

# Adaptation et persistance des populations de saumon face au changement climatique



BUORO Mathieu

12 06 2019

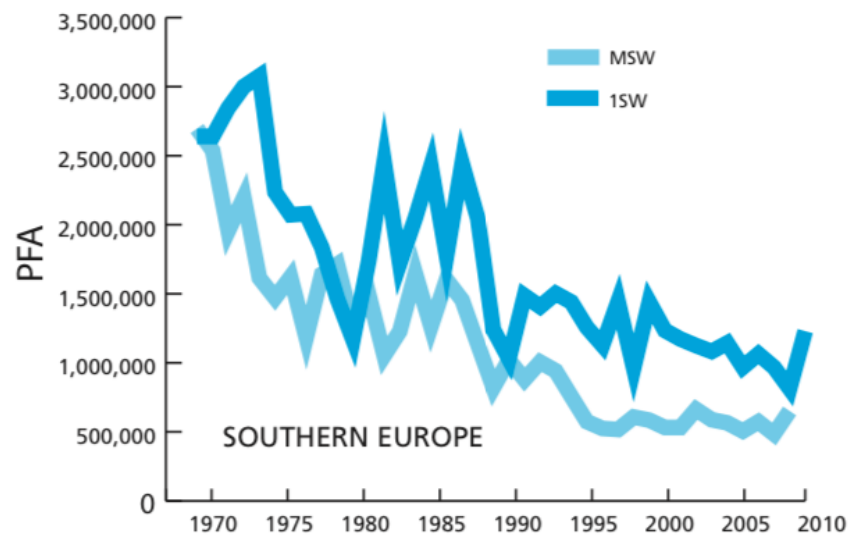


AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ  
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

Pôle R&D pour la gestion des migrateurs amphihalins dans leur environnement

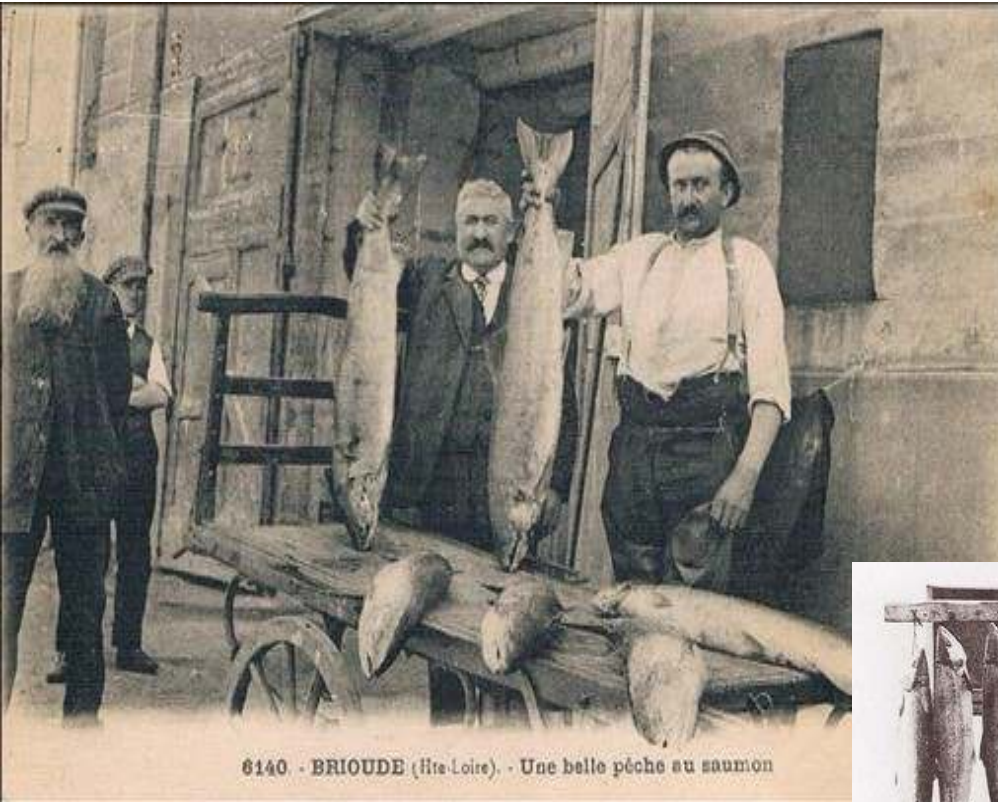
# Contexte

@Bretagne Grand Migrateur



ICES report 2010

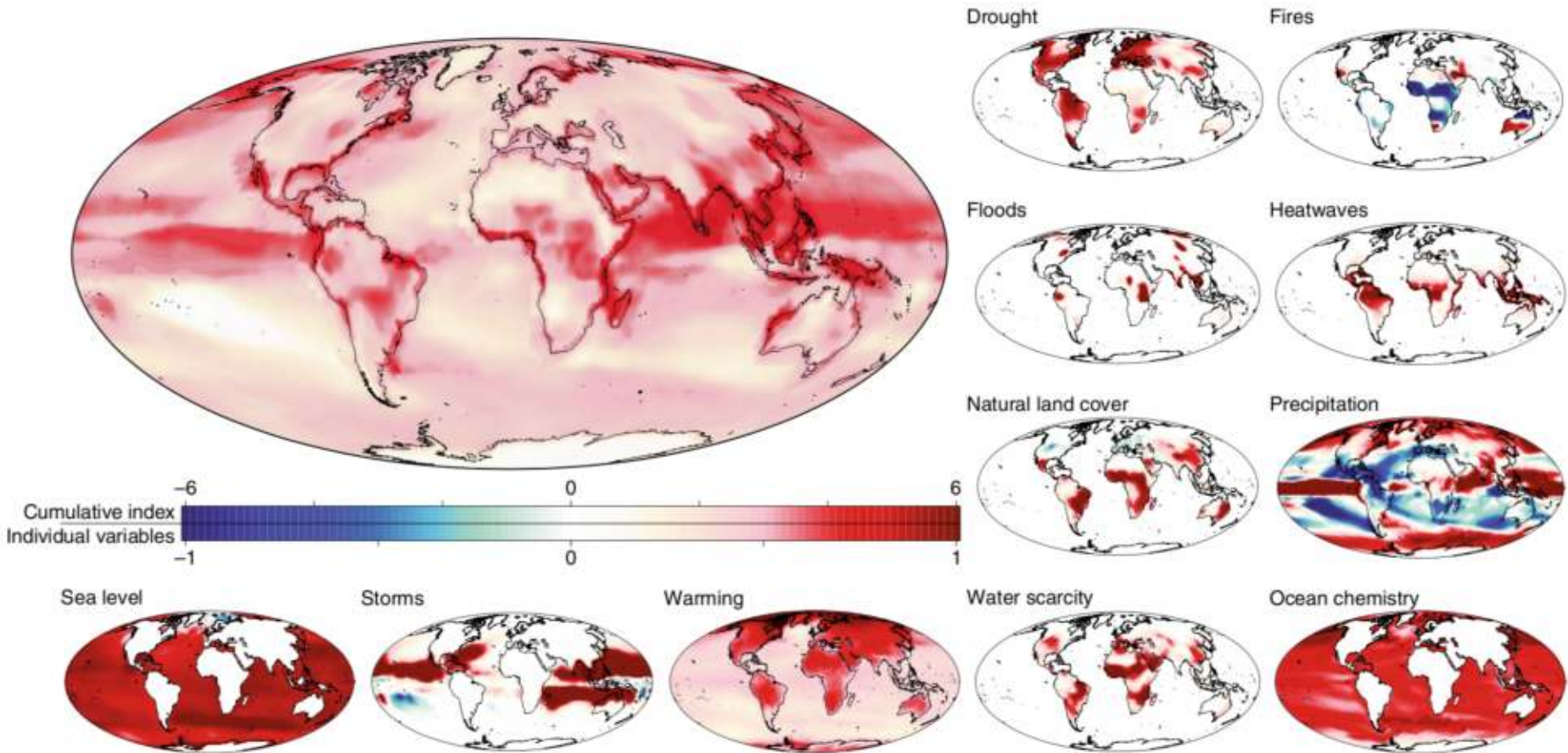
# Contexte - Exploitation



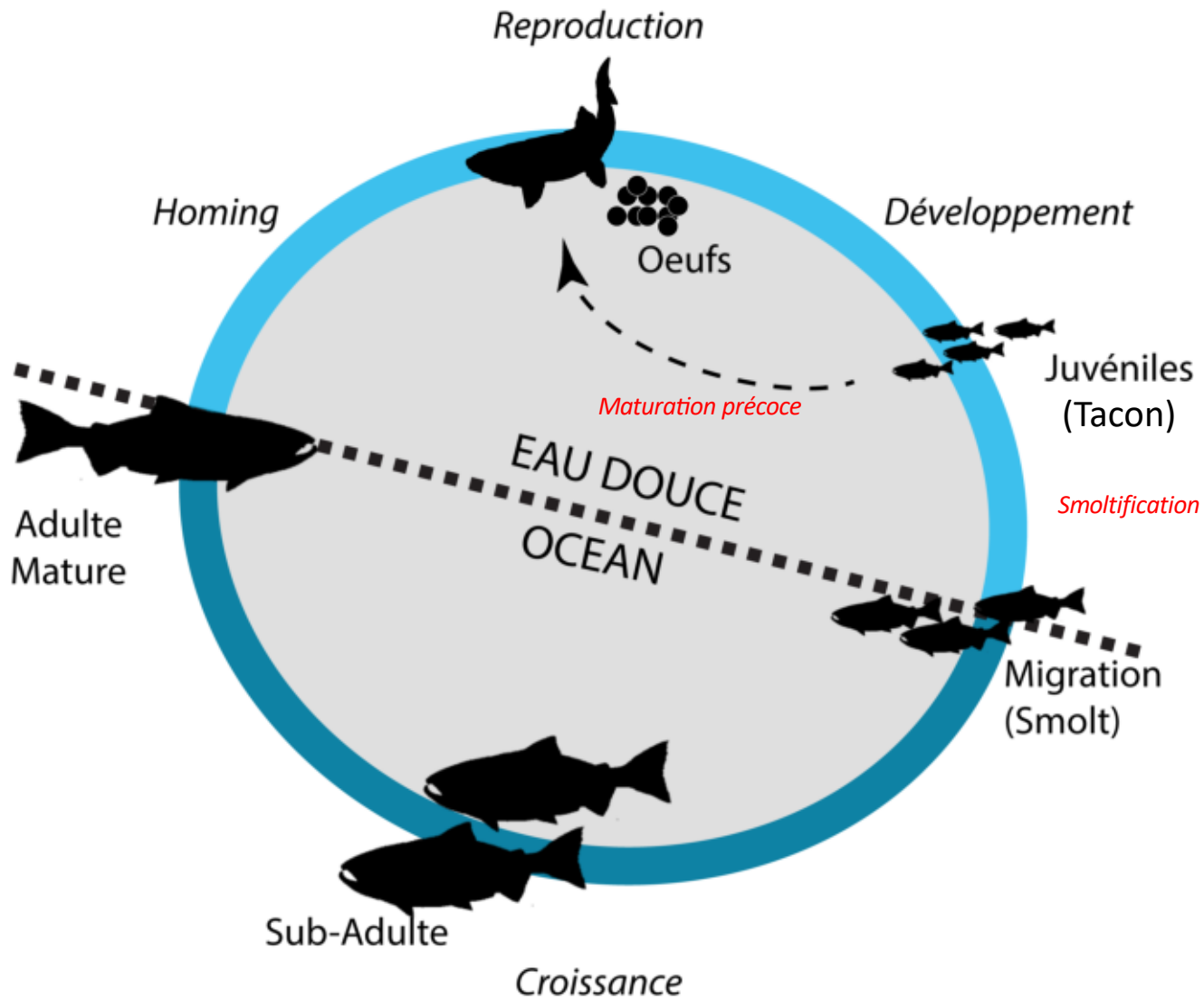
# Contexte – Continuité écologique & connectivité



# Contexte – Changement climatique (CC)



# Contexte - Cycle biologique du saumon



# Contexte – Changements phénotypiques

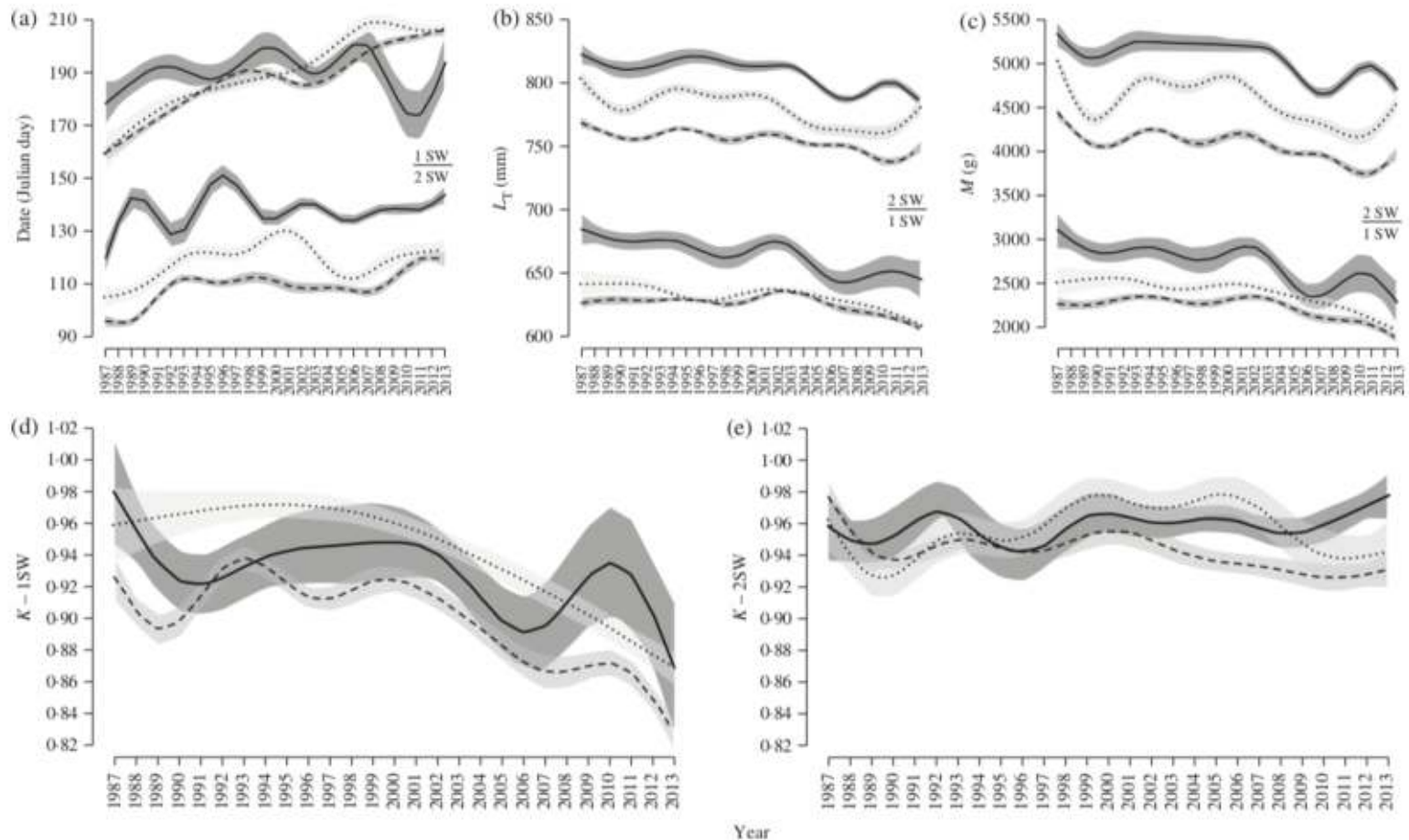


FIG. 2. Change in (a) the date of river entry, (b) total length ( $L_T$ ), (c) fish mass ( $M$ ) and (d) and (e) Fulton's condition factor ( $K$ ) in one sea-winter (1SW) and two sea-winter (2SW) *Salmo salar* from Normandy (.....), Brittany (- - - -) and Aquitaine (—) 1997–2013. The shaded bands represent 95% C.I.

