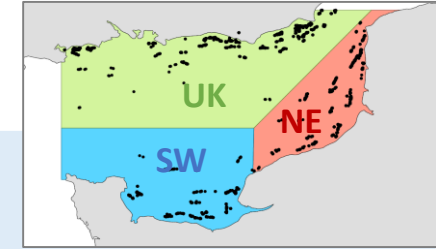
Trois corrélations positives
 → Suivi de cohorte « moyen »





1.1 Patrons spatiaux de croissance / densités aux âges

2 Analyses des densités à long-terme



Synchronie des anomalies de densités aux âges?

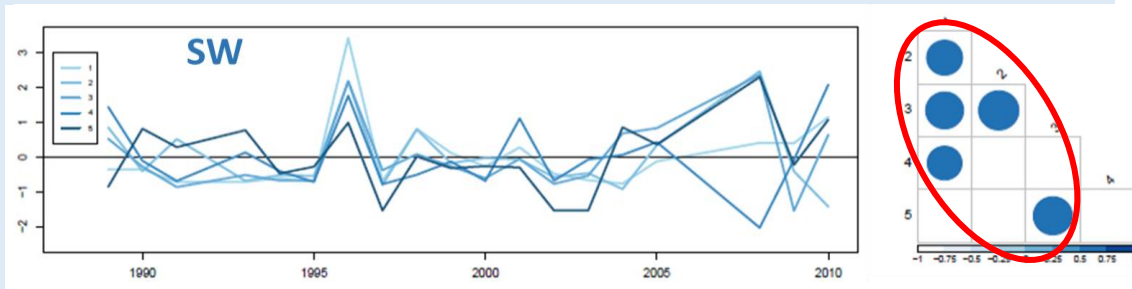
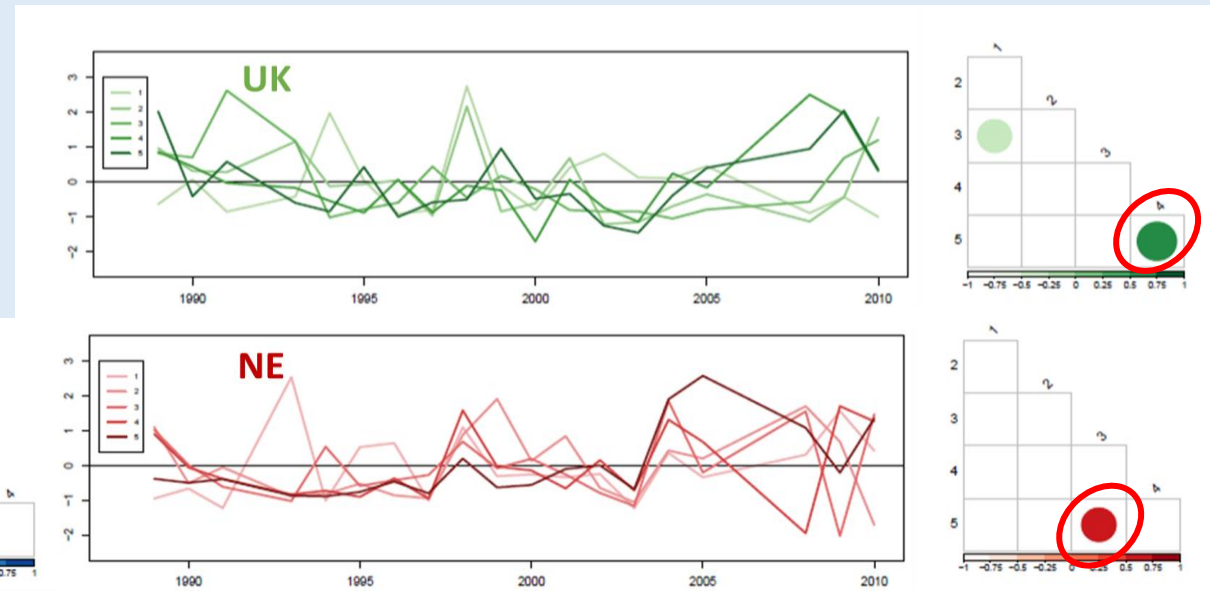
- Cas 2: un stock structuré**

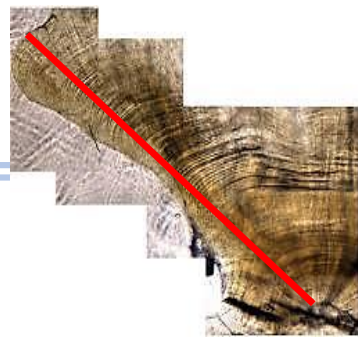
Une seule corrélation positive en **UK** et **NE**

→ Pas de suivi de cohorte

5 corrélations positives en **SW**

→ Suivi de cohorte « fort »



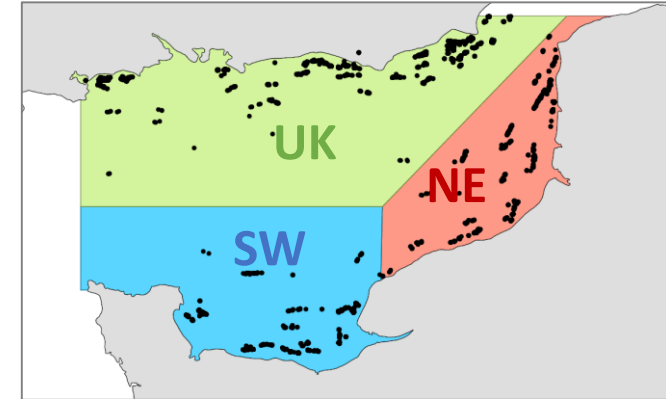


1.1 Patrons spatiaux de croissance / densités aux âges

Conclusions

- 1 Analyses de croissance à long-terme
- 2 Analyses des densités à long-terme

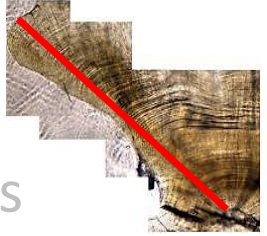
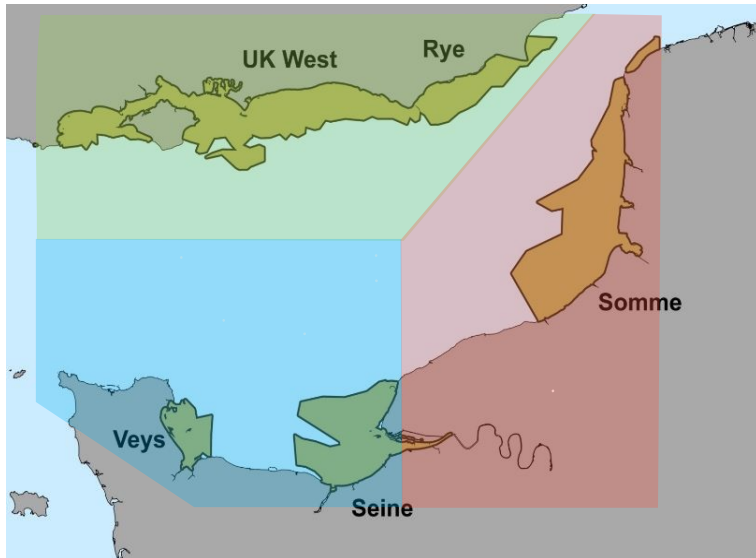
**À l'échelle
populationnelle il
existe un signal de
structuration
spatiale**



Perspectives

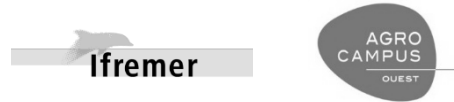
- 1 Comparer ces résultats avec ceux issus de traceurs individuels → morphométrie des otolithes, génétique
- 2 Étudier la connectivité entre ces sous-zones → microchimie des otolithes, marquage, génétique

1. Ségrégation des sous-unités spatiales?



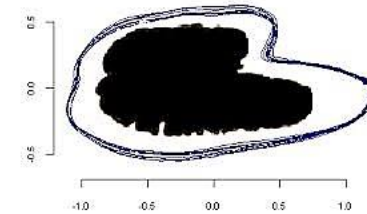
1.1. Patrons spatiaux de croissance / densités aux âges

H. Du Pontavice, M. Savina, Y. Vermard, S. Lehuta



1.2. Morphométrie des otolithes

K. Mahé, B. Ernande

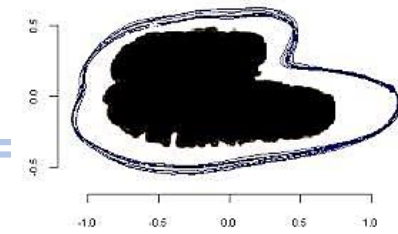


1.3. Marqueurs génétiques

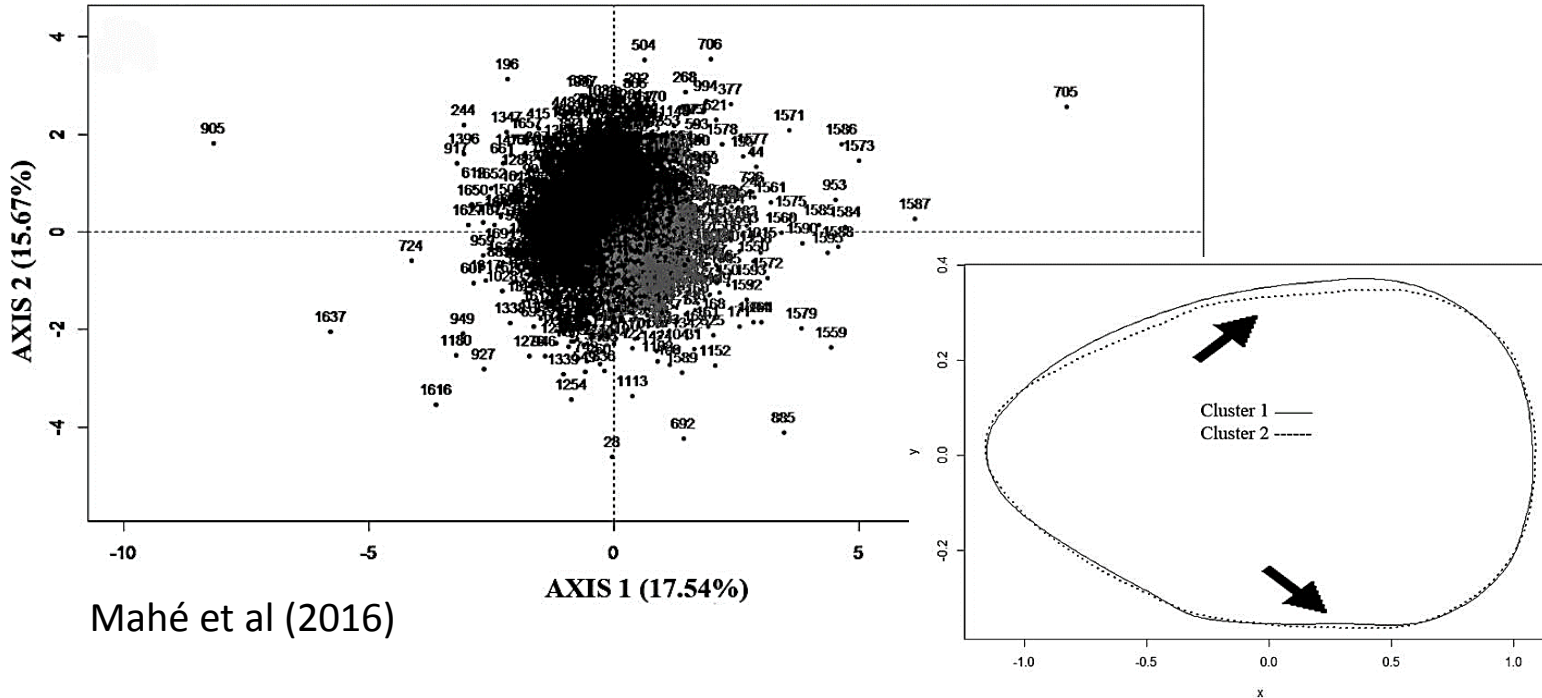


F. Volckaert, S. Delerue Ricard, G. Maes





1.2 Morphométrie des otolithes



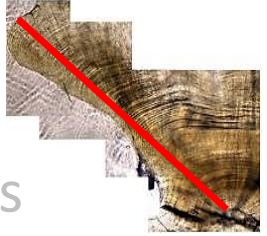
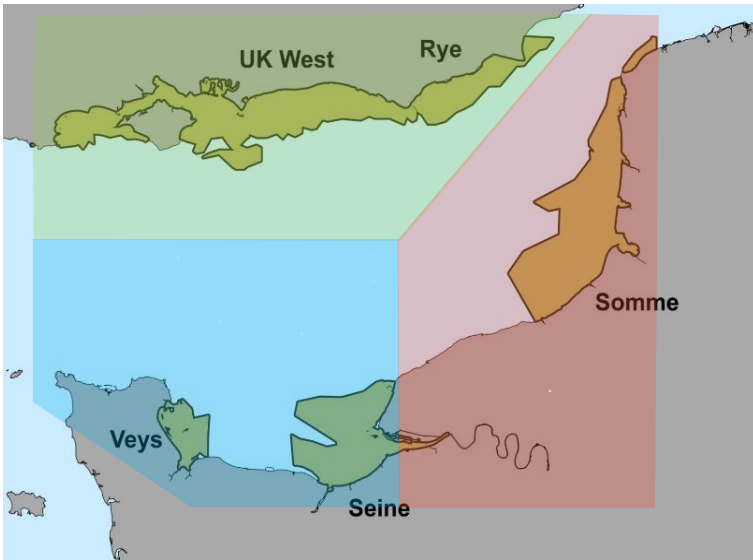
Mahé et al (2016)

Variabilité spatiale des paramètres de forme (ellipses de Fourier)

2016/2017 : Déjà 1815 paires d'otolithes acquis

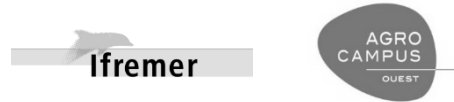


1. Ségrégation des sous-unités spatiales?



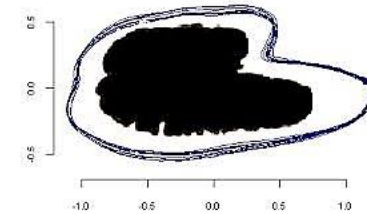
1.1. Patrons spatiaux de croissance / densités aux âges