# Challenges

**Comment le CC et les activités humaines impactent les populations de saumons?**

**Comment les populations répondent aux changements en cours et à venir? **Peuvent-elles s'adapter à ces changements rapides?****

**Quels sont les mécanismes d'adaptation et les facteurs de résilience des populations?**

**Comment favoriser l'adaptation/mitigation/résilience?**



# Objectif

Evaluer les pressions de selection, la capacité d'**adaptation** au changement climatique (CC) et de pratiques de gestion pour assurer la **stabilité** et la **résilience** des populations

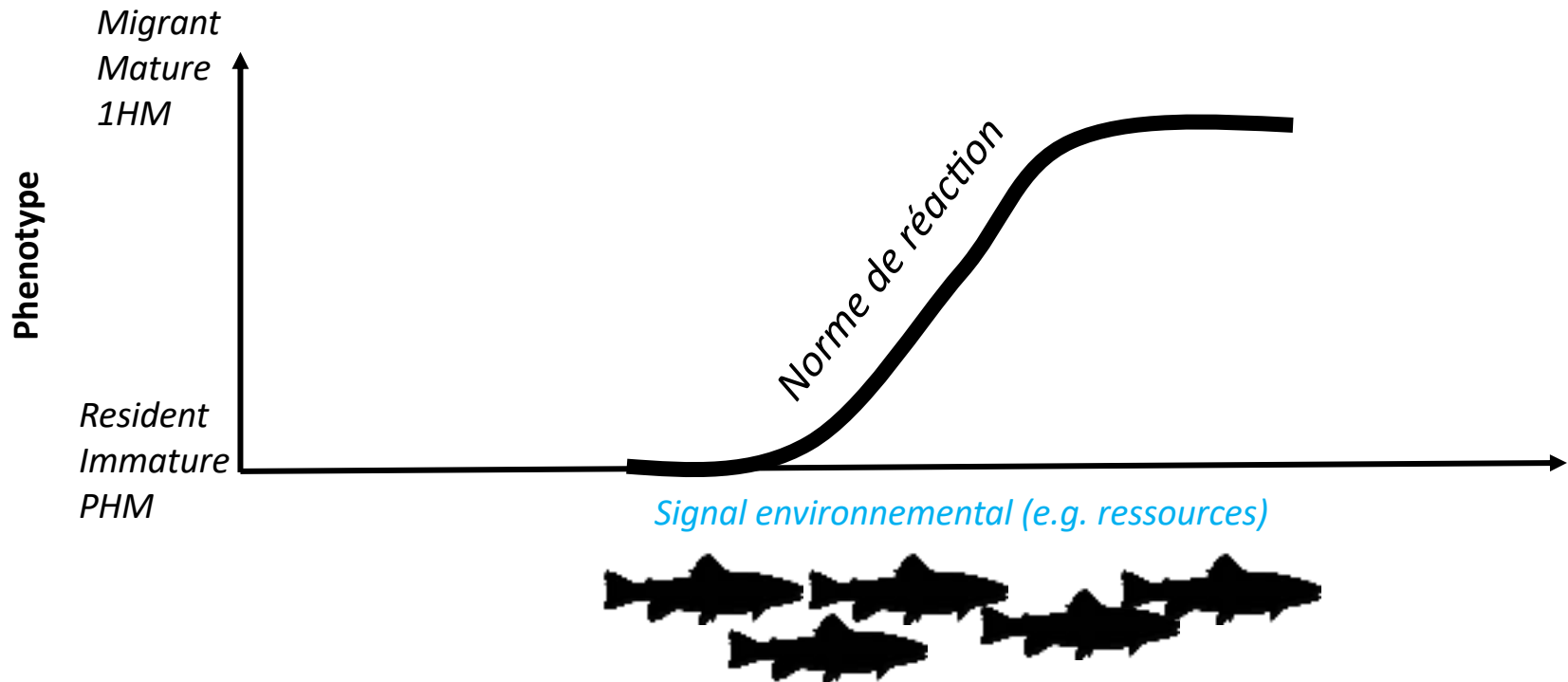


Original pic from <http://www.wiseass.org/>

# Comment les populations peuvent-elles s'adapter aux changements environnementaux?

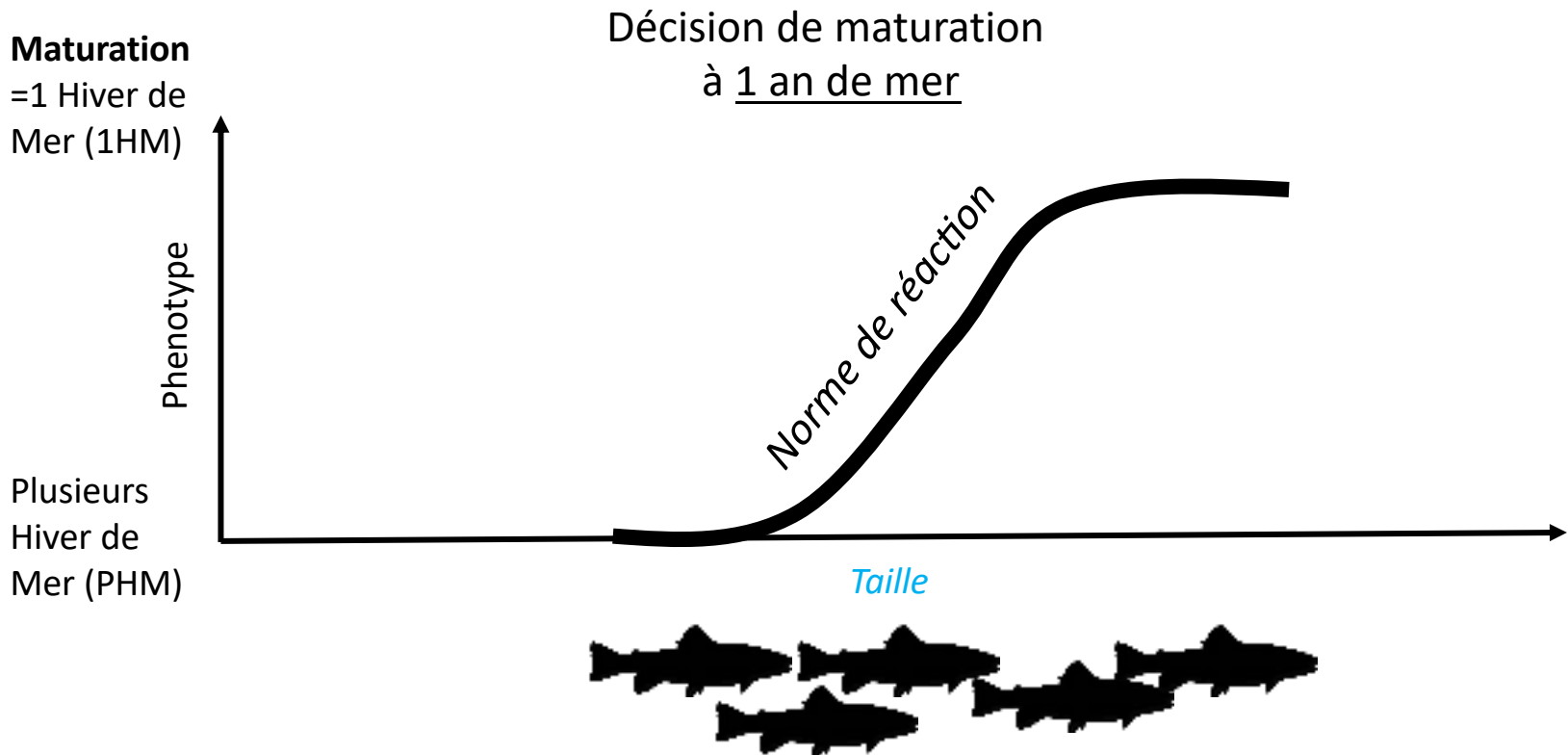
## 1. Accommodation/Plasticité phénotypique

- Comportement (refuge thermique,...)
- Histoires de vie (phénologie, migration/maturation)



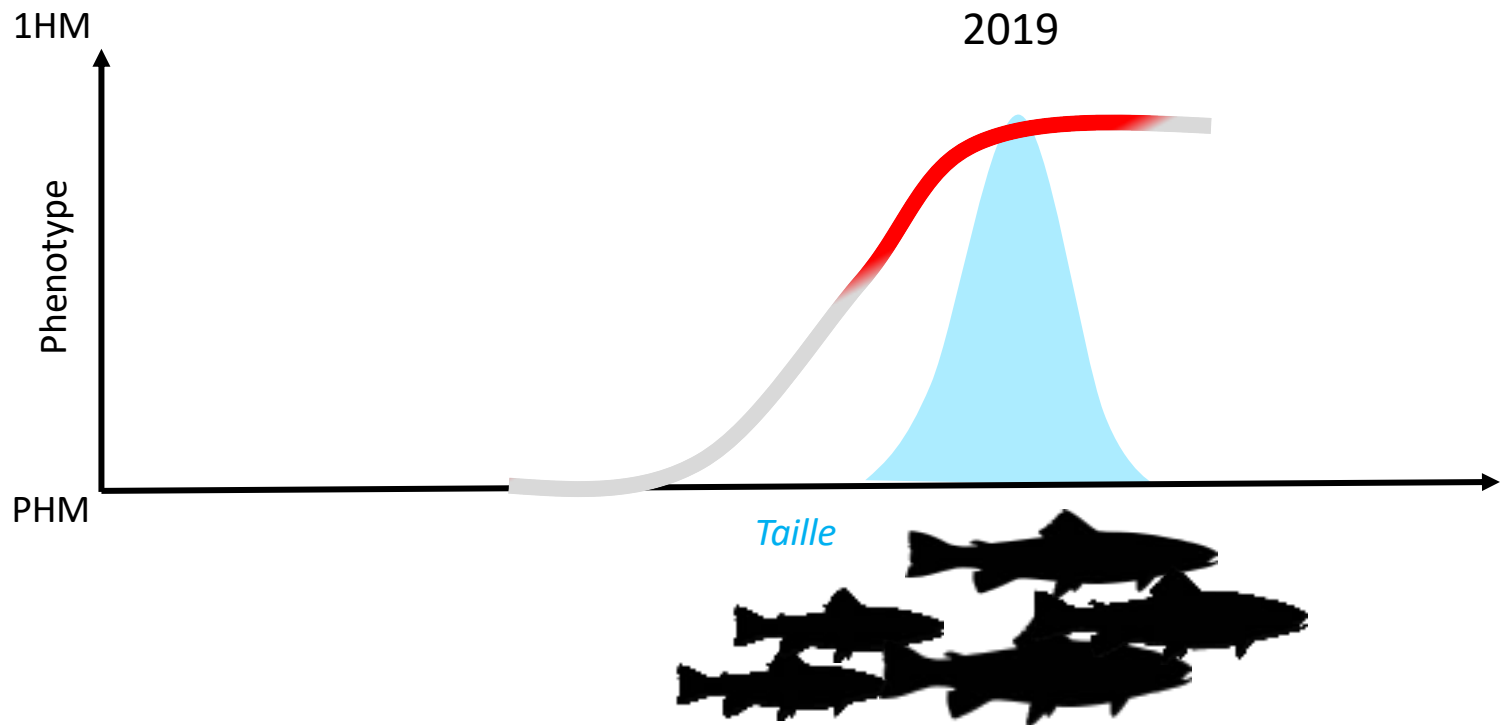
# Comment les populations peuvent-elles s'adapter aux changements environnementaux?

## 1. Accommodation/Plasticité phénotypique



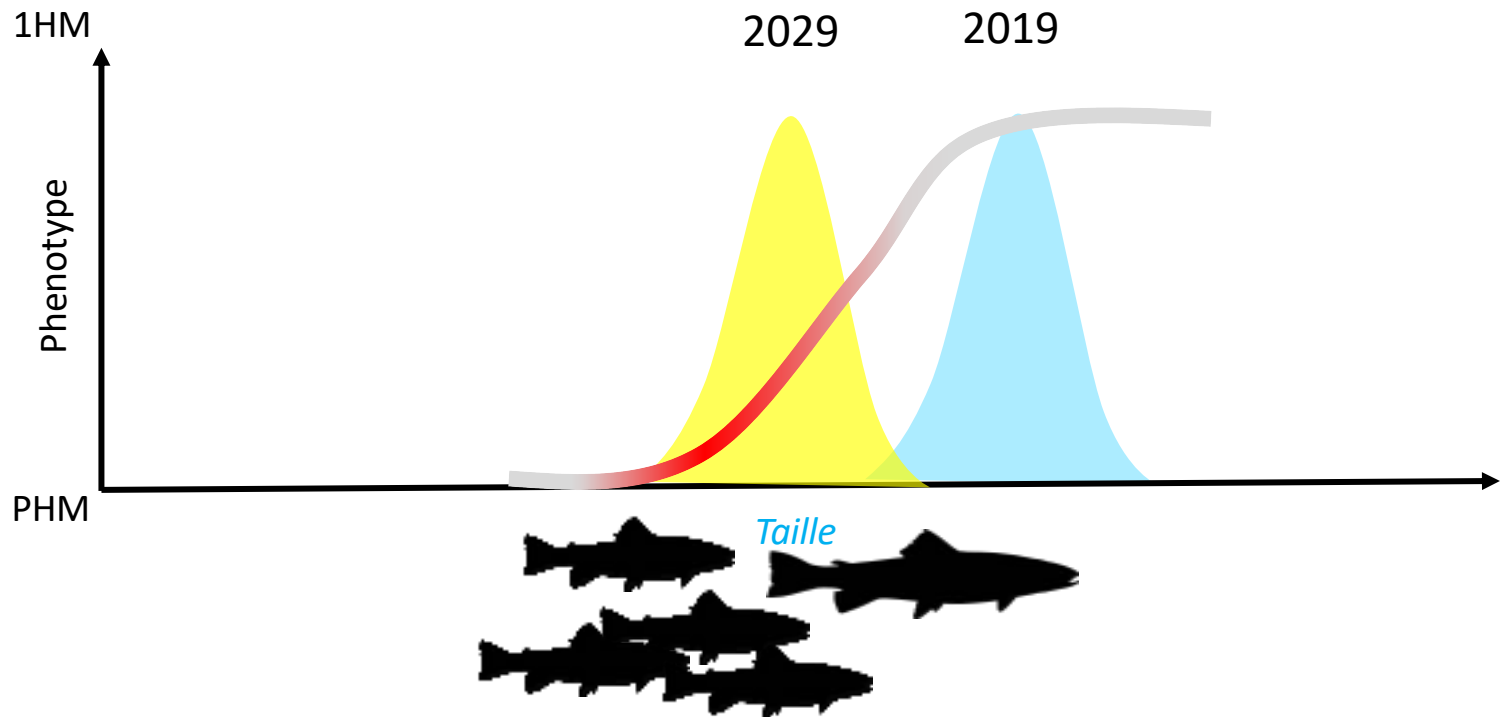
# Comment les populations peuvent-elles s'adapter aux changements environnementaux?

## 1. Accommodation/Plasticité phénotypique



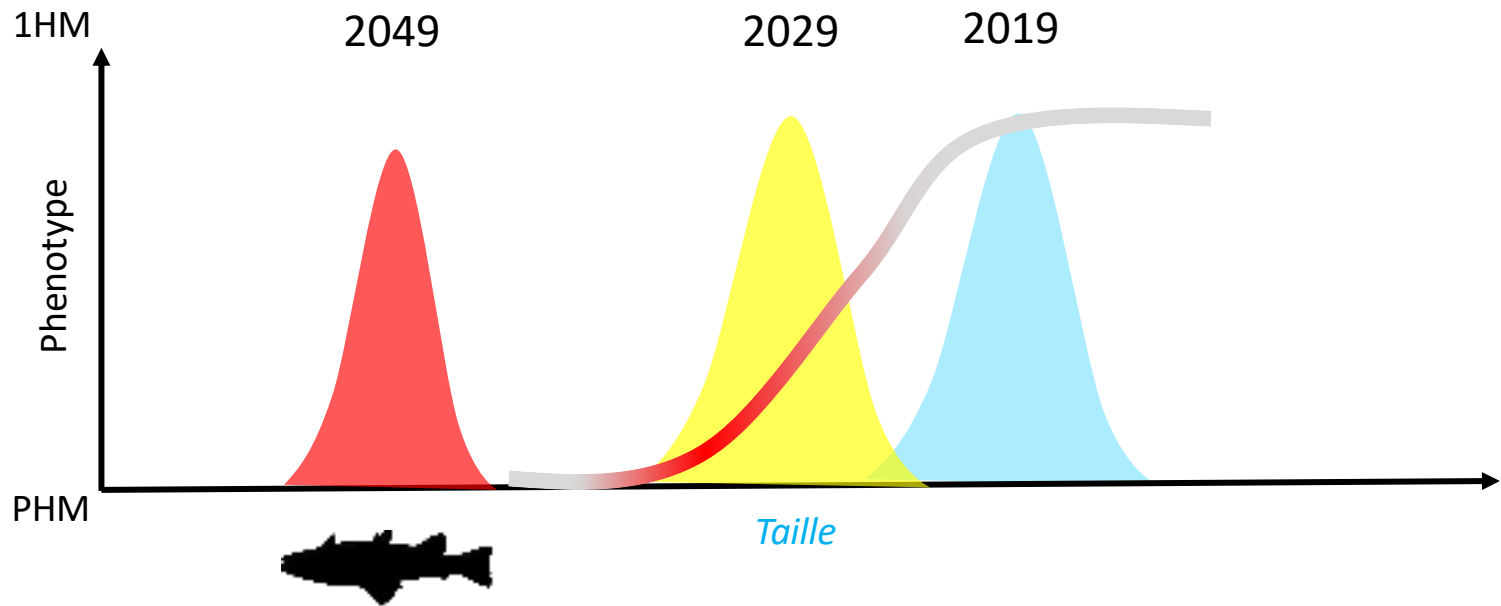
# Comment les populations peuvent-elles s'adapter aux changements environnementaux?

## 1. Accommodation/Plasticité phénotypique



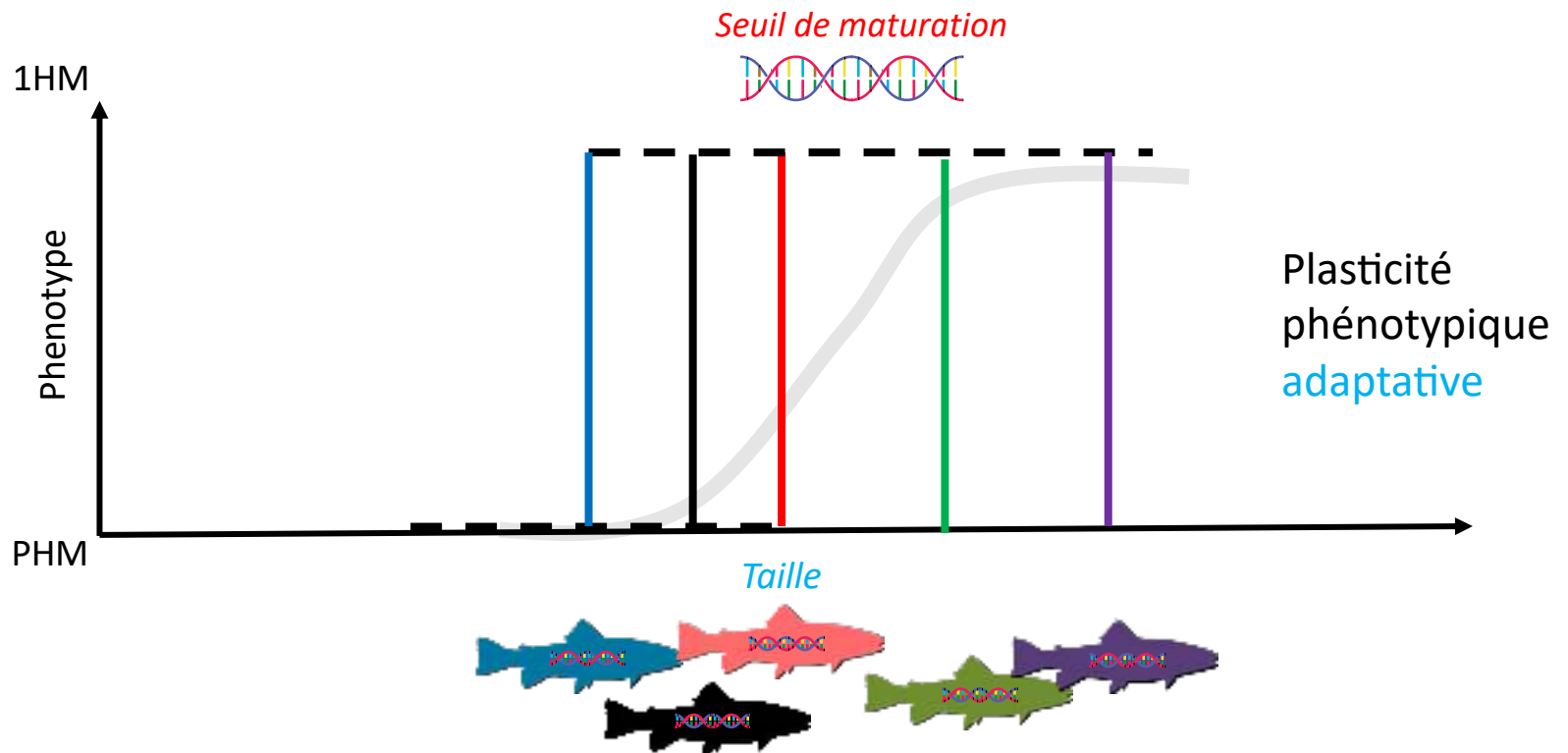
# Comment les populations peuvent-elles s'adapter aux changements environnementaux?

## 1. Accommodation/Plasticité phénotypique



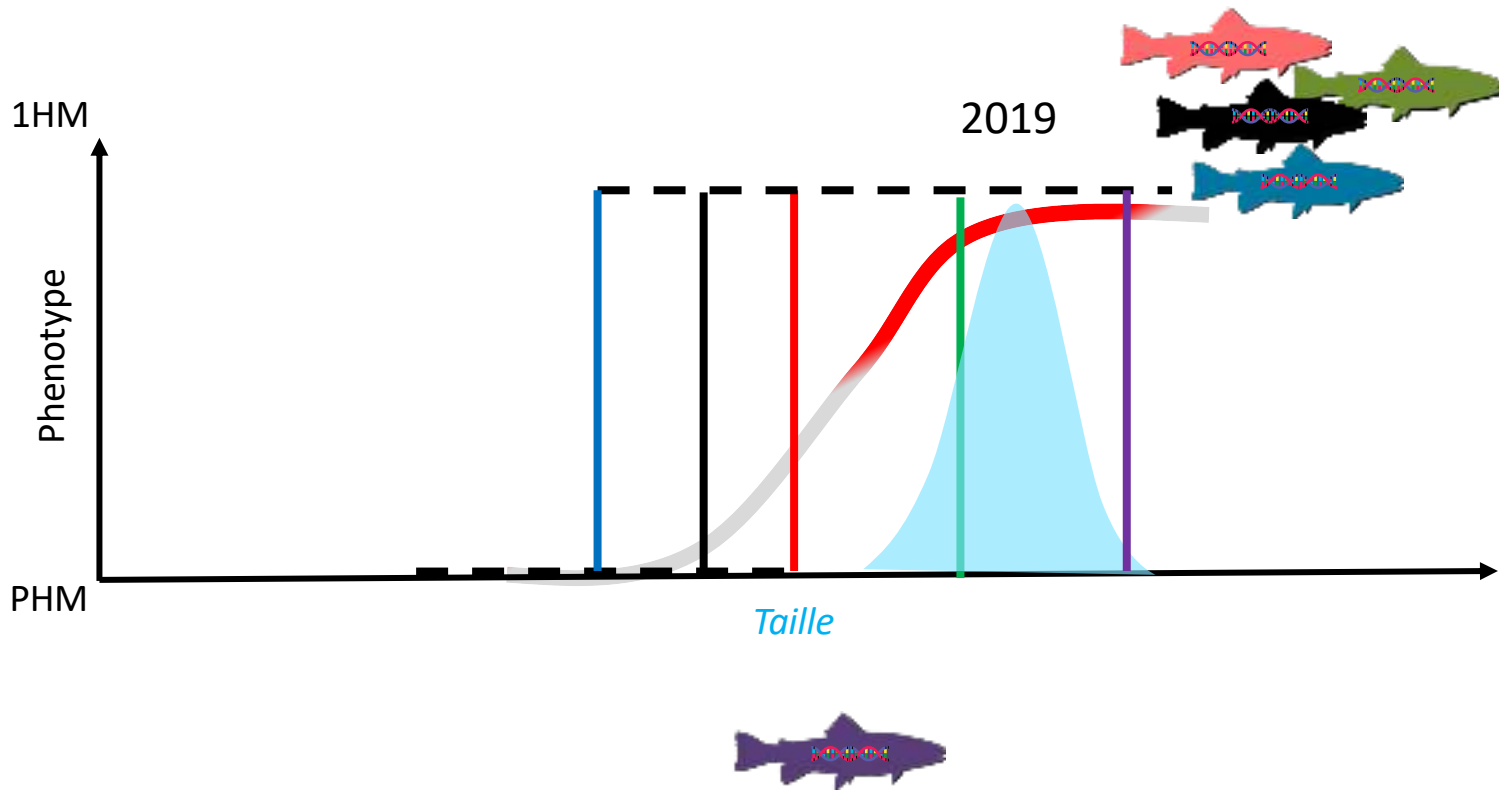
# Comment les populations peuvent-elles s'adapter aux changements environnementaux?

## 2. Adaptation génétique



# Comment les populations peuvent-elles s'adapter aux changements environnementaux?

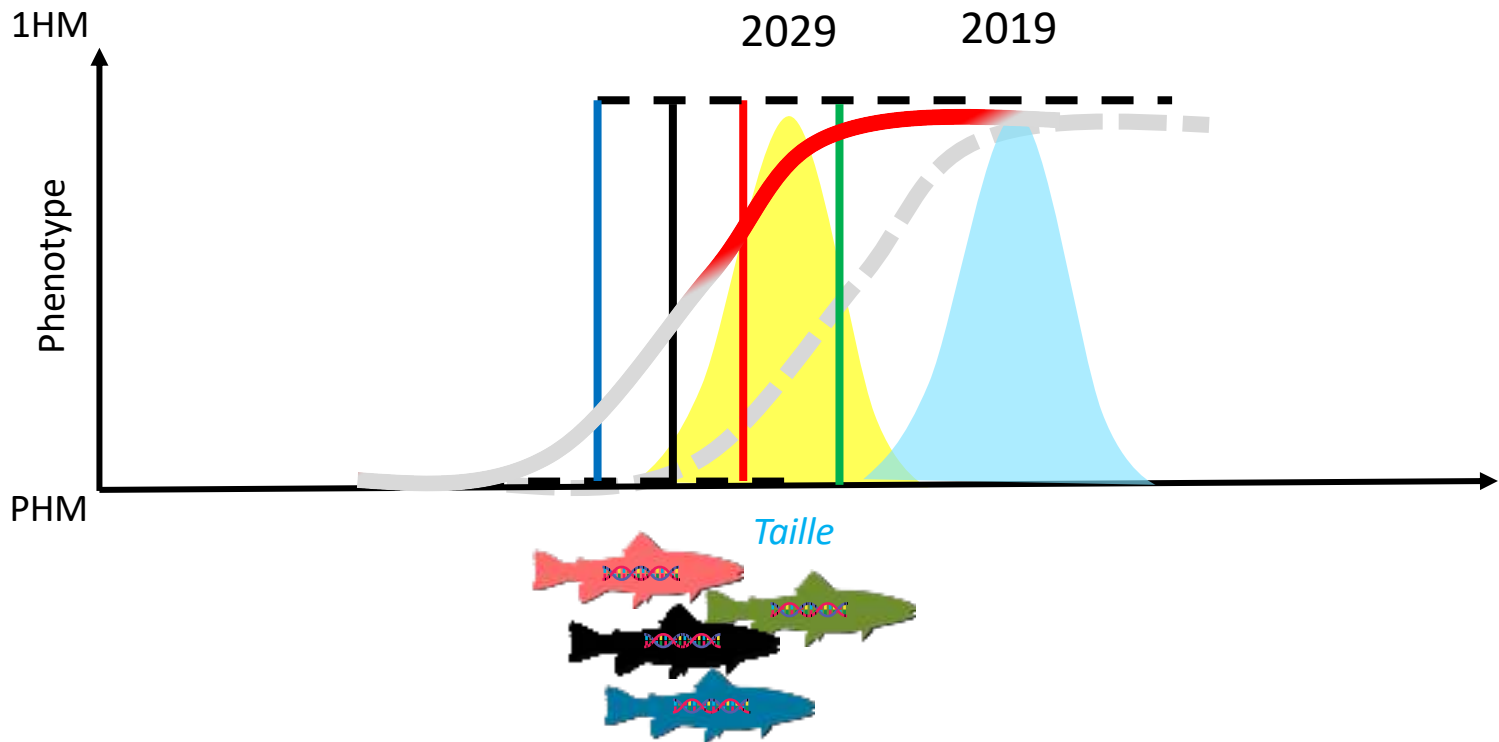
## 2. Adaptation génétique





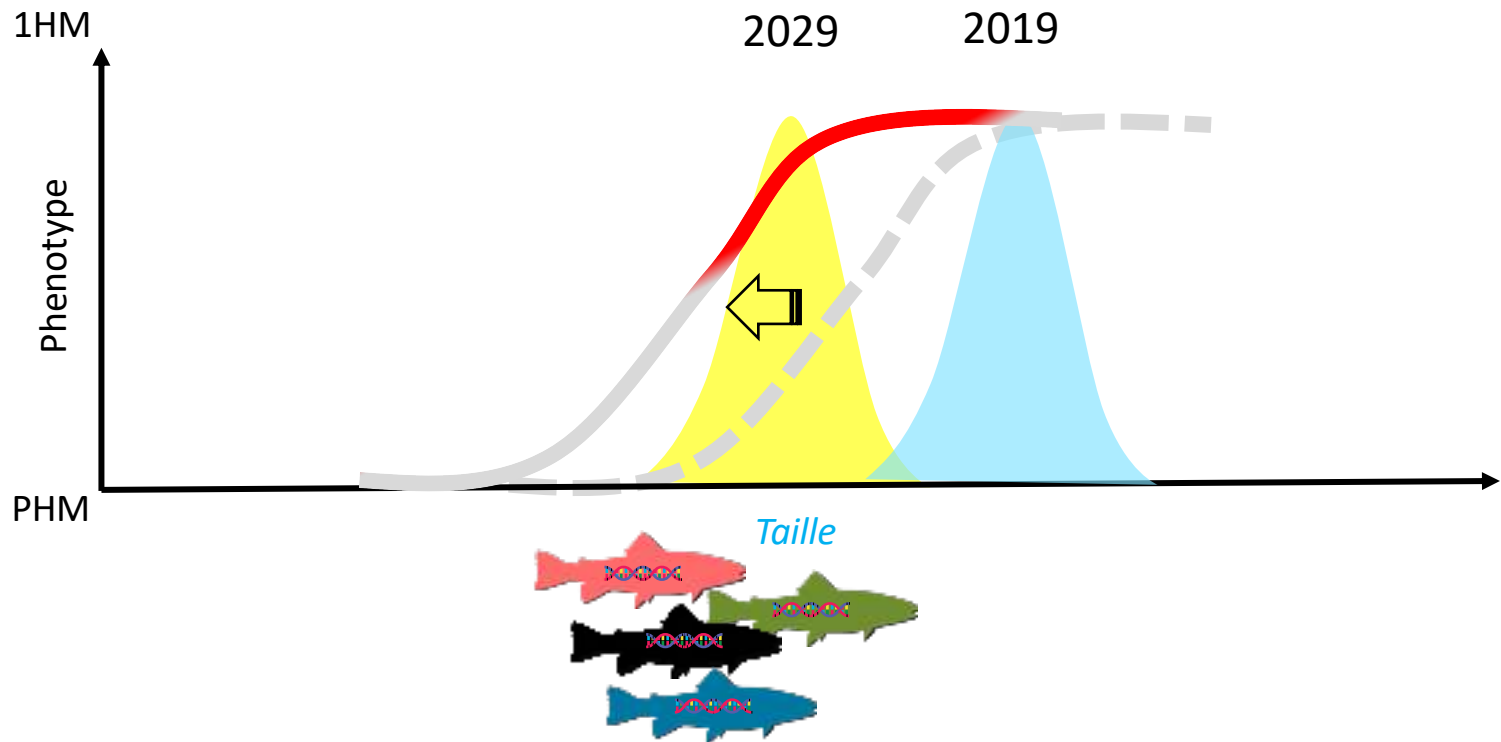
# Comment les populations peuvent-elles s'adapter aux changements environnementaux?

## 2. Adaptation génétique



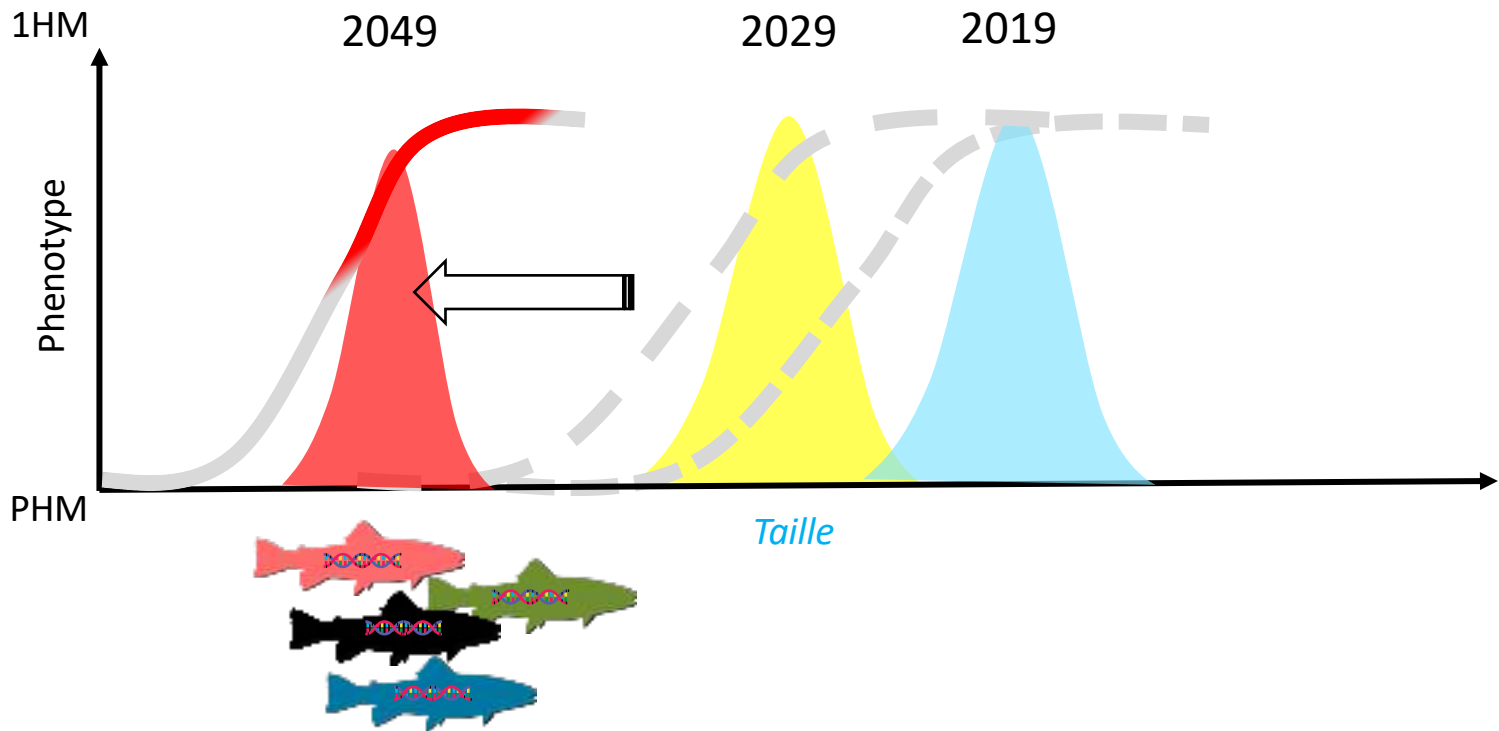
# Comment les populations peuvent-elles s'adapter aux changements environnementaux?