H. Du Pontavice, M. Savina, Y. Vermard, S. Lehuta



1.2. Morphométrie des otolithes

K. Mahé, B. Ernande



1.3. Marqueurs génétiques



F. Volckaert, S. Delerue Ricard, G. Maes

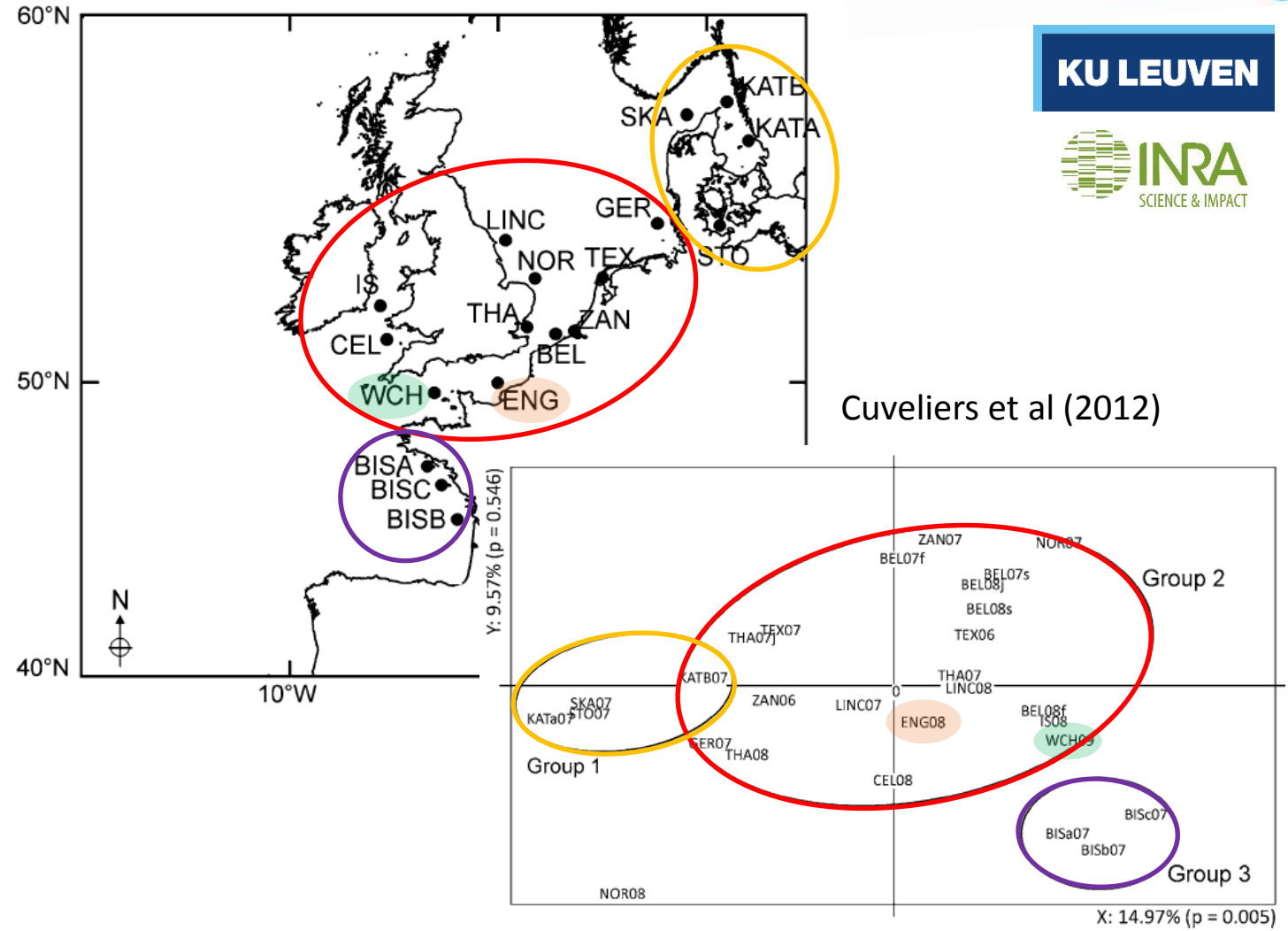




1.3 Marqueurs génétiques

Microsatellites → Résolution insuffisante pour montrer une structuration spatiale du stock

Single **N**ucleotide **P**olymorphism

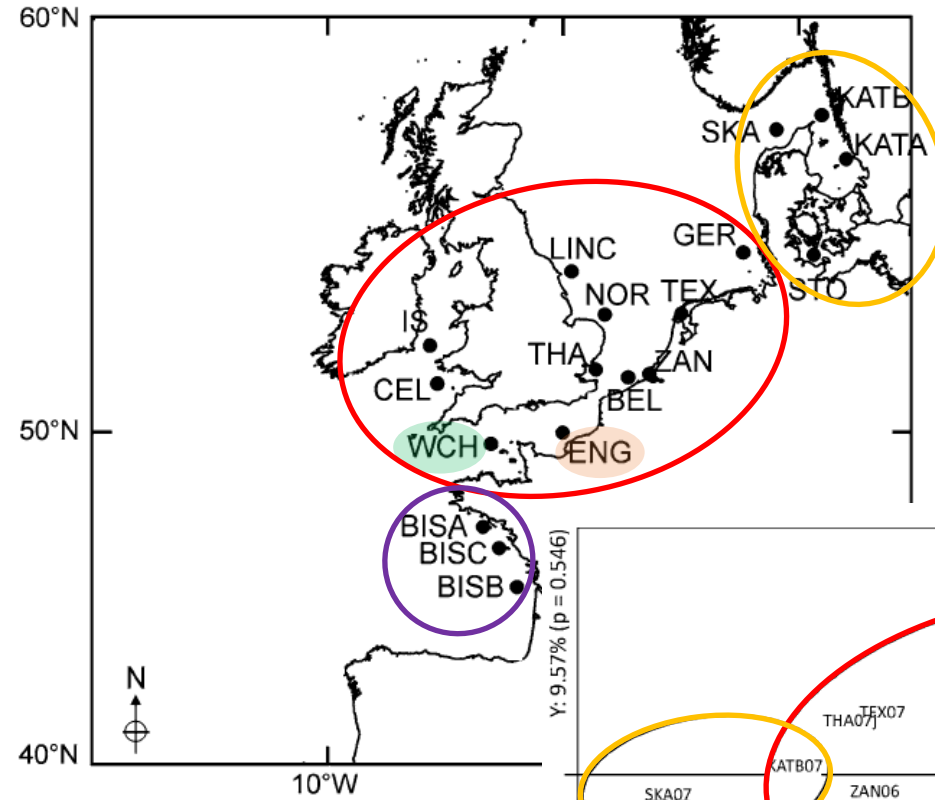




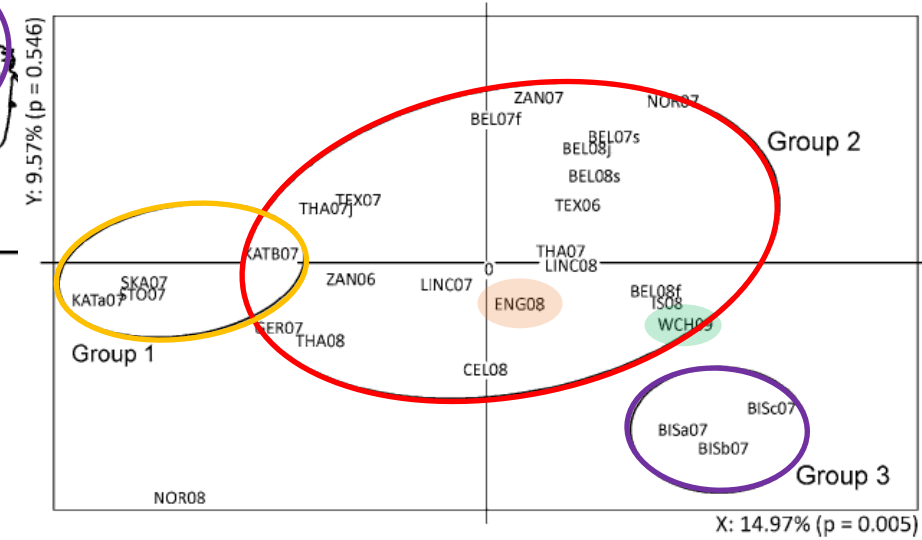
1.3 Marqueurs génétiques

Microsatellites → Résolution insuffisante pour montrer une structuration spatiale du stock

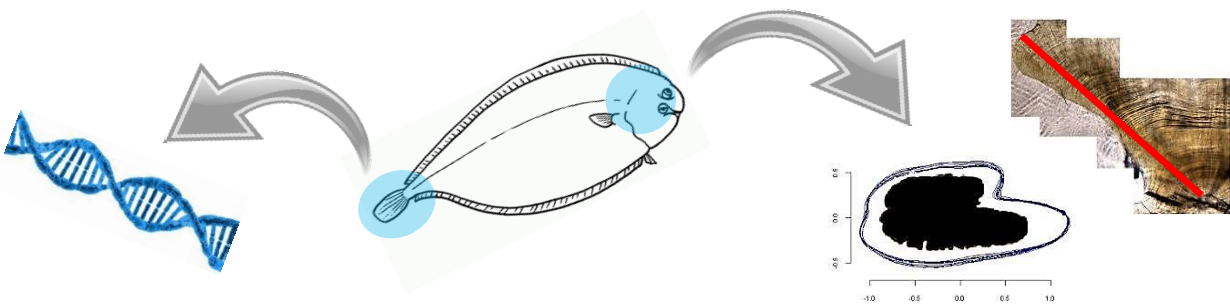
Single **N**ucleotide **P**olymorphism



Cuveliers et al (2012)



DONNÉES: Adultes de 3-4 ans
→ Couplage SNP/morphométrie/croissance

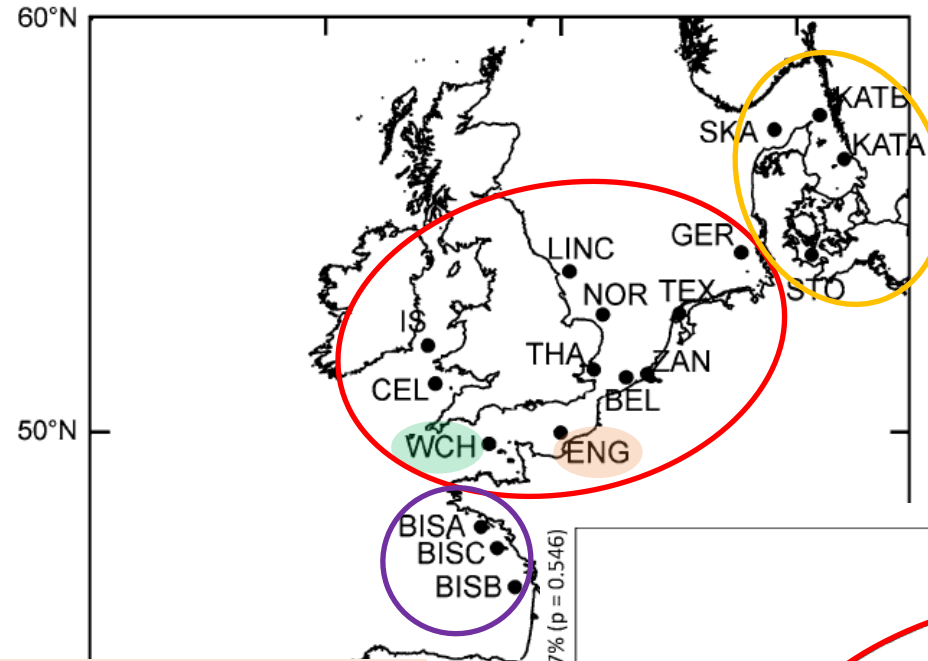




1.3 Marqueurs génétiques

Microsatellites → Résolution insuffisante pour montrer une structuration spatiale du stock