## 2. Adaptation génétique

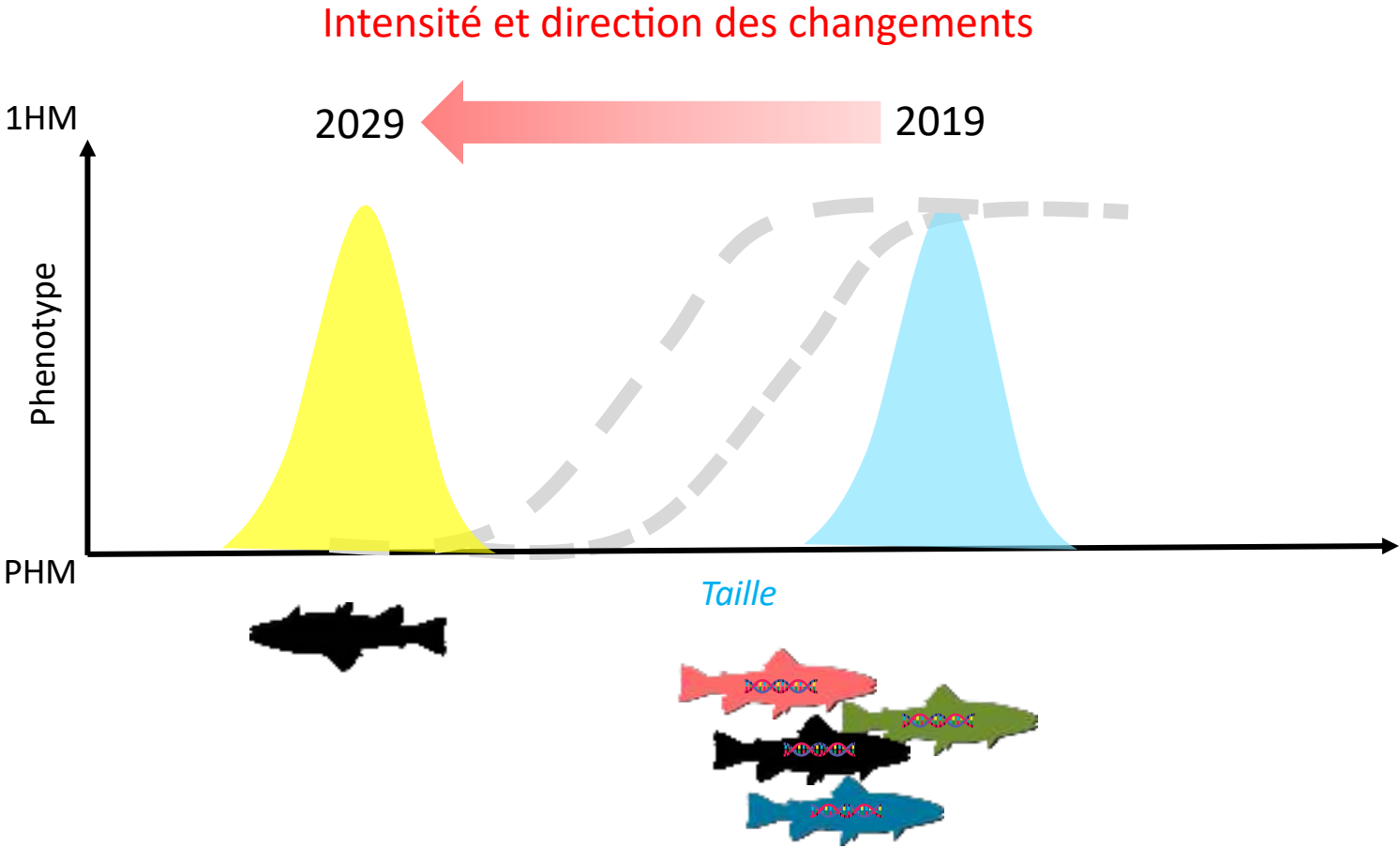


# Comment les populations peuvent-elles s'adapter aux changements environnementaux?

## 2. Adaptation génétique

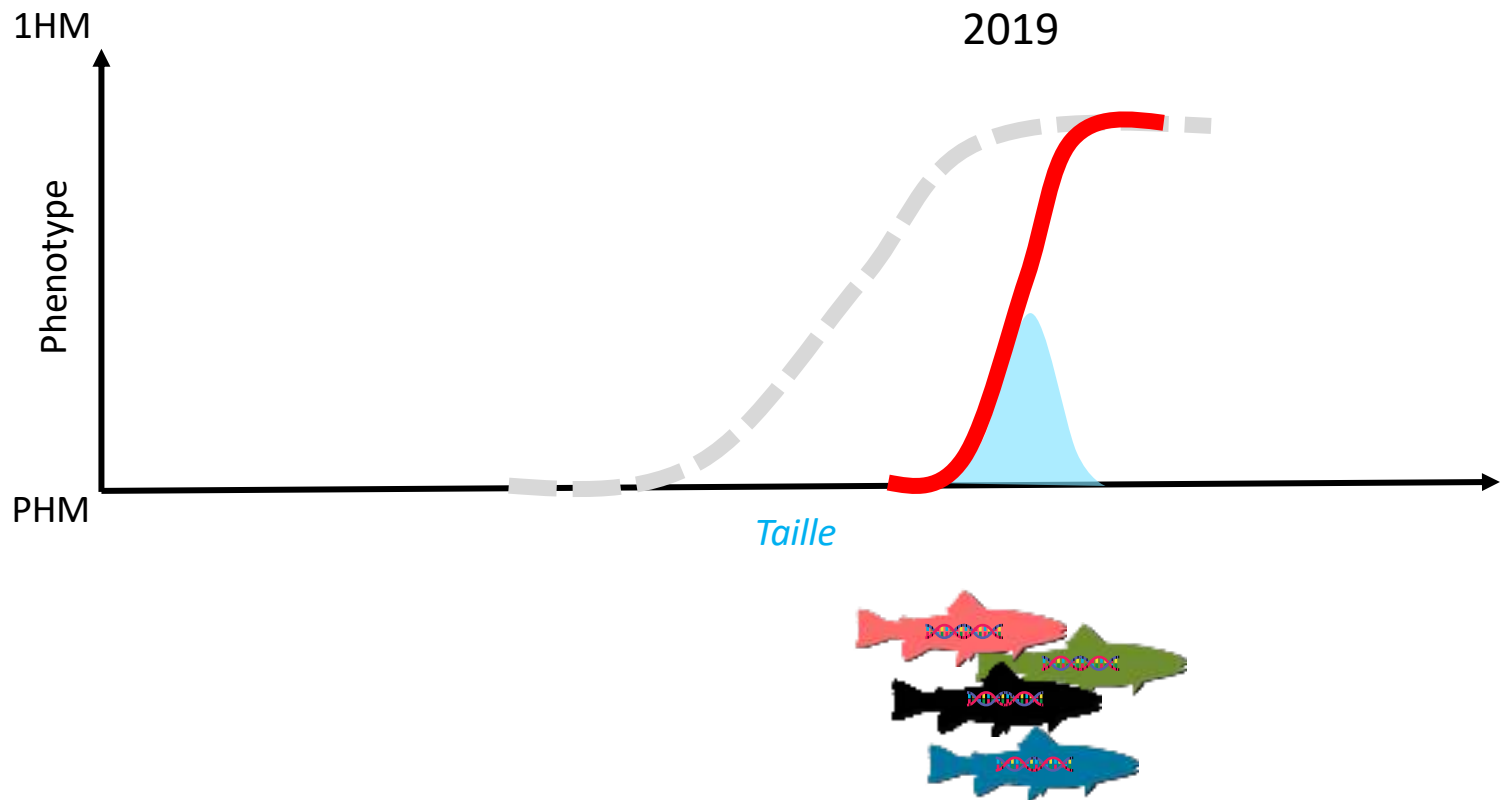


# Comment les populations peuvent-elles s'adapter aux changements environnementaux?

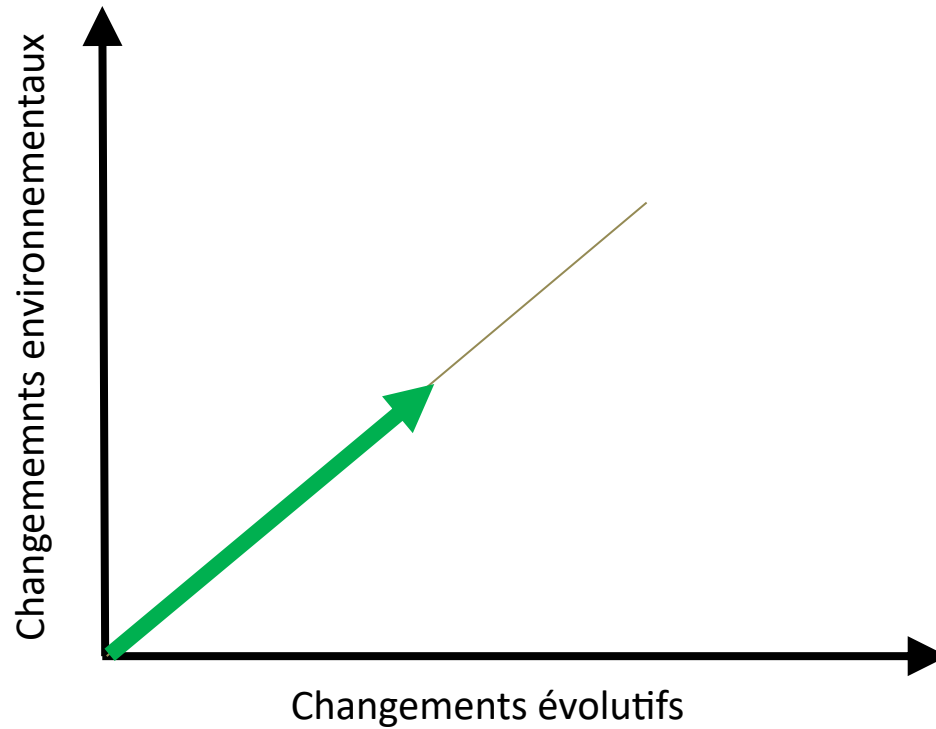


# Comment les populations peuvent-elles s'adapter aux changements environnementaux?

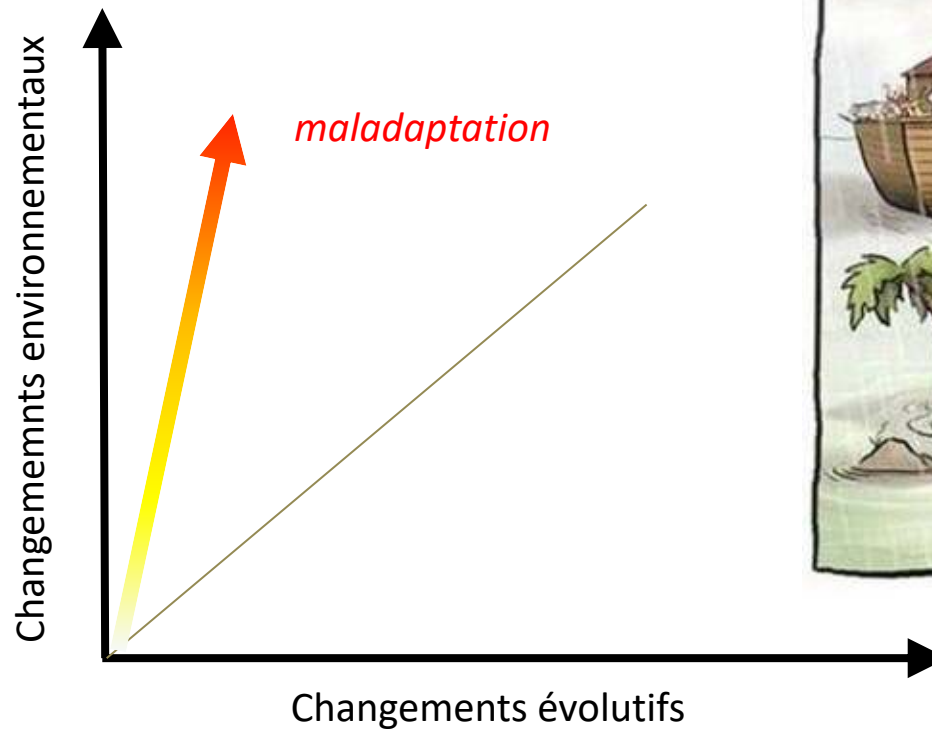
Erosion de la diversité génétique et phénotypique (e.g. pêche sélective)



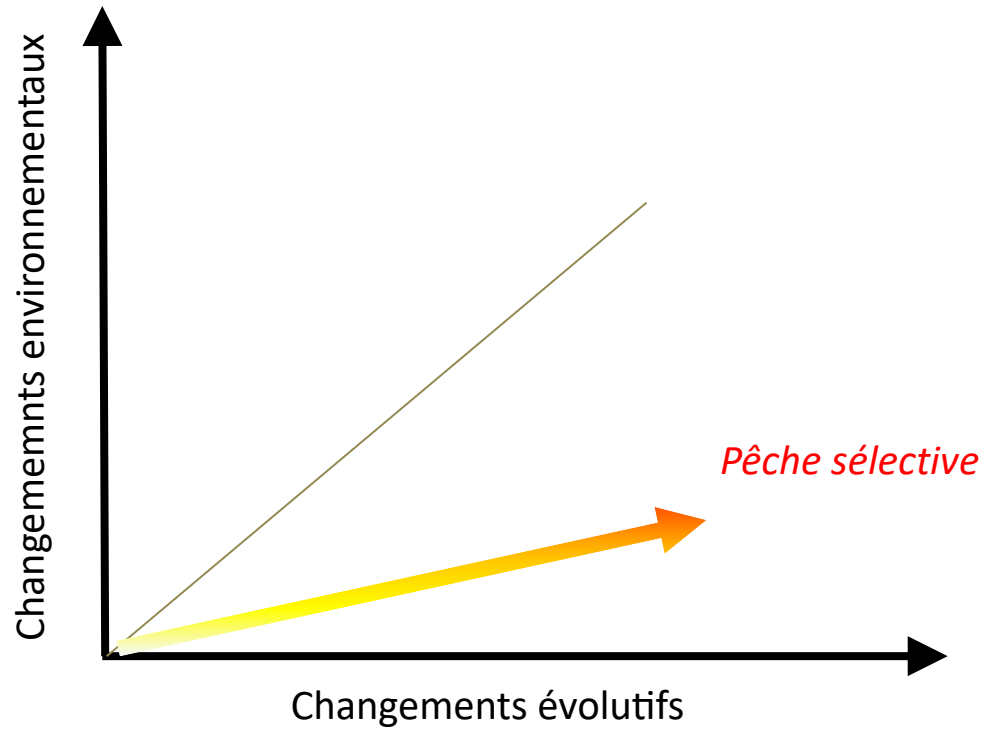
# Changements environnementaux & évolutifs



# Changements environnementaux & évolutifs

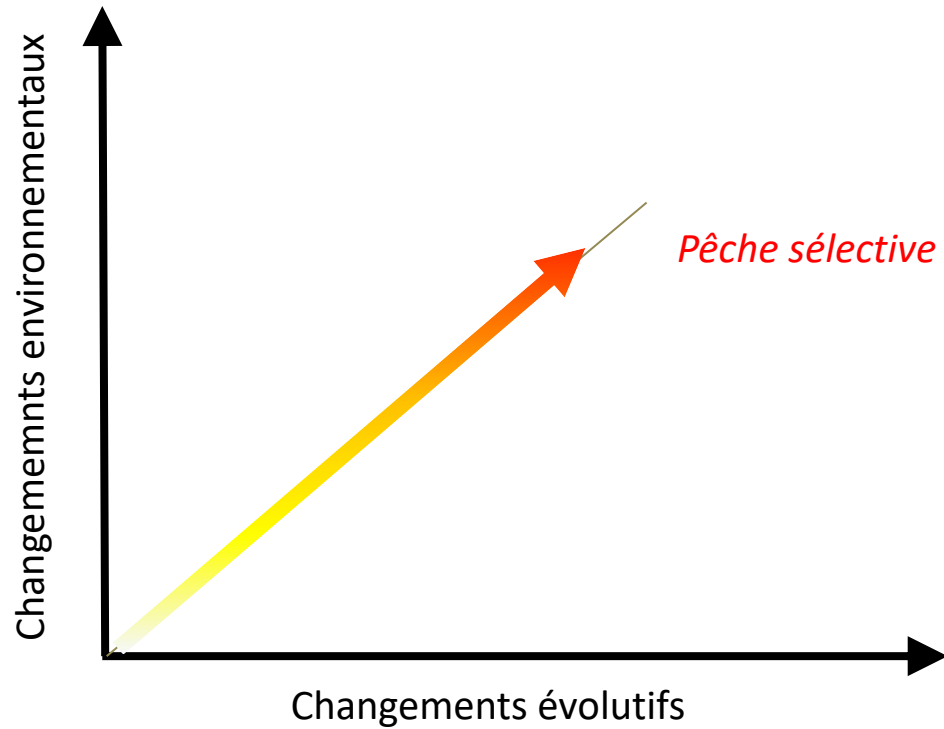


# Changements environnementaux & évolutifs



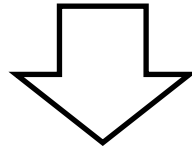


# Changements environnementaux & évolutifs

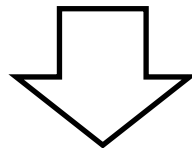


# Démographie évolutive

Réponse des populations face au CC dépend de nombreux mécanismes éco-évolutifs peu ou mal connus, d'interactions complexes entre traits d'histoire de vie, des contraintes écologiques et évolutives, et vitesse/direction des pressions sélectives qu'elles subissent



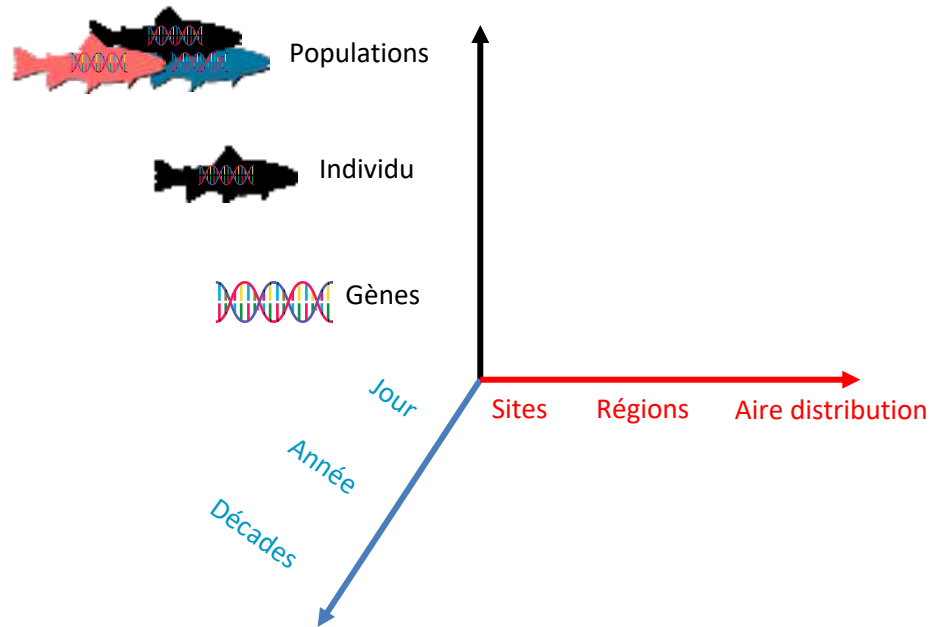
**Prédiction**



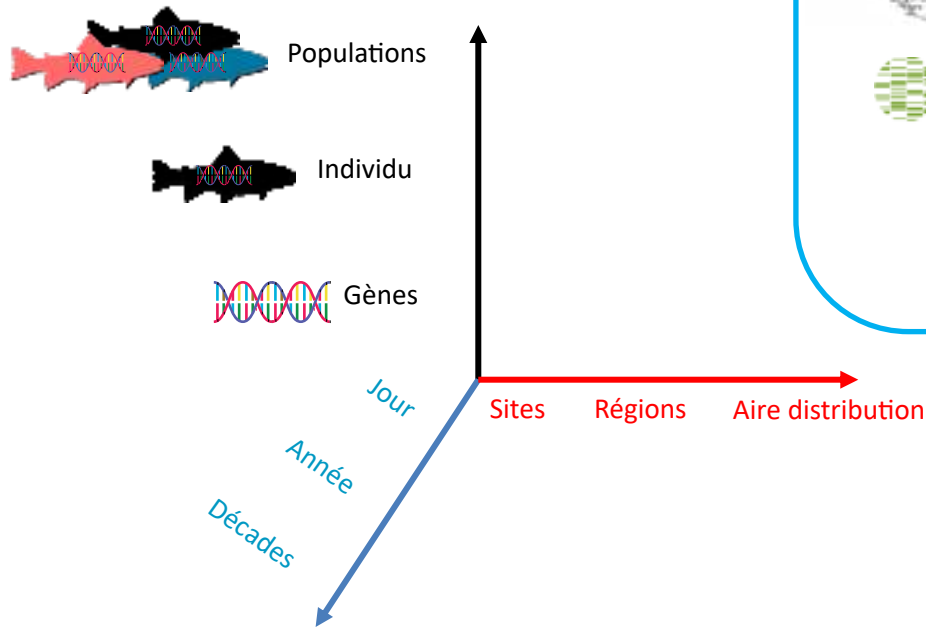
**Prospectives**

(Sur la base des connaissances disponibles)

# Acquisition des connaissances



# Acquisition des connaissances



## Diadromous Fish in Coastal Rivers Observatory (ORE-DiaPFC)



AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ  
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT



# Acquisition des connaissances

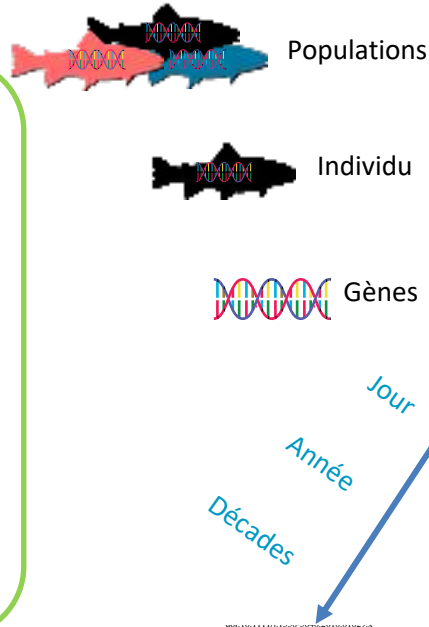
## SCIENTIFIC REPORTS

**OPEN** Genetic architecture of threshold reaction norms for male alternative reproductive tactics in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.)

Received: 29 September 2016  
Accepted: 20 January 2017  
Published: 10 March 2017

Olivier Lepais, Aurélie Manicki, Stéphane Gise, Mathieu Buoro & Agnès Bardonnat

## Gènes & Expression



## SalmoClim INRA-ACCAF



**SALMOCLIM**  
Survival cost of growth in a changing climate: evidence, consequences and opportunities for wild Atlantic salmon adaptation

**ACCAF metaprogramme**  
Final report: results for the period 2013 – 2016  
English version



January 2018

## Diadromous Fish in Coastal Rivers Observatory (ORE-DiaPFC)



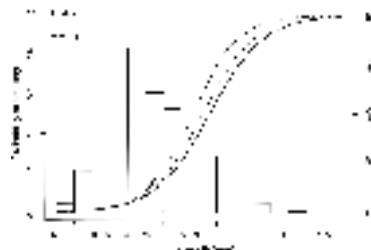
AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ  
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT



## INVESTIGATING EVOLUTIONARY TRADE-OFFS IN WILD POPULATIONS OF ATLANTIC SALMON (*SALMO SALAR*): INCORPORATING DETECTION PROBABILITIES AND INDIVIDUAL HETEROGENEITY

Mathieu Buoro,<sup>1,2,3</sup> Etienne Prévost,<sup>2,4,5</sup> and Olivier Gimenez<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Centre d'Ecologie Evolutive et Fonctionnelle, UMR 5175 CNRS, UMR 5175 CNRS, UMR 5175 CNRS de Montpellier



# Intégration des connaissances

## SCIENTIFIC REPORTS

OPEN

Genetic architecture of threshold reaction norms for male alternative reproductive tactics in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.)

Received: 29 September 2016  
Accepted: 20 January 2017  
Published: 10 March 2017

Olivier Lepais, Aurélie Manicki, Stéphane Gise, Mathieu Buoro & Agnès Bardonnet

## Gènes & Expression



## Diadromous Fish in Coastal Rivers Observatory (ORE-DiaPFC)



AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ  
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT



## SalmoClim INRA-ACCAF



### SALMOCLIM

Survival cost of growth in a changing climate: evidence, consequences and opportunities for wild Atlantic salmon adaptation

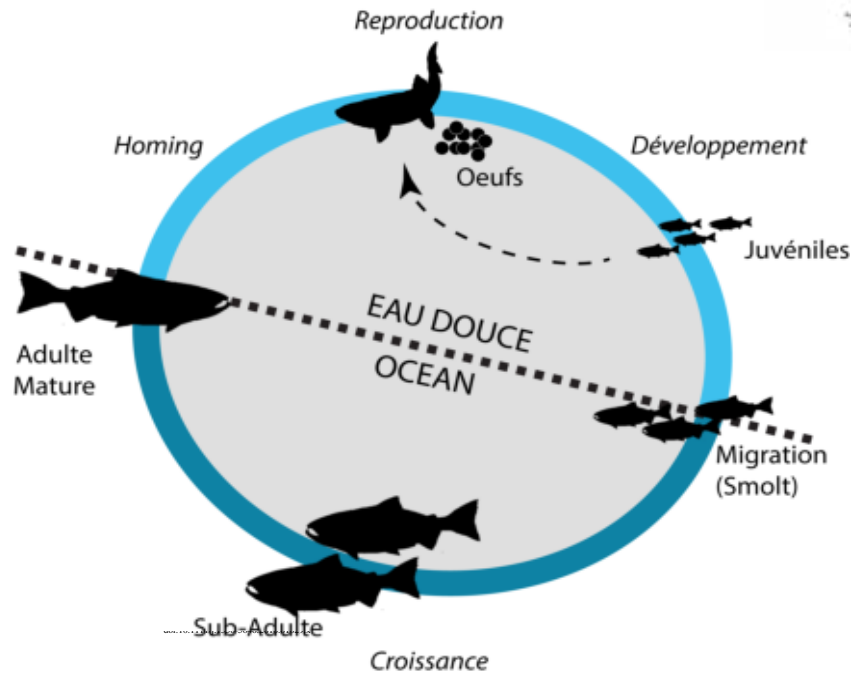
ACCAF metaprogramme

Final report: results for the period 2013 – 2016

English version



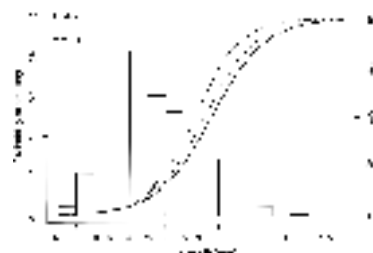
January 2018



## INVESTIGATING EVOLUTIONARY TRADE-OFFS IN WILD POPULATIONS OF ATLANTIC SALMON (*SALMO SALAR*): INCORPORATING DETECTION PROBABILITIES AND INDIVIDUAL HETEROGENEITY

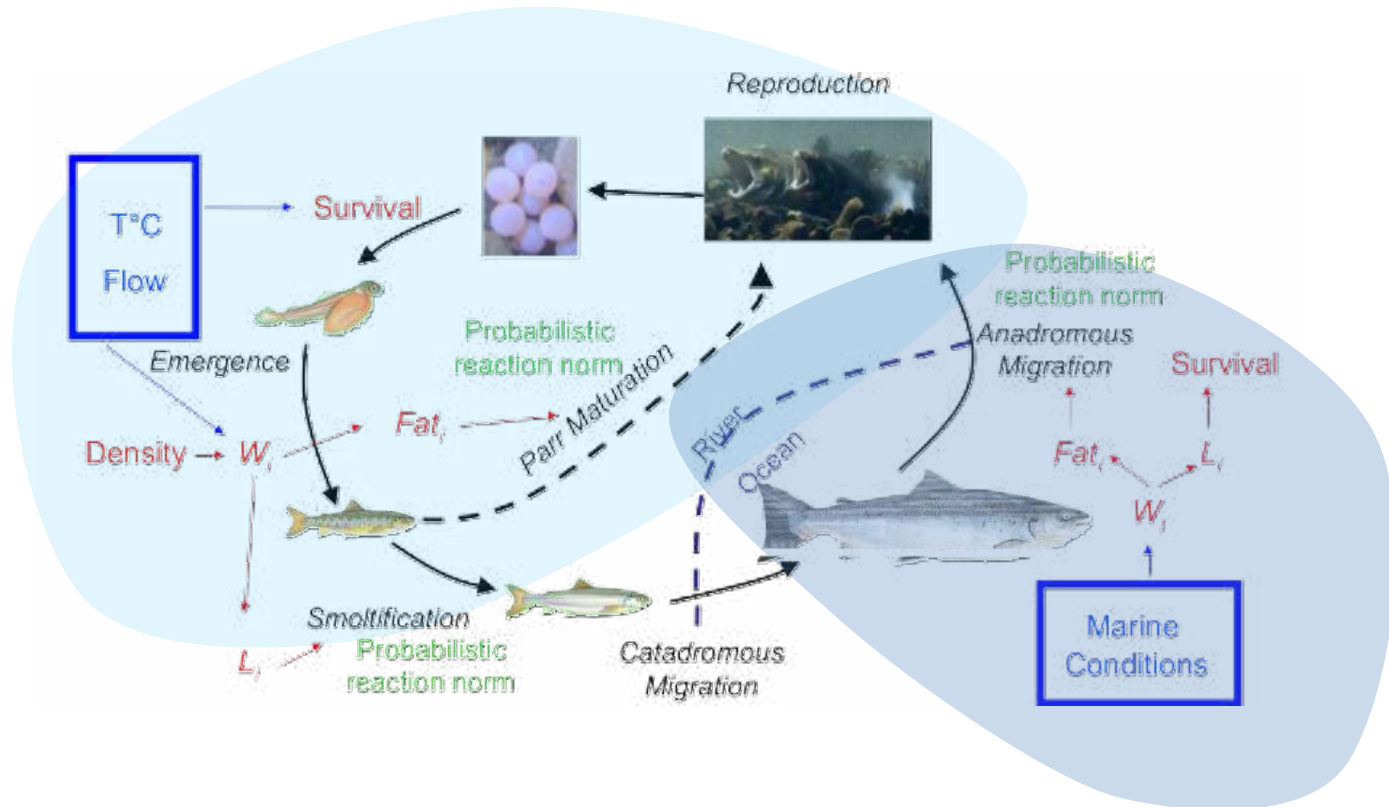
Mathieu Buoro,<sup>1,2,3</sup> Etienne Prévost,<sup>2,4,5</sup> and Olivier Gimenez<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Centre d'Ecologie Evolutive et Fonctionnelle, UMR 5175 CNRS, 280 rue de St Mandé