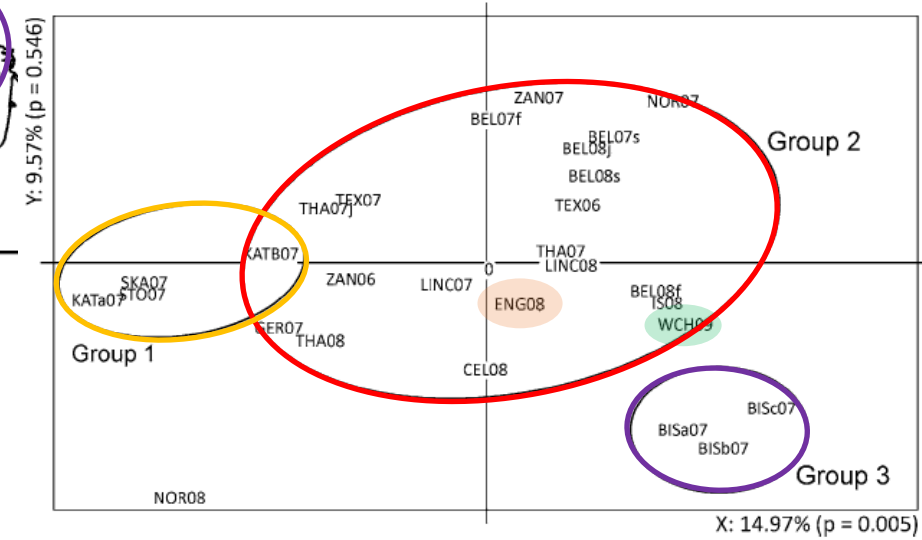
Single **N**ucleotide **P**olymorphism



Cuveliers et al (2012)



Objectif: 120 individus de 3-4 ans en 2017 en ME + 120 (2/3 Manche Est + 1/3 stocks adjacents) en 2018



Mai
2017/2018

Juillet/aout
2017/2018

Février/mars
2018



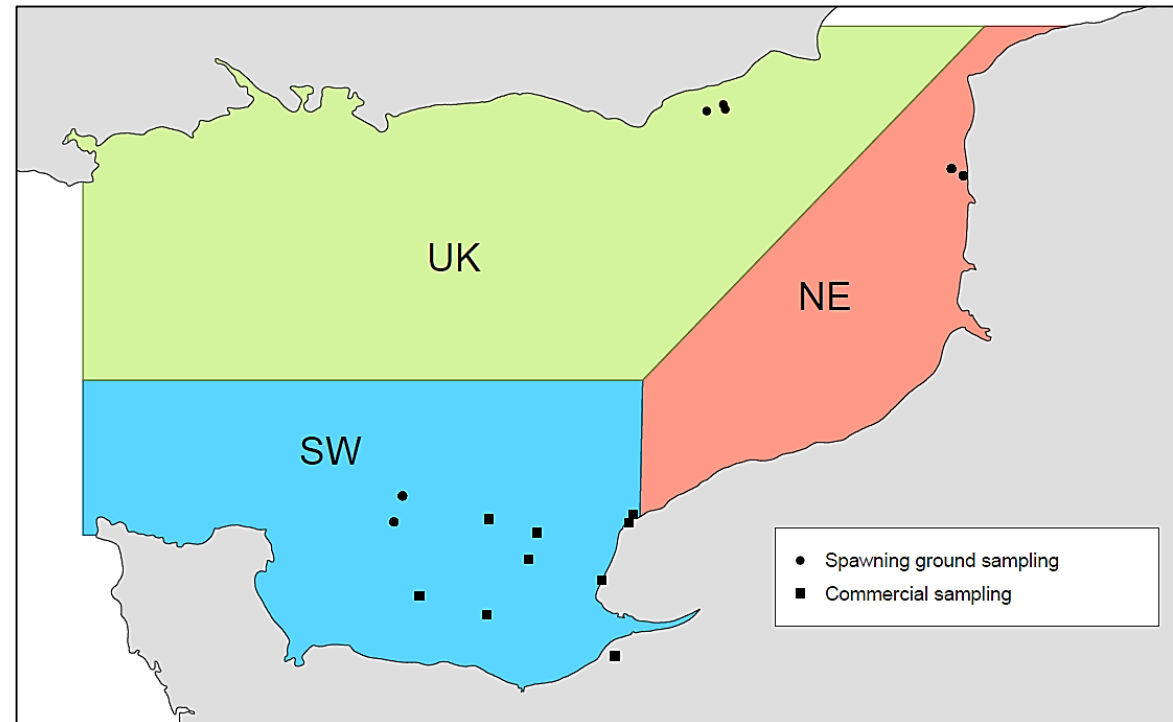
1.3 Marqueurs génétiques

KU LEUVEN

INRA
SCIENCE & IMPACT

DATA/MÉTHODE

- **120** individus pêchés sur frayères en avril 2017
- Espèce **diploïde**
- **ddRAD**
- Séquençage **Illumina**
- Lecture des nucléotides en **Paired-End**
- Pipeline = **dDocent** (Merci Gilles!!)
- Assemblage **De Novo**
- **Variant Calling**
- **Filtration des SNPs** → VCF Filter



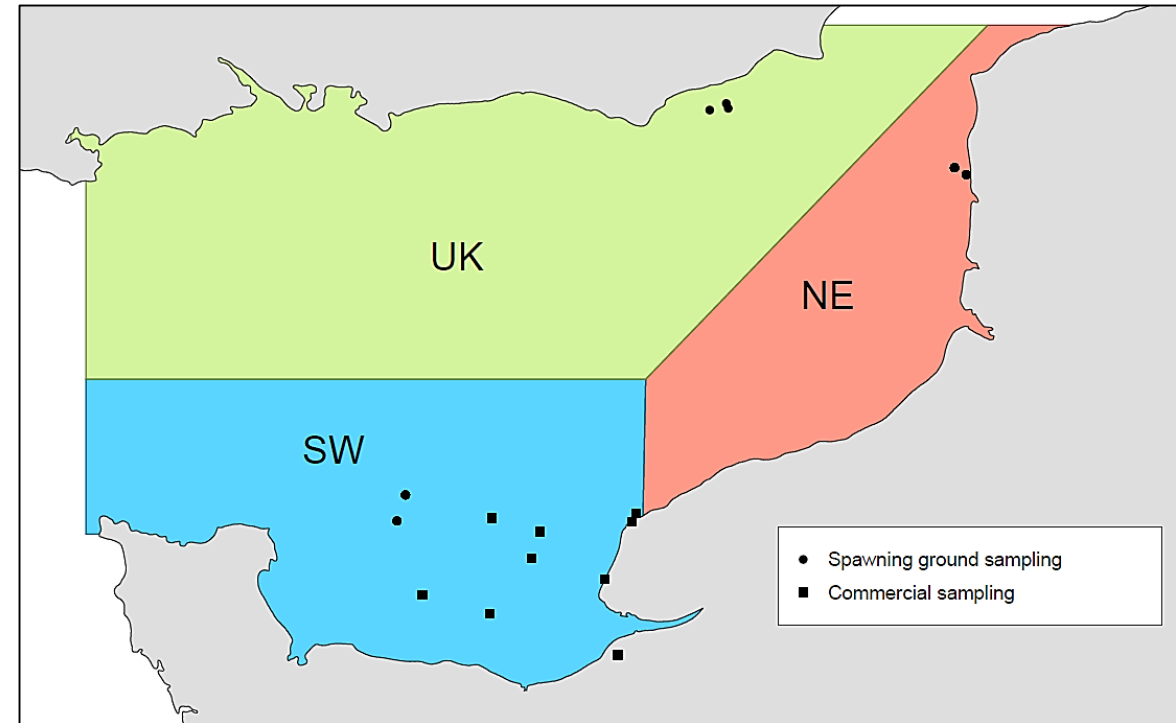


1.3 Marqueurs génétiques

RÉSULTATS

- **20898** loci bialléliques
- **1302** SNPs
- **FST** = mesure du déficit en hétérozygote dû à la consanguinité