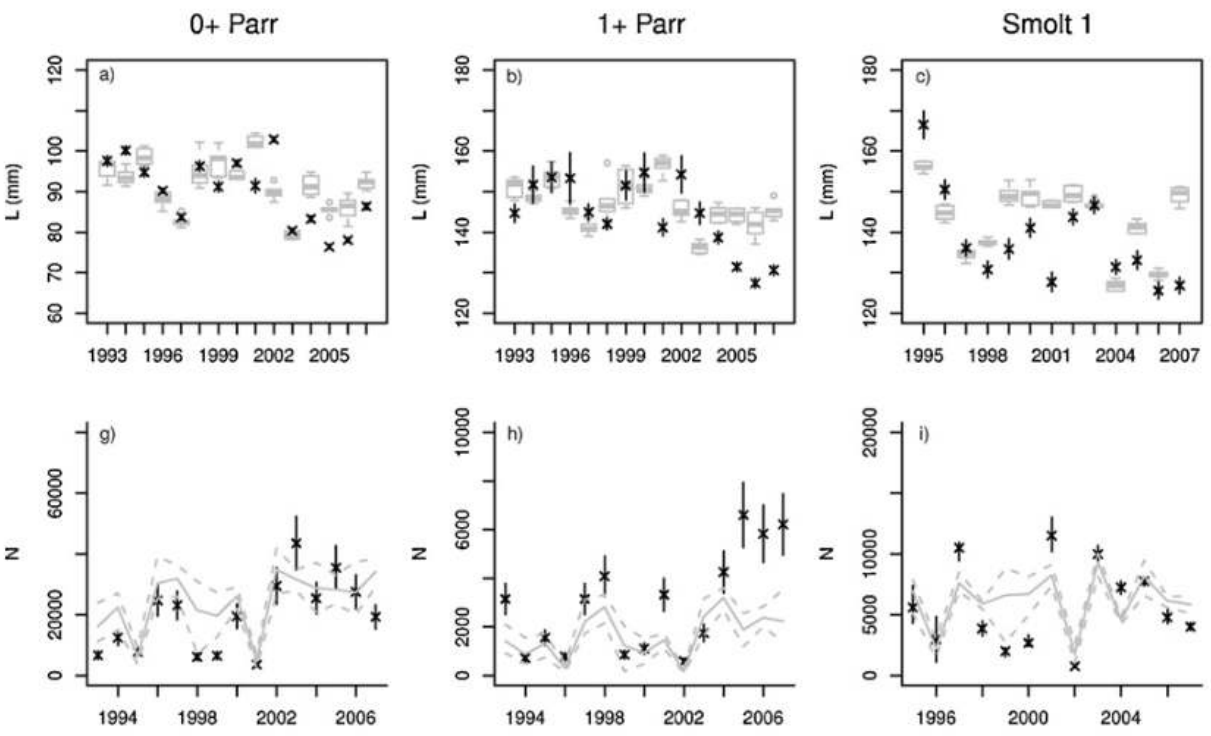


# Experimentations *in silico* – populations virtuelles

Individual Based demo-genetic Atlantic Salmon Model



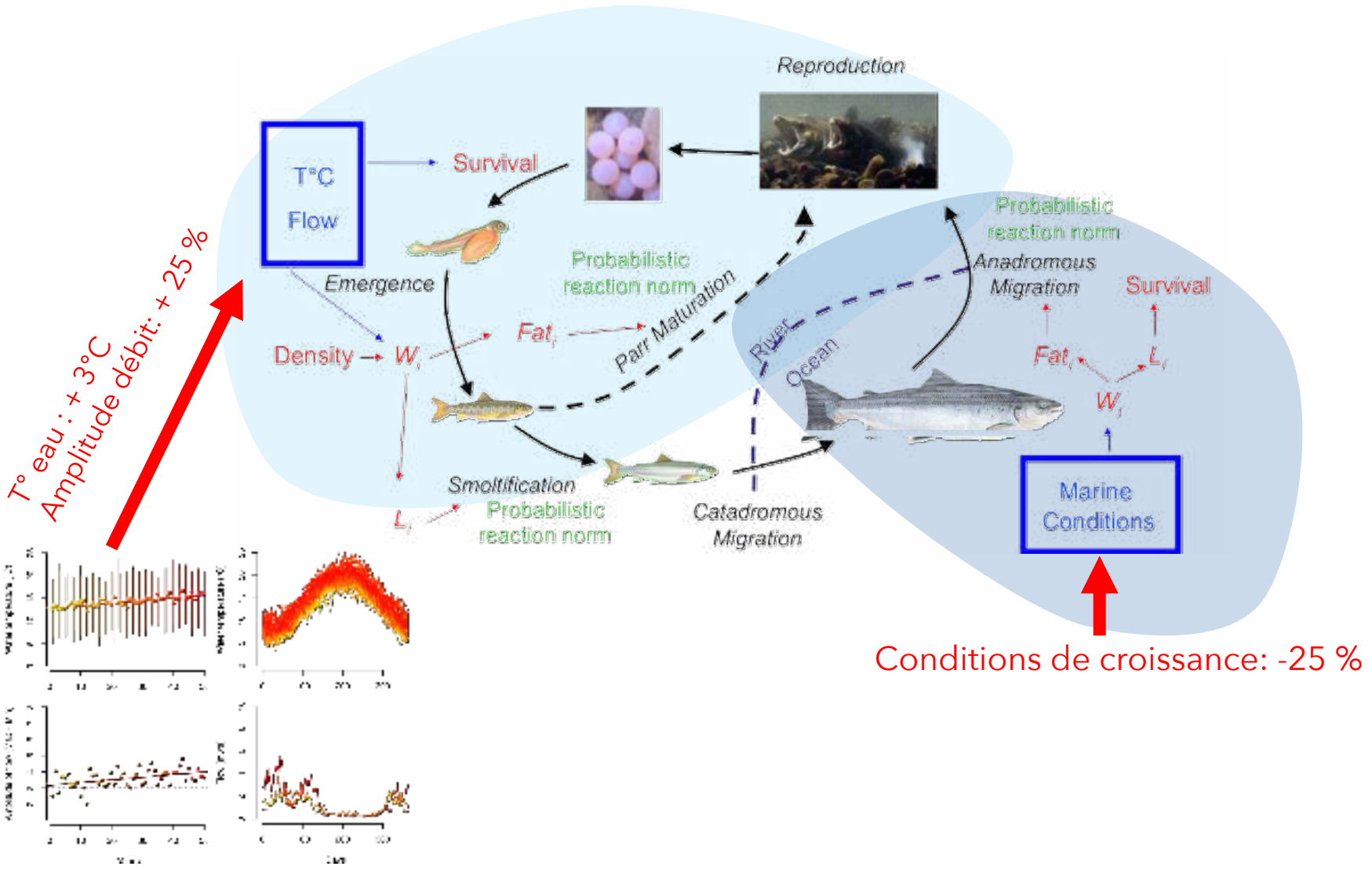
# Experimentations *in silico* – populations virtuelles



Simulations (gris)  
 Observations du Scorff (noir)

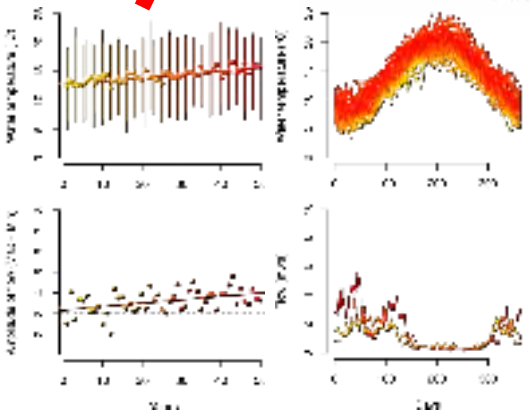
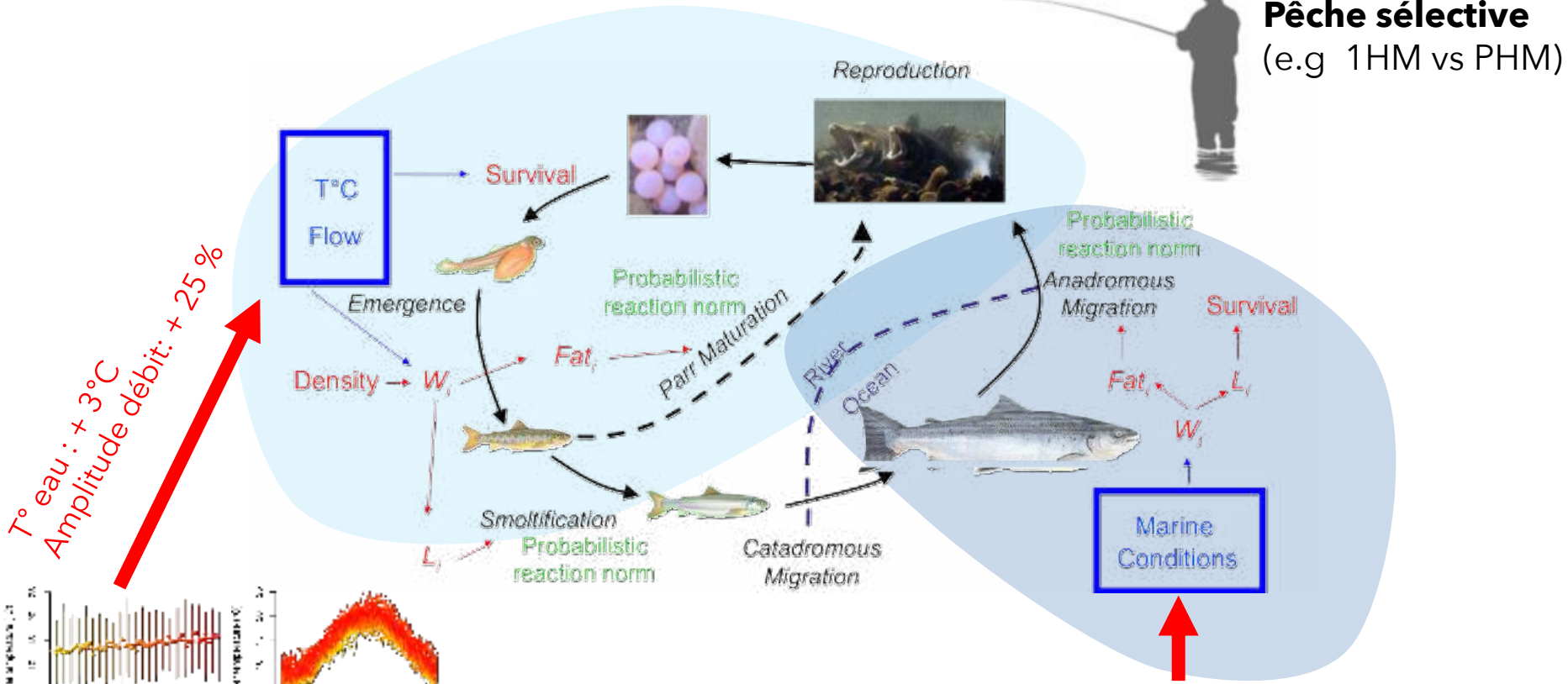


# Experimentations *in silico* – populations virtuelles



# Experimentations *in silico* – populations virtuelles

**Pêche sélective**  
(e.g 1HM vs PHM)

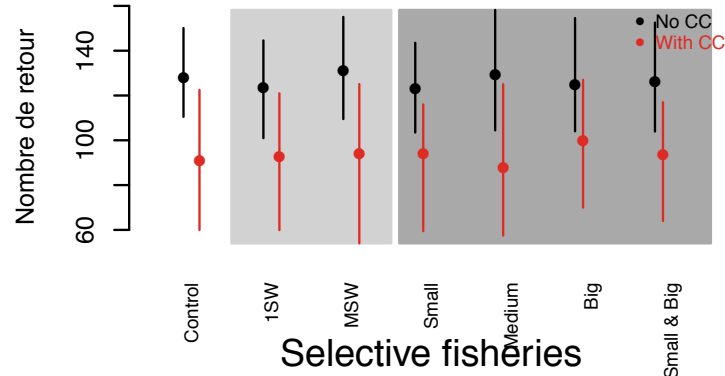
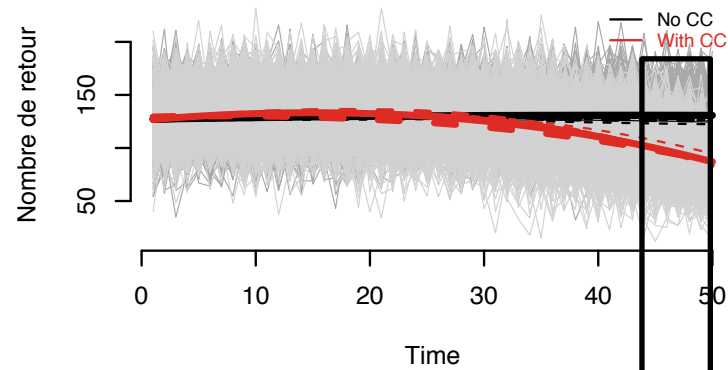


Conditions de croissance: -25 %

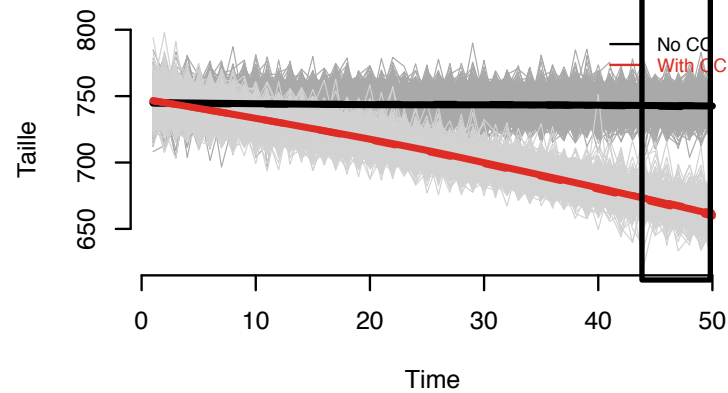
$T^\circ \text{ eau} : + 3^\circ C$   
Amplitude débit: + 25 %

# Prospective : Impacts du changement climatique et exploitation sélective

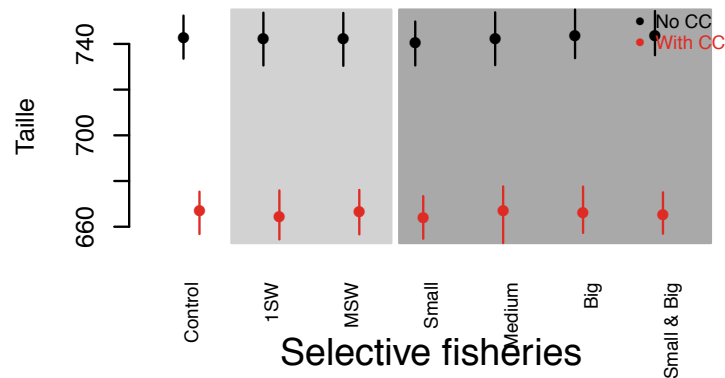
## DEMOGRAPHIE



Diminution des effectifs sous l'effet du CC

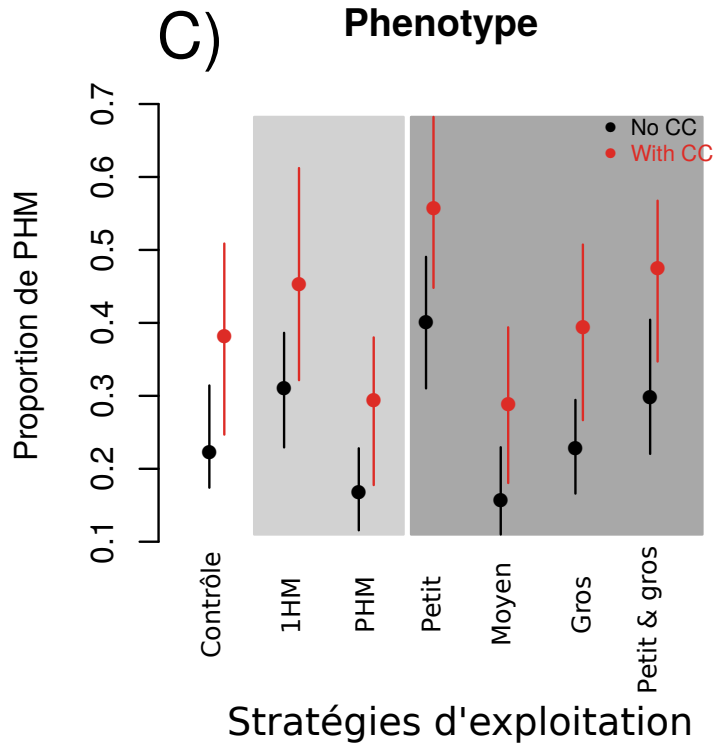


## PHENOTYPE

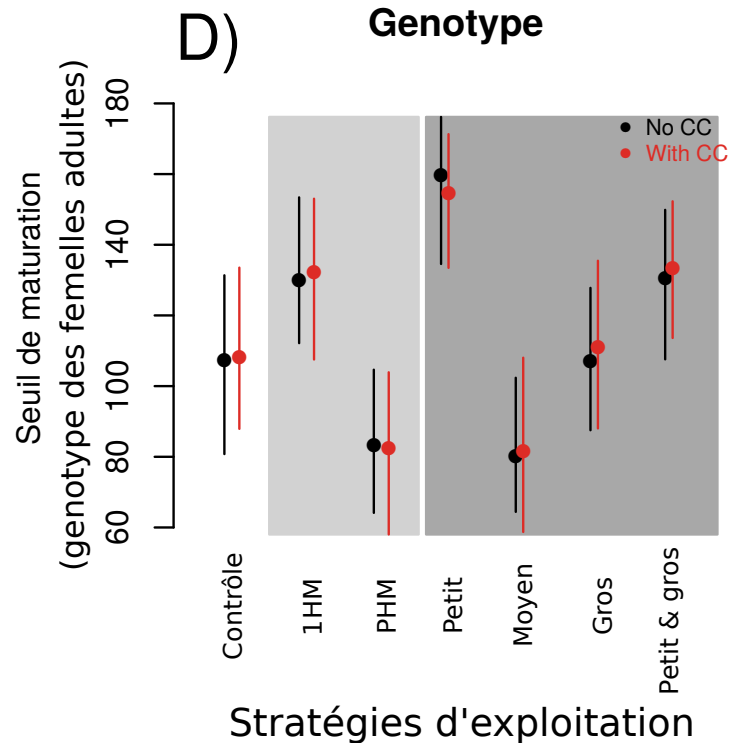


Diminution des tailles des anadromes sous l'effet du CC

# Prospective : Impacts du changement climatique et exploitation sélective



Changements dans la composition de la population sous les effets du **CC** et **pêche sélective**



Pas d'effet du **CC** mais changements génétique induits par la **pêche sélective** (sélection contre les PHM)

# Comment les populations peuvent-elles s'adapter aux changements environnementaux?

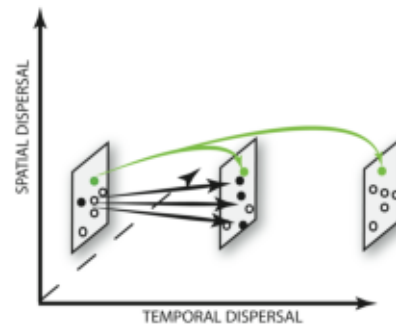
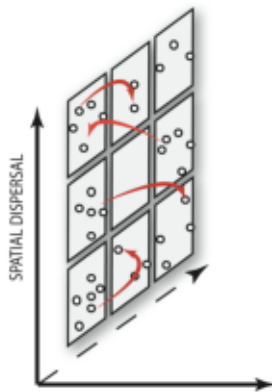
## 1. Accommodation/Plasticité phénotypique

- Comportement (refuge thermique,...)
- Histoires de vie (phénologie, migration/maturation)

## 2. Adaptation génétique

## 3. Dispersion

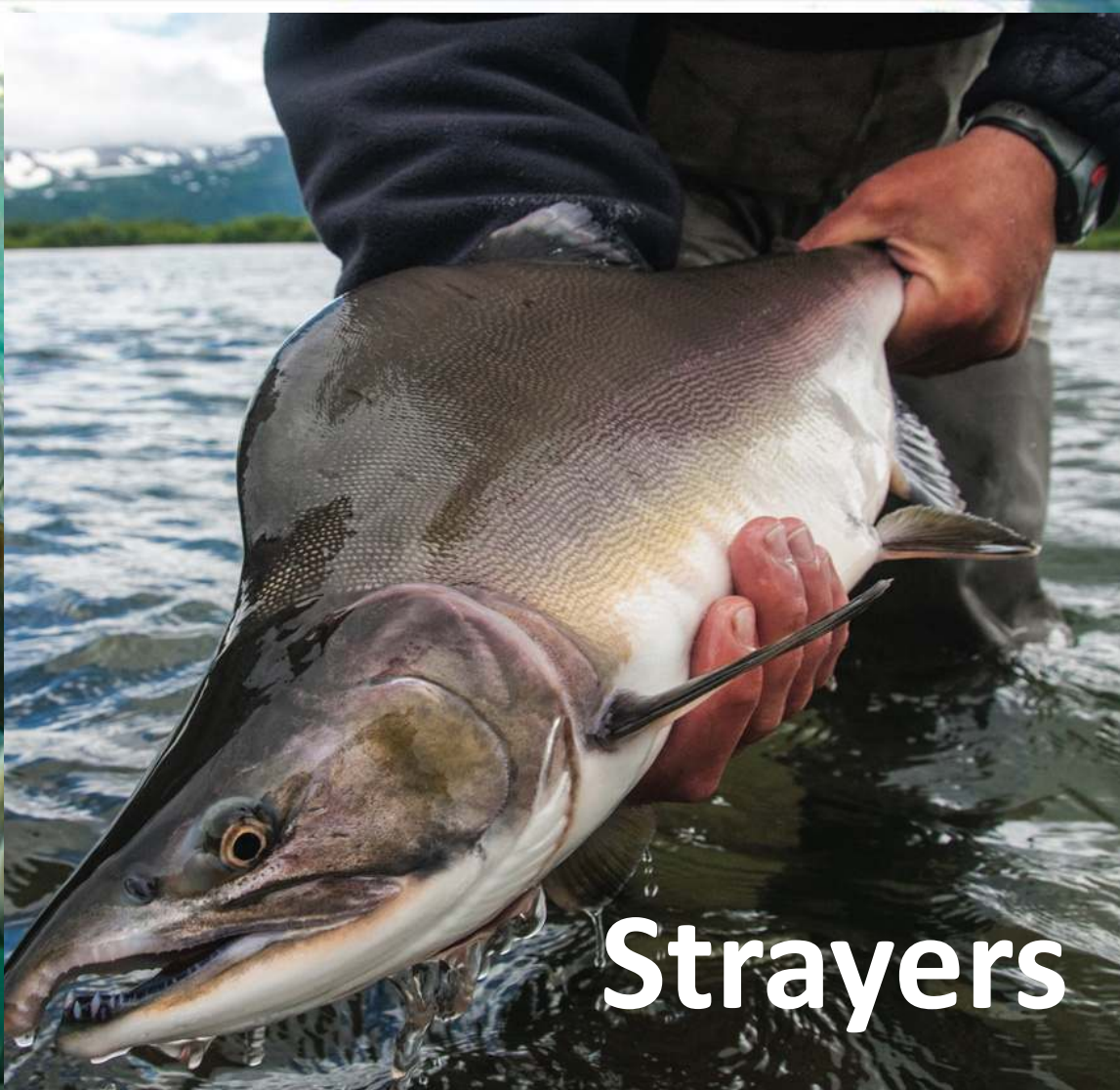
- Migration vers une autre population
- Spatiale et temporelle (structure en âge, itéroparité)



# Homing



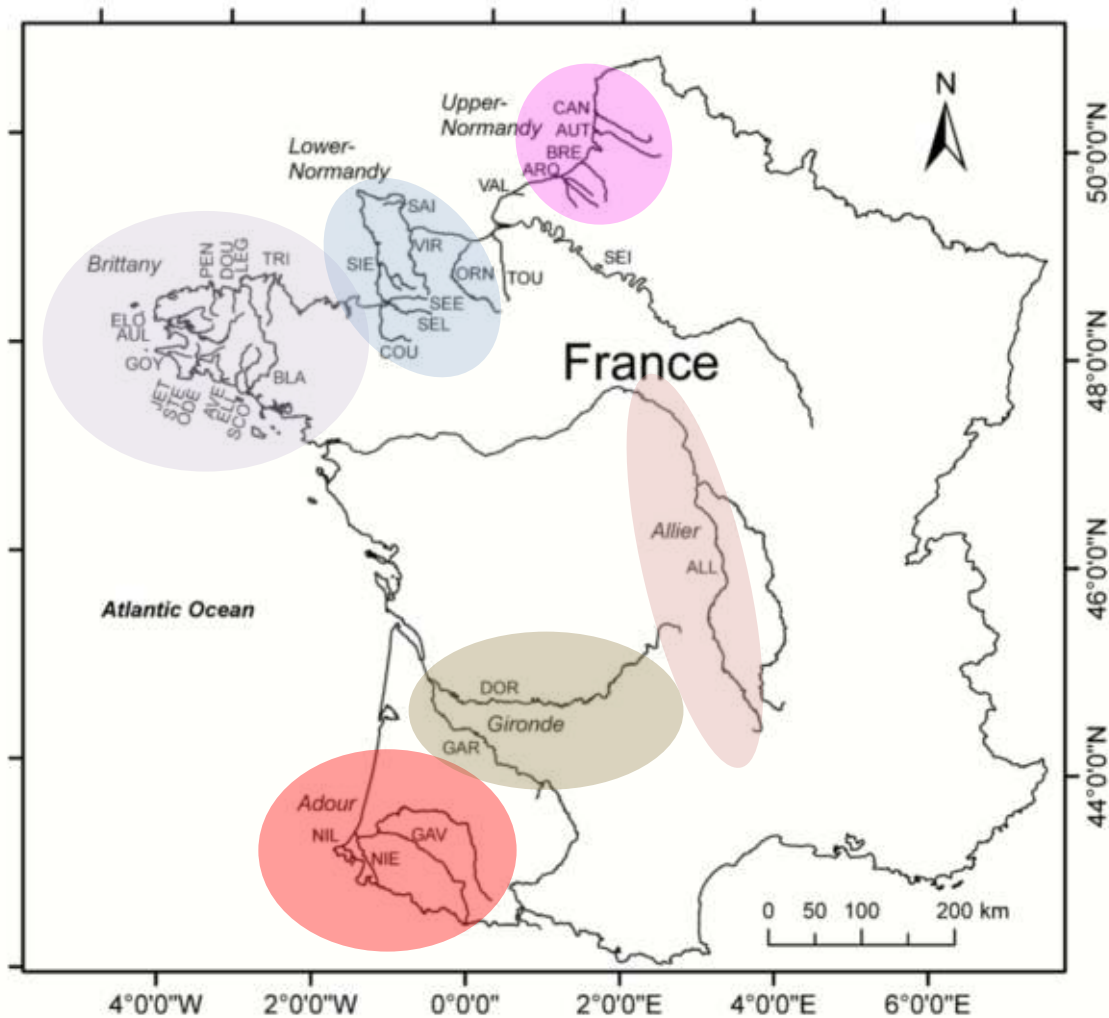
# Homing



# Strayers



# Rôle de la dispersion?



Les populations de saumons sont **spatialement structurées**, **connectées** par le mouvement d'individus entre elles

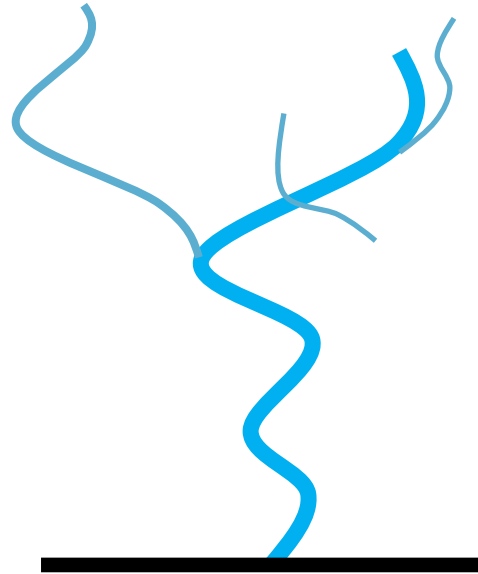


**Métapopulations**



# Rôle de la dispersion?

« strayers » (errants)

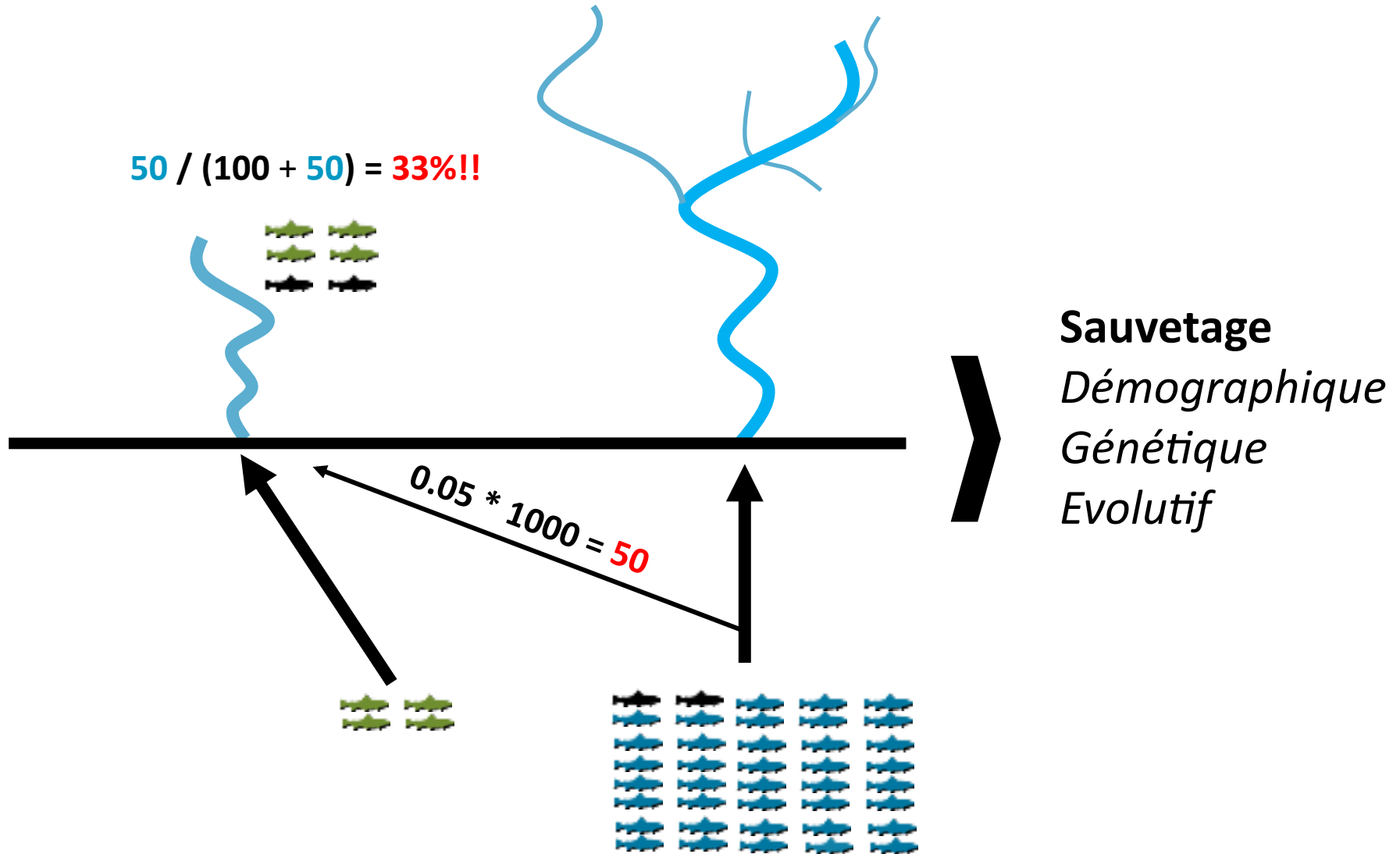


$0.05 * 1000 = 50$

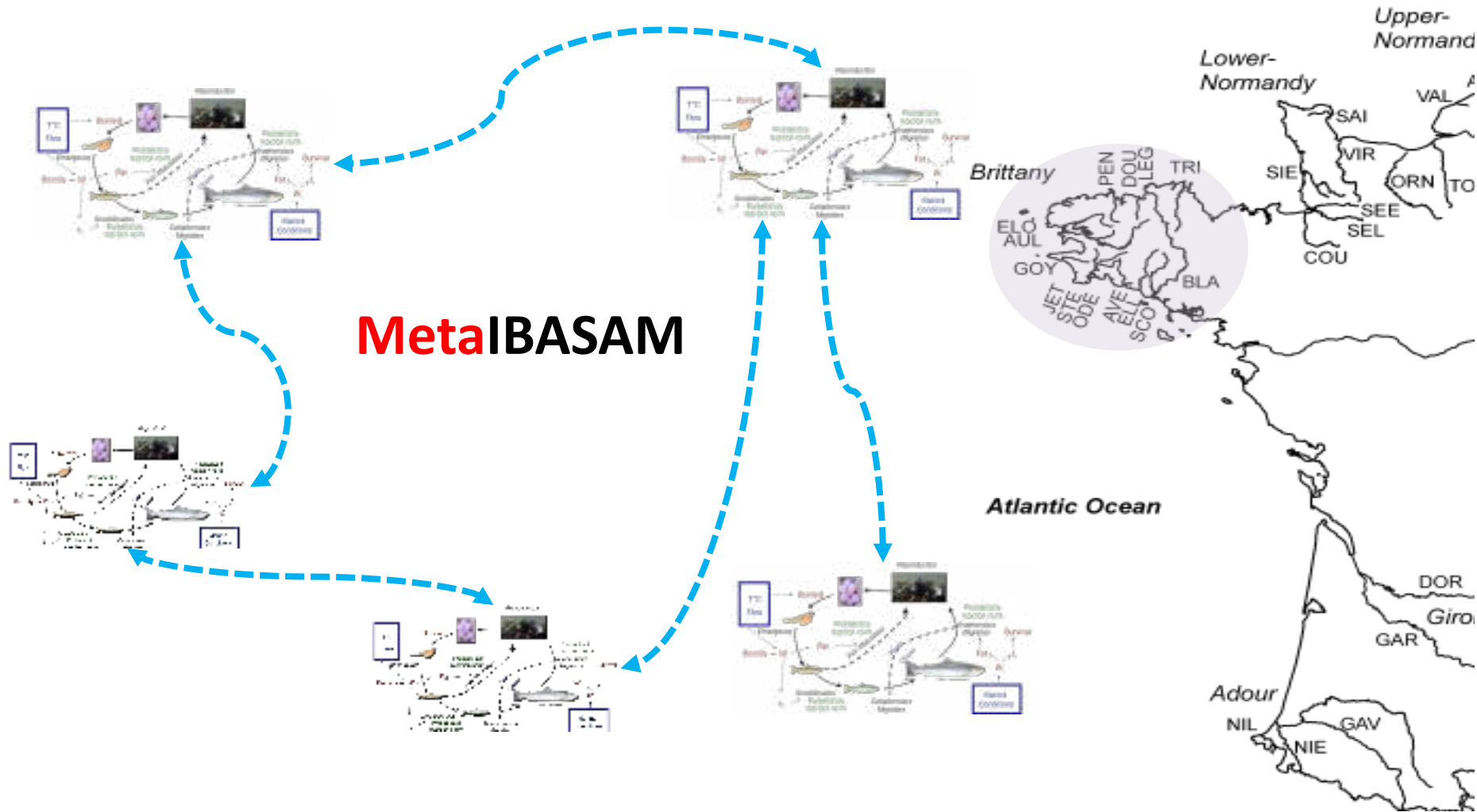
« Homing »  
(retour rivière natale)