	SW	NE
NE	0,002814 <i>p</i> = 0,986495	
UK	0,00446 <i>p</i> = 0,000453	0,004805 <i>p</i> = 0,097173



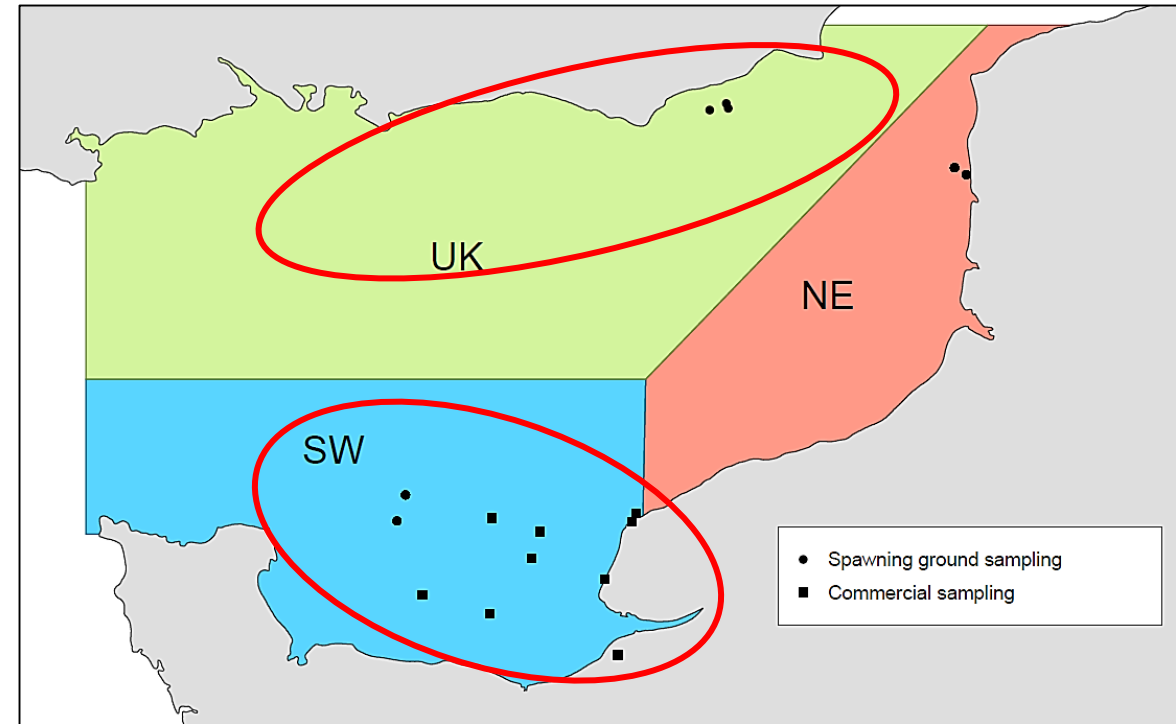


1.3 Marqueurs génétiques

RÉSULTATS

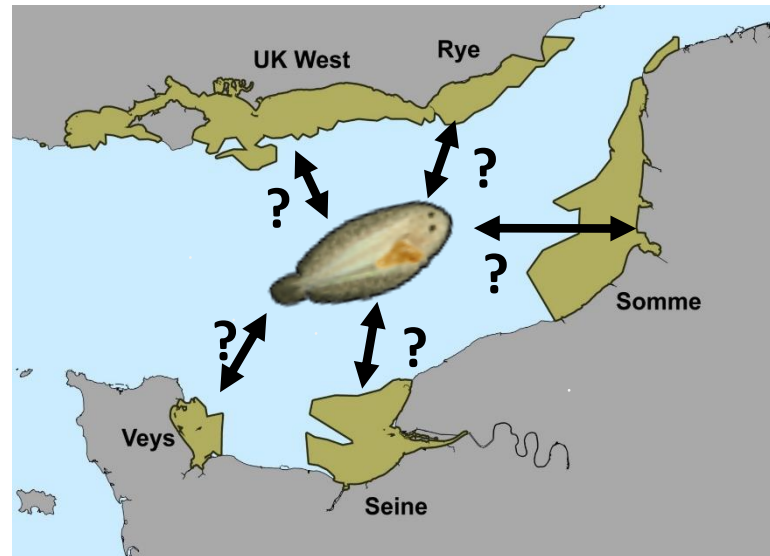
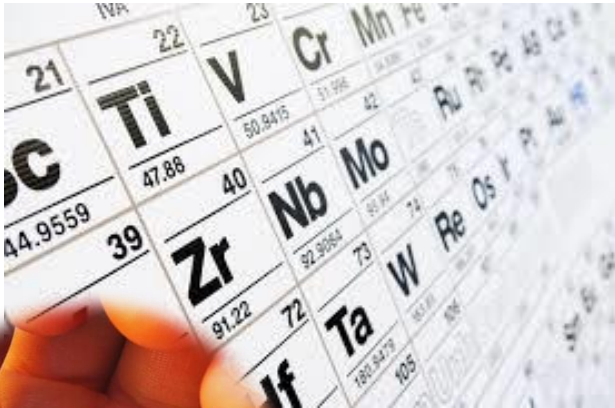
- **20898** loci bialléliques
- **1302** SNPs
- **FST** = mesure du déficit en hétérozygote dû à la consanguinité

	SW	NE
NE	0,002814 <i>p = 0,986495</i>	
UK	0,00446 <i>p = 0,000453</i>	0,004805 <i>p = 0,097173</i>



Structuration spatiale?? → A creuser!!