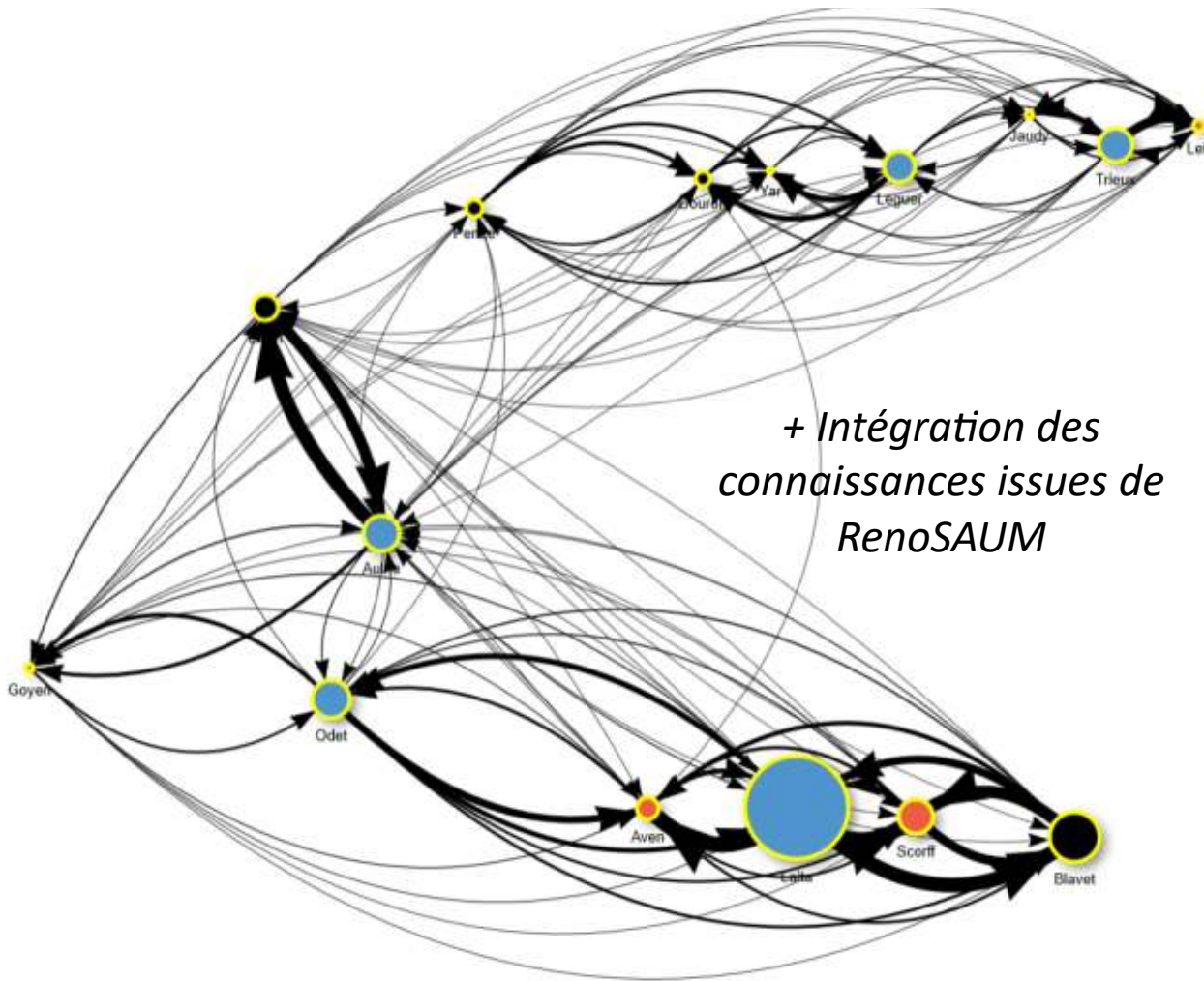
# Rôle de la dispersion?



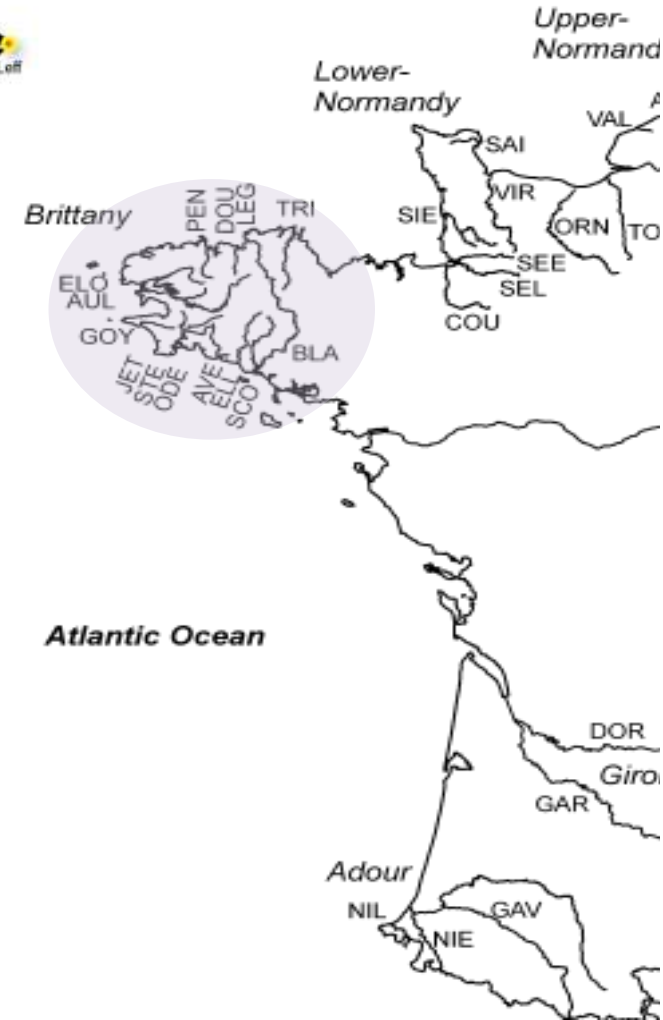
# Des gènes à la métapopulation



# Conséquences démographiques

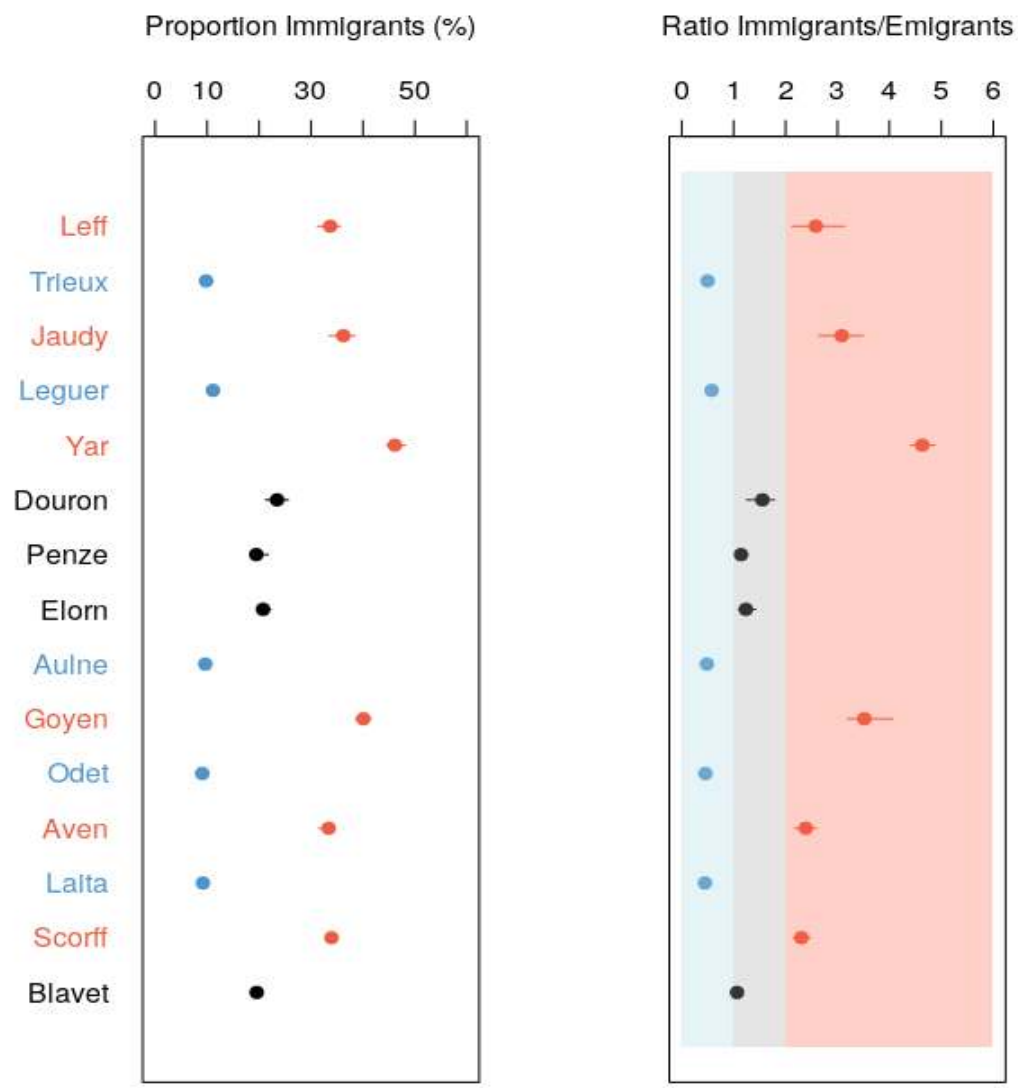


+ Intégration des connaissances issues de RenoSAUM

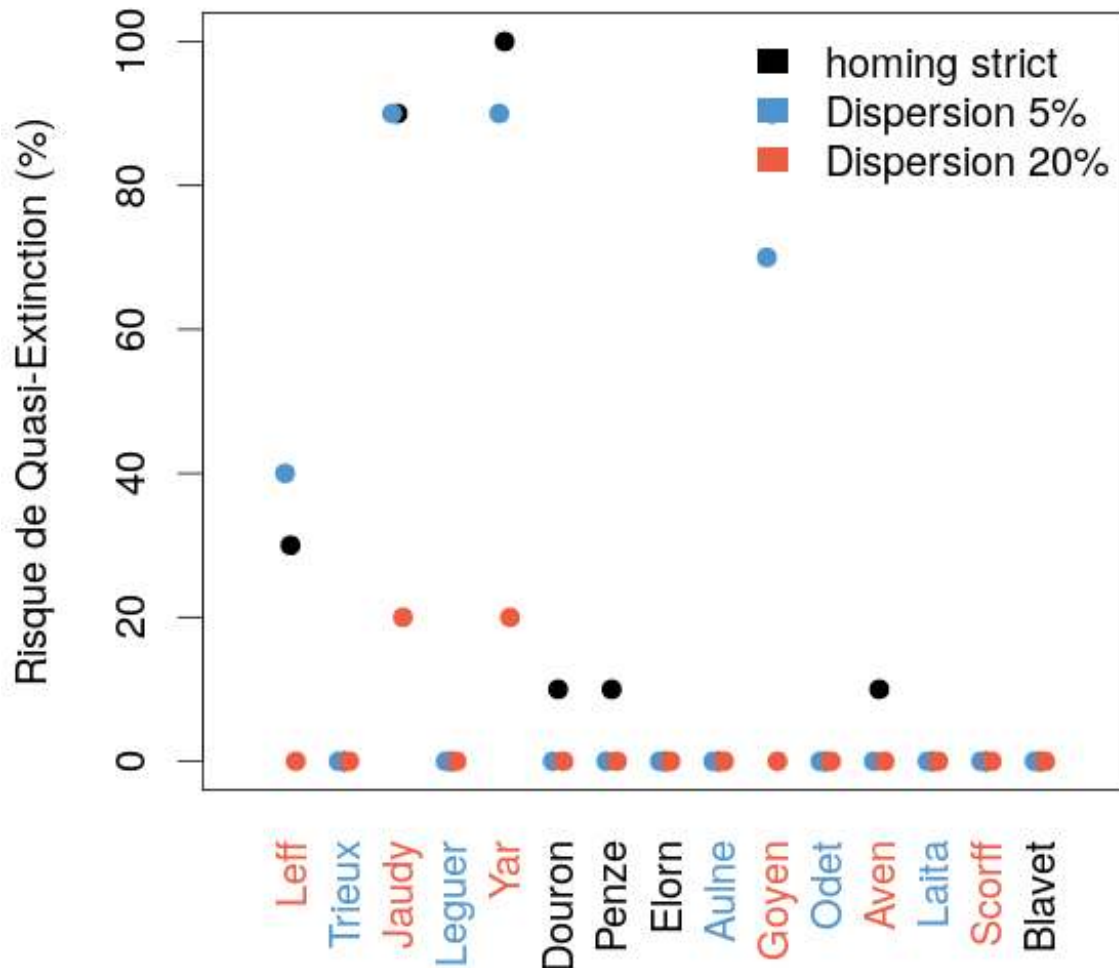


# Conséquences démographiques

Populations



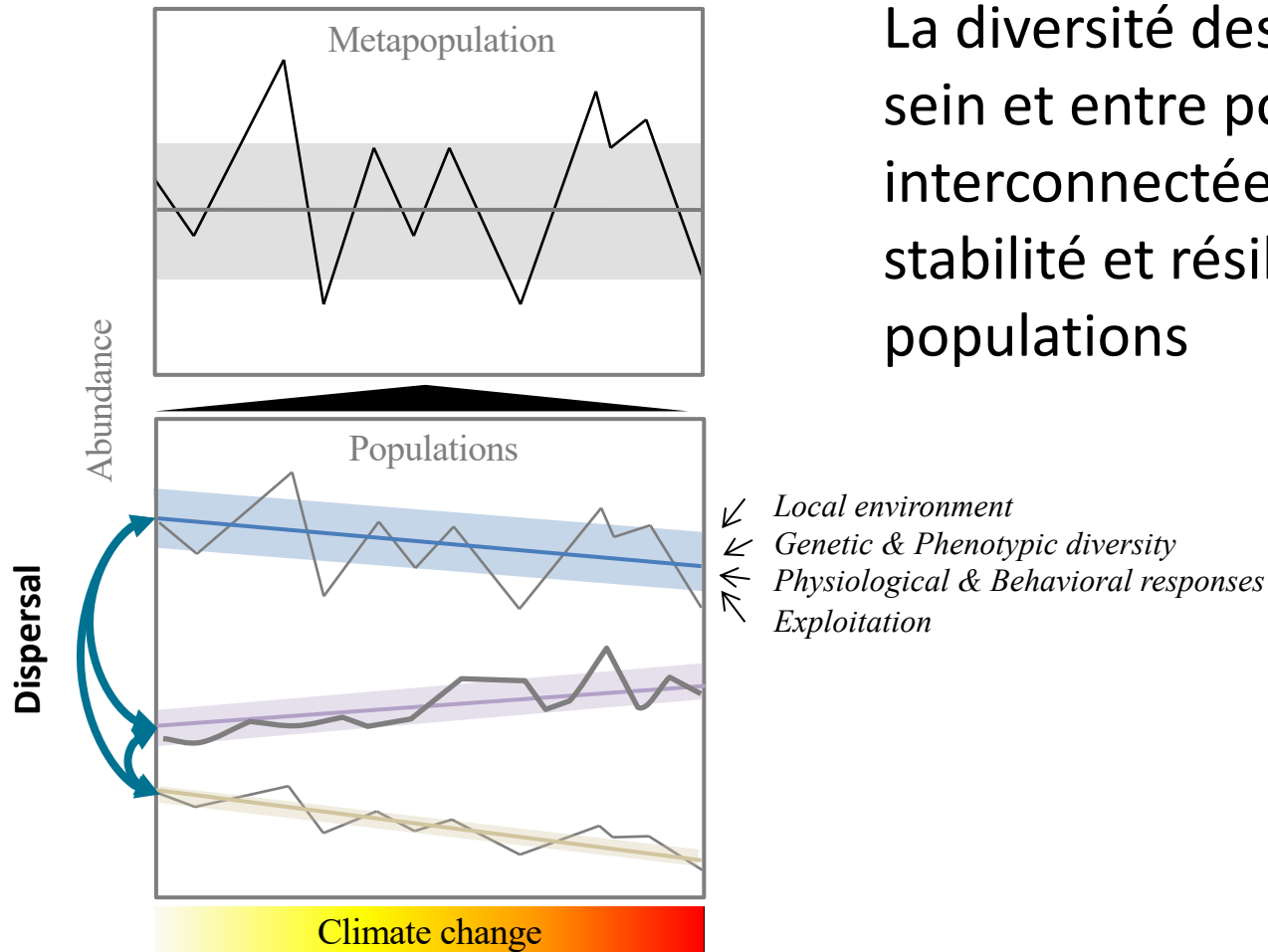
# Résilience face au CC



# Conclusions

- La taille et la composition des populations de saumon pourraient être gravement affectées par le CC et **aucune stratégie d'exploitation sélective n'atténue les effets du CC**
- Mais l'**exploitation sélective** actuelle de PHM pourrait aggraver les effets du CC
- Les **populations locales** ne peuvent pas être traitées comme des **systèmes isolés**
- Importance de la **dispersion** pour le maintien des « petites » populations
- Explorer le potentiel de **stratégies de gestion non sélectives** et augmentant la biodiversité intrapopulation, favorisant la **stabilité** et la **résilience** aux CC.

# Favoriser la resilience par l'approche portfolio



La diversité des réponses au sein et entre populations interconnectées favorise la stabilité et résilience des populations



## Take-home message

***Favoriser les réseaux adaptatifs en utilisant l'approche portfolio pour générer des options écologiques et évolutives qui favorisent l'adaptation par acclimatation et sélection naturelle***

*Webster et al. 2017 TREE*

# Remerciements



Florèn Hugon  
Clément Lebot  
Cyril Piou  
Etienne Prévost  
Julien Papaïx  
Stephanie Carlson

**AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ**  
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

Pôle R&D AFB-INRA Gest'Aqua

ADAPTATION AND MANAGEMENT OF EXPLOITED ATLANTIC  
SALMON POPULATIONS UNDER CLIMATE CHANGE USING THE  
PORTFOLIO APPROACH

Thèse 2019-2022 – INRA EFPA ACCAF, UPPA E2S, UC Berkeley