2. Origine natale des adultes en Manche Est?

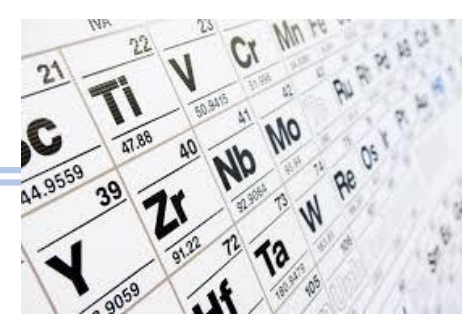


CNRS/Université de Pau

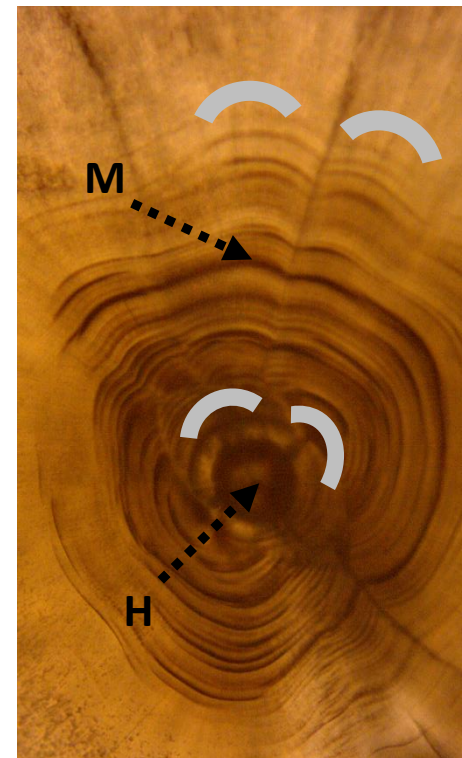
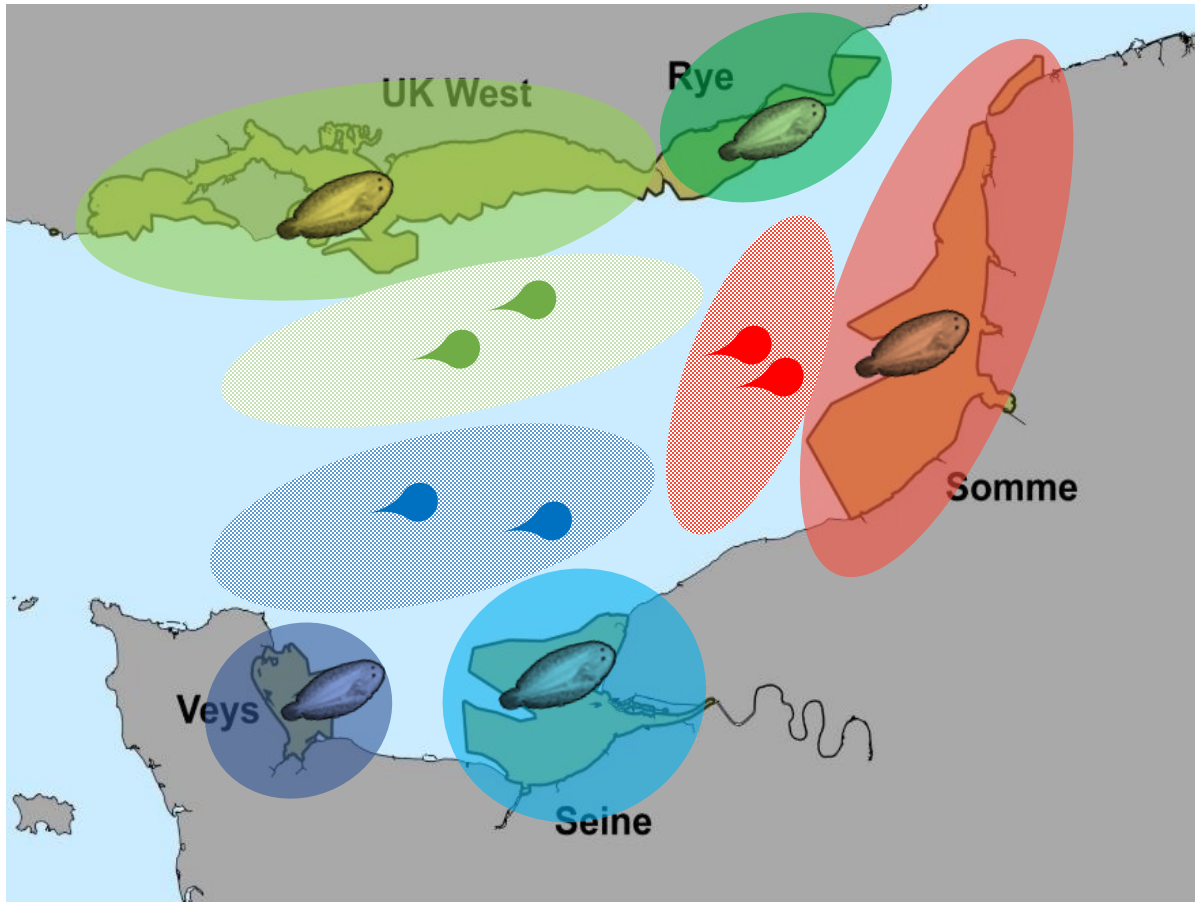
2.1. Caractérisation microchimique des habitats essentiels (frayères/ nourriceries)

2.2. Réassignation des adultes capturés sur frayère

2.3. Validation des réassignations par l'analyse des juvéniles marqués et recapturés

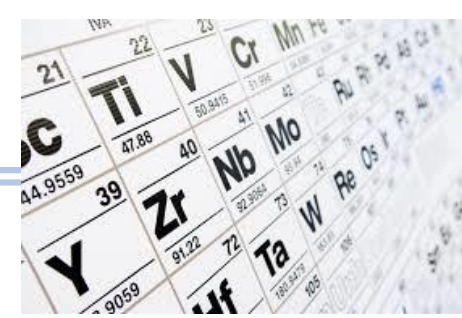


2.1. Caractérisation microchimique des habitats essentiels



SIGNATURE
 =
 Cocktail
 d'éléments
 traces + ratio
 isotopique
 ($^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$)

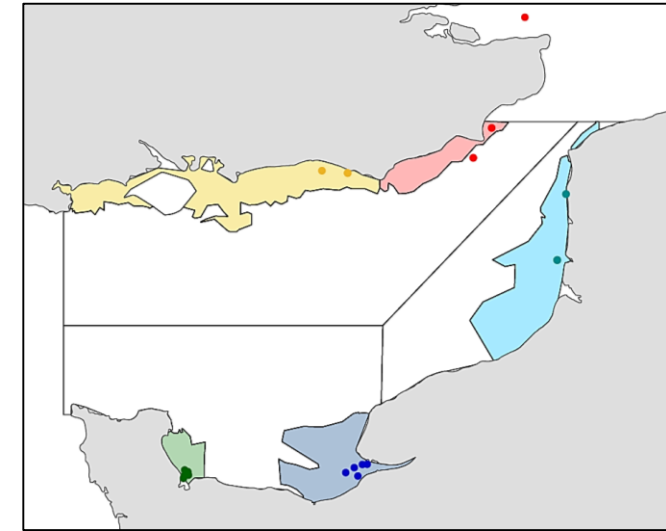
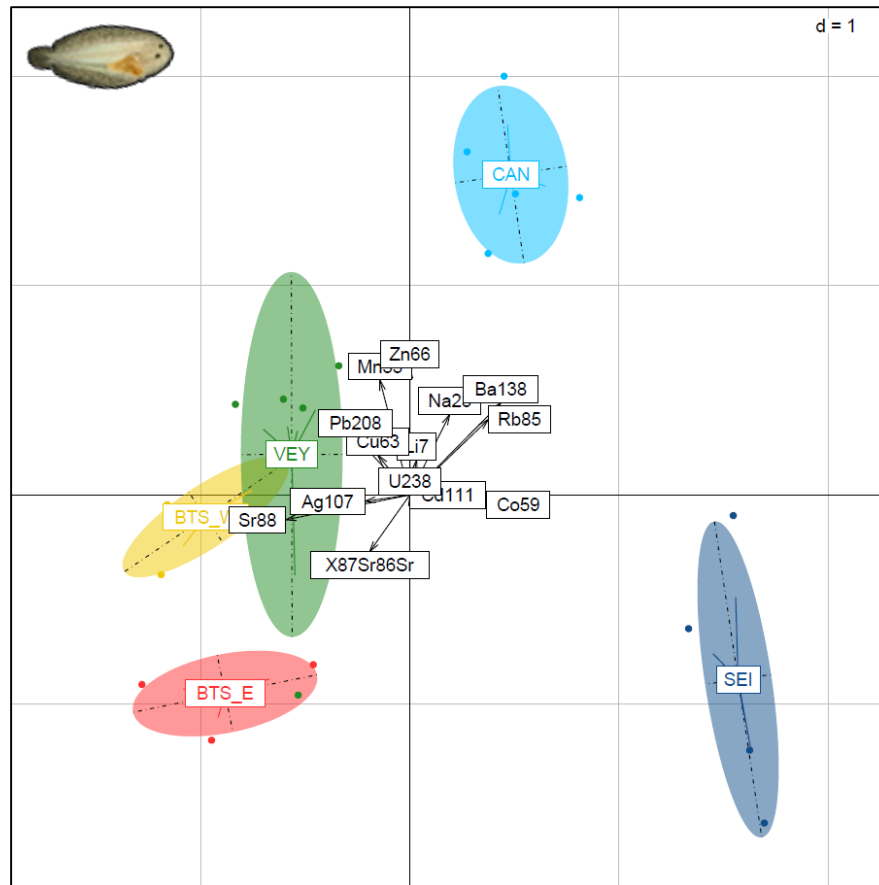
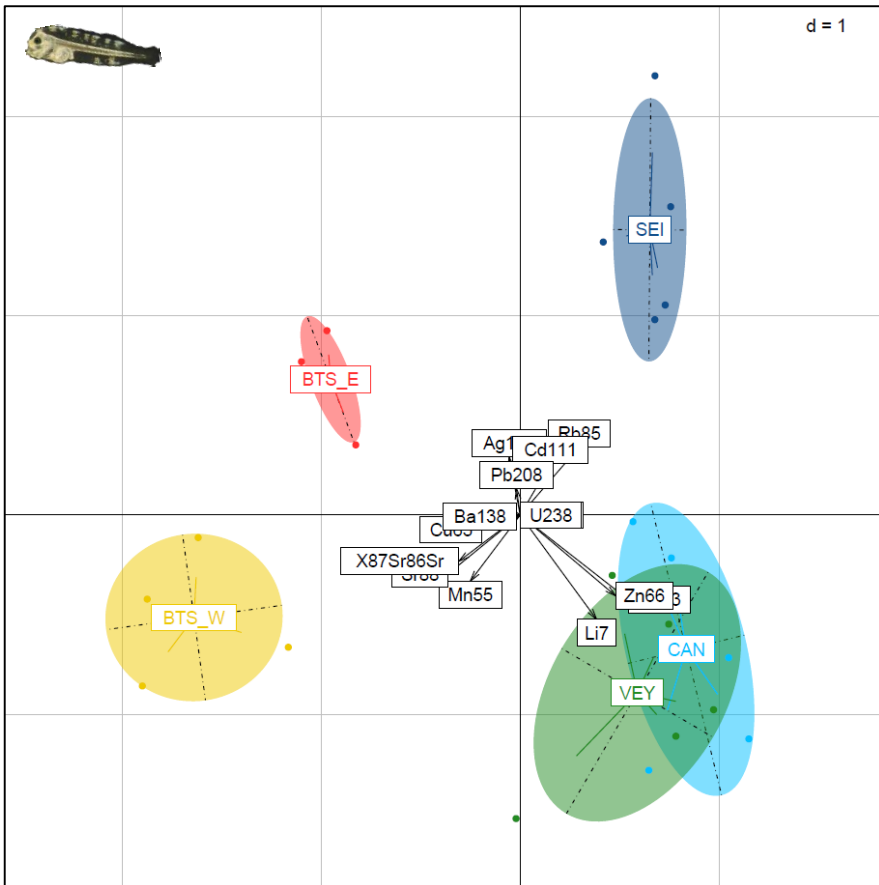
Éléments: Li^7 , Na^{23} , Ca^{43} ,
 Mn^{55} , Co^{59} , Cu^{63} , Zn^{66} ,
 Rb^{85} , Sr^{88} , Ag^{107} , Cd^{111} ,
 Ba^{138} , Pb^{208} , U^{238}



2.1. Caractérisation microchimique des habitats essentiels

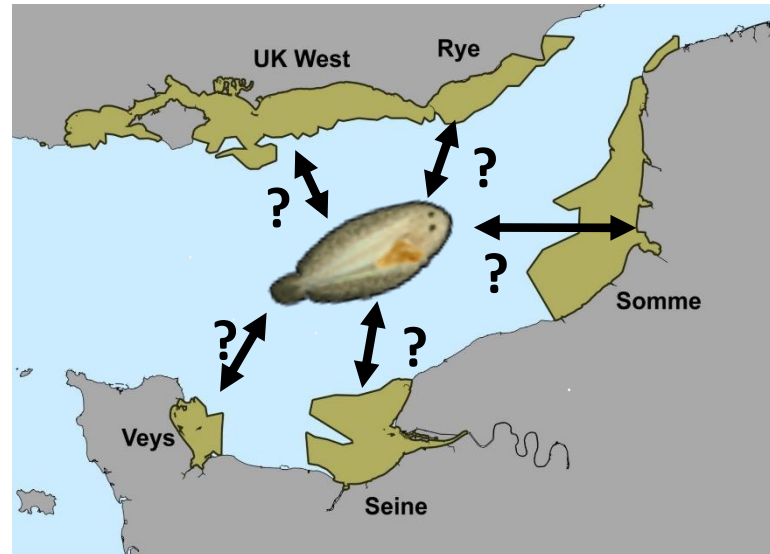
Analyse préliminaires sur 25 juvéniles de 2016

CDA





2. Origine natale des adultes en Manche Est?



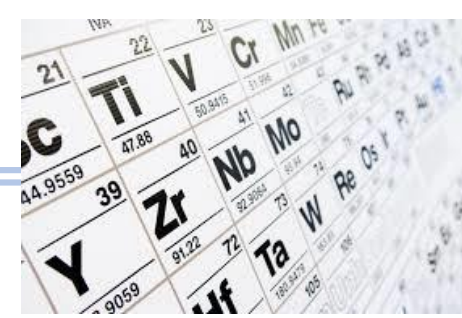
Analyses : CNRS/Université de Pau

2.1. Caractérisation microchimique des habitats essentiels (frayères/ nourriceries)

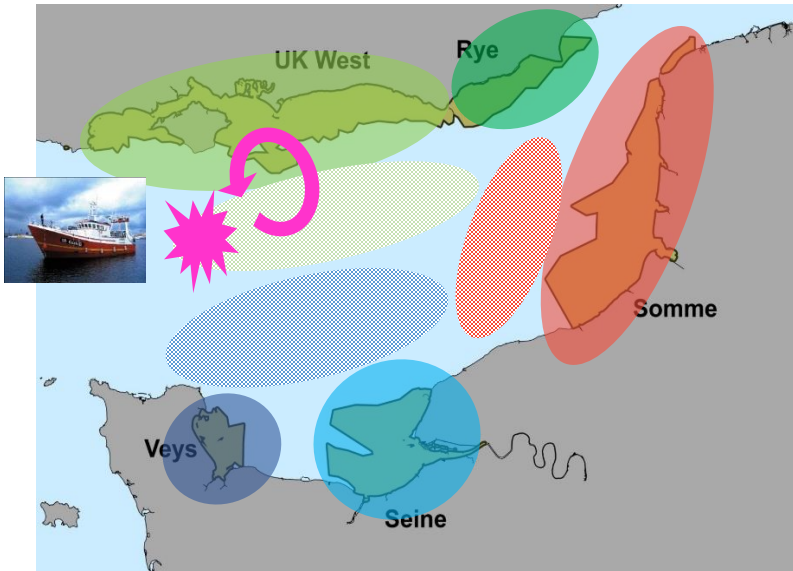
2.2. Réassignation des adultes capturés sur frayère

2.3. Validation des réassignations par l'analyse des juvéniles marqués et recapturés





2.2. Réassignation des adultes



Analyse rétrospective de la connectivité tout au long du cycle de vie

Référentiel Frayères

= signatures des larves

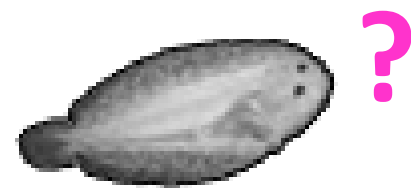


Référentiel Nourriceries

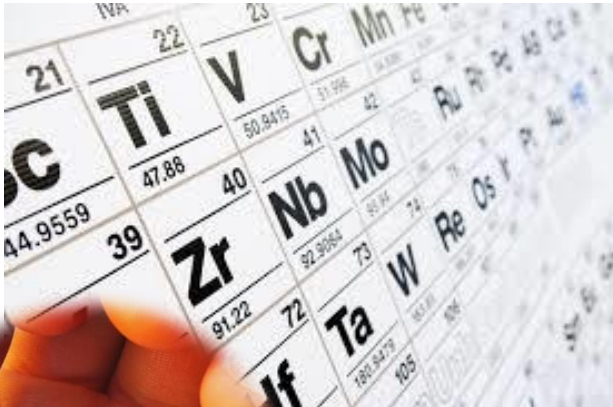
= signatures des juvéniles



Comparaison aux référentiels



Analyses: Modèle Bayésien de réassignation, clustering (LDA/Random Forest?)



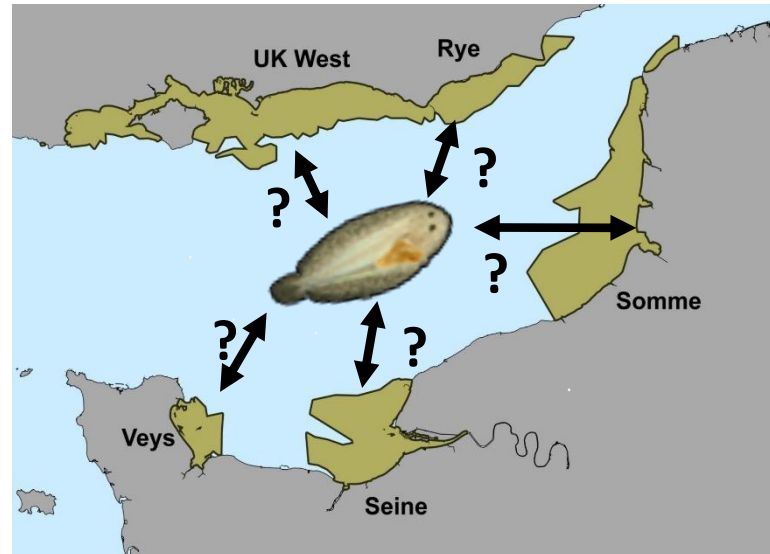
2. Origine natale des adultes en Manche Est?

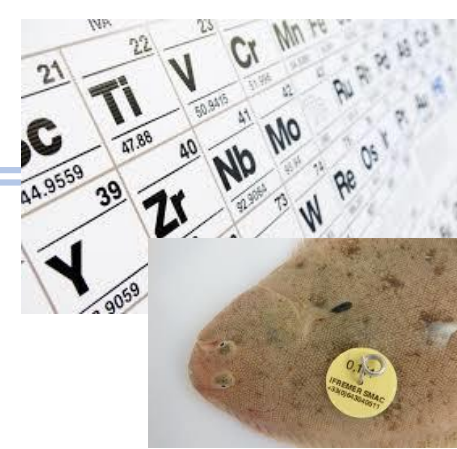
Analyses : CNRS/Université de Pau

2.1. Caractérisation microchimique des habitats essentiels (frayères/ nourriceries)

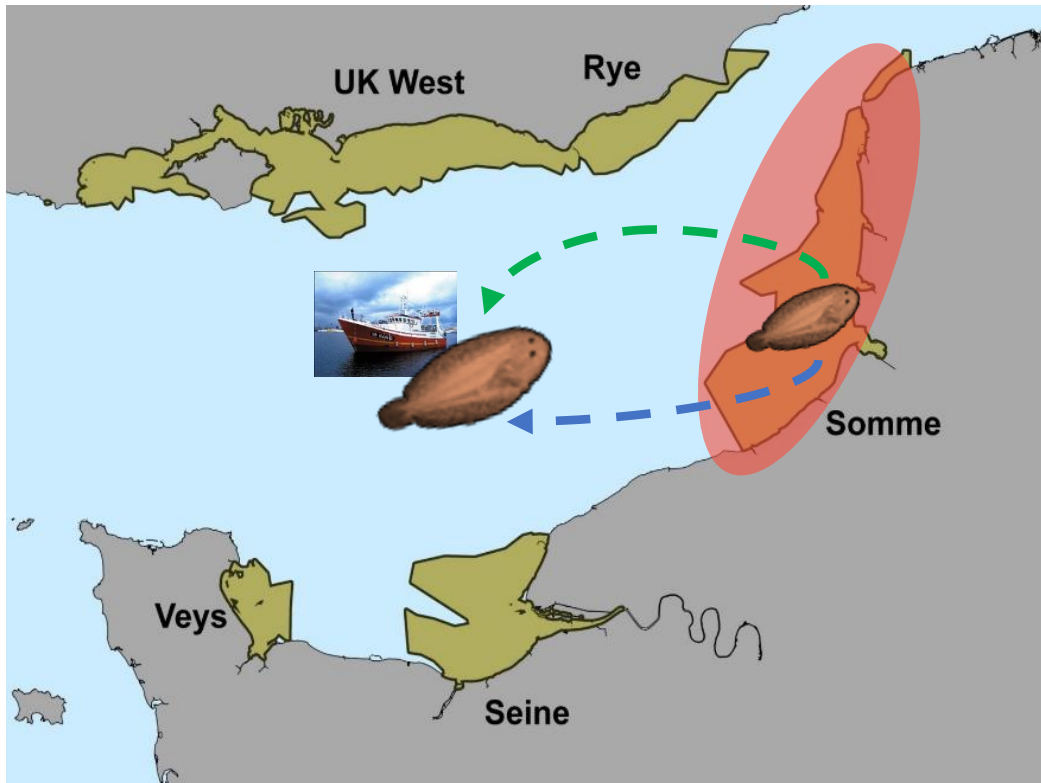
2.2. Réassignation des adultes capturés sur frayère

2.3. Validation des réassignations par l'analyse des juvéniles marqués et recapturés





2.3. Validation des réassignations par recapture des juvéniles marqués et recapturés

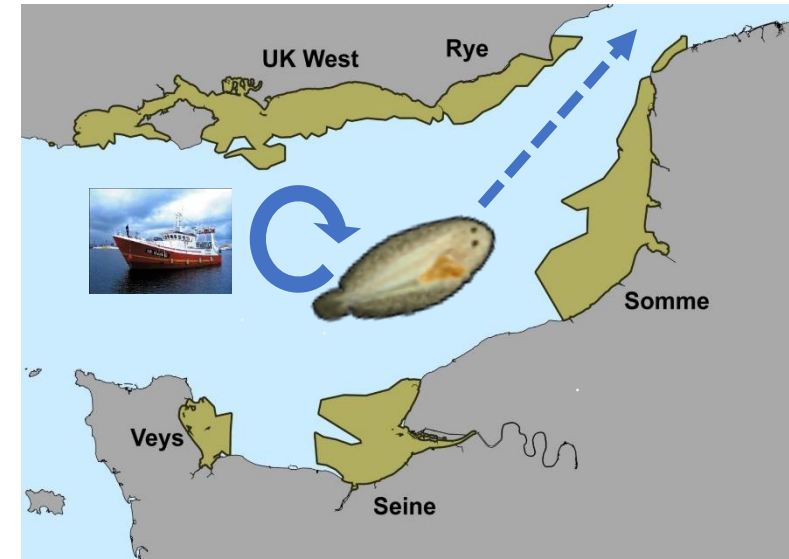


- **Juvéniles marqués (G2)** à l'été 2016
- **Recapturés** en tant qu'adultes en 2017/2018
- Analyse des **signatures larvaires/juvéniles** de ces adultes
- **Confrontation** de l'origine natale donnée par la **MICROCHIMIE** et le **MARQUAGE**

➔ **VALIDATION/RÉFUTATION**



3. Flux d'adultes intra et extra Manche Est ?



Y. Vermard, S. Lehuta, E. Rivot



AXE 3



3. Flux d'adultes intra et extra Manche Est ?

- Objectif d'ici 2018: 3600 marques
- 700 Soles marquées en 2016 (surtout en nourriceries)
- 1000 Soles adultes marquées sur frayères en 2017
- 62 recaptures à ce jour



- Base de données (Burt & Millner 2008)
- 42700 marquages dont 11600 en VIId → 8000 recaptures

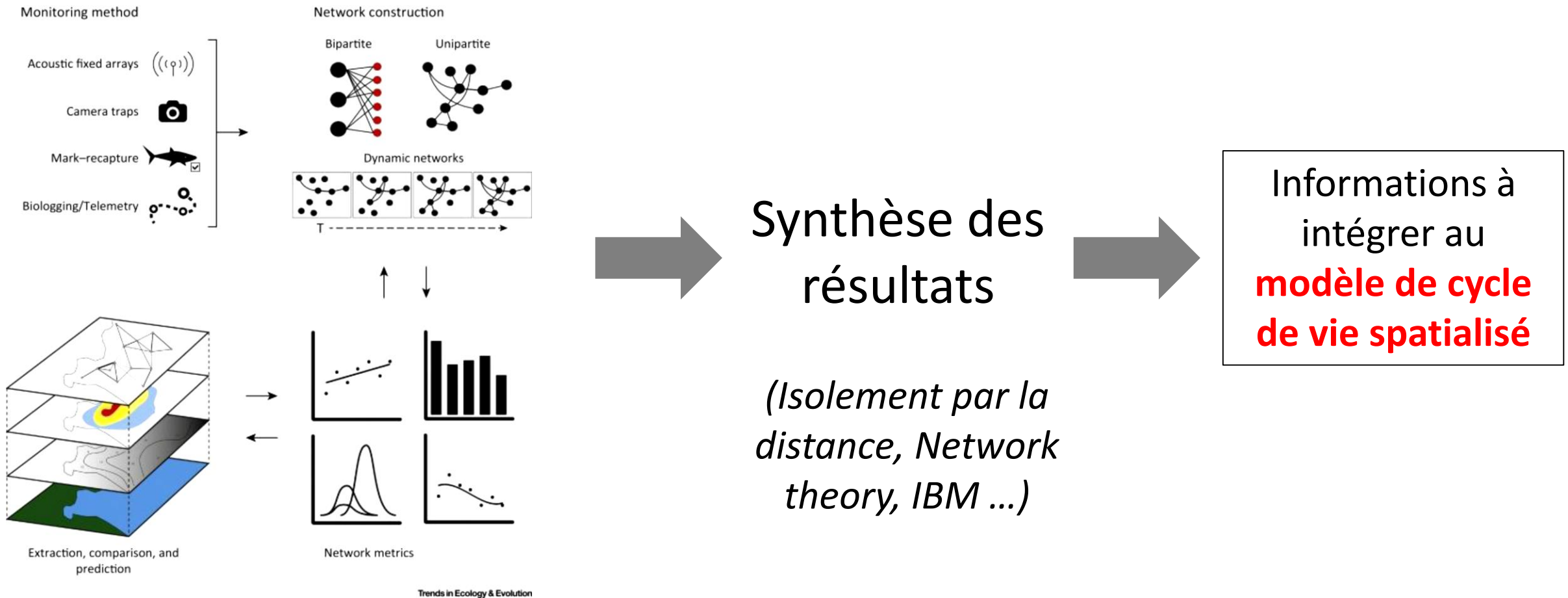


Combinaison des deux bases de données



http://sirs.agrocampus-ouest.fr/discardless_app/app11/

Données / Traceurs de résolutions variables



Jacoby and Freeman (2016)

Merci de votre attention

