



**HAL**  
open science

# L'expérimentation virtuelle comme complément à l'observation : adaptation du saumon atlantique face au changement climatique

Etienne Prévost

## ► To cite this version:

Etienne Prévost. L'expérimentation virtuelle comme complément à l'observation : adaptation du saumon atlantique face au changement climatique. Assemblée Générale du Pôle Gest'Aqua, Jan 2017, Rennes, France. hal-01607655

**HAL Id: hal-01607655**

**<https://hal.science/hal-01607655>**

Submitted on 5 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# L'expérimentation virtuelle comme complément à l'observation :

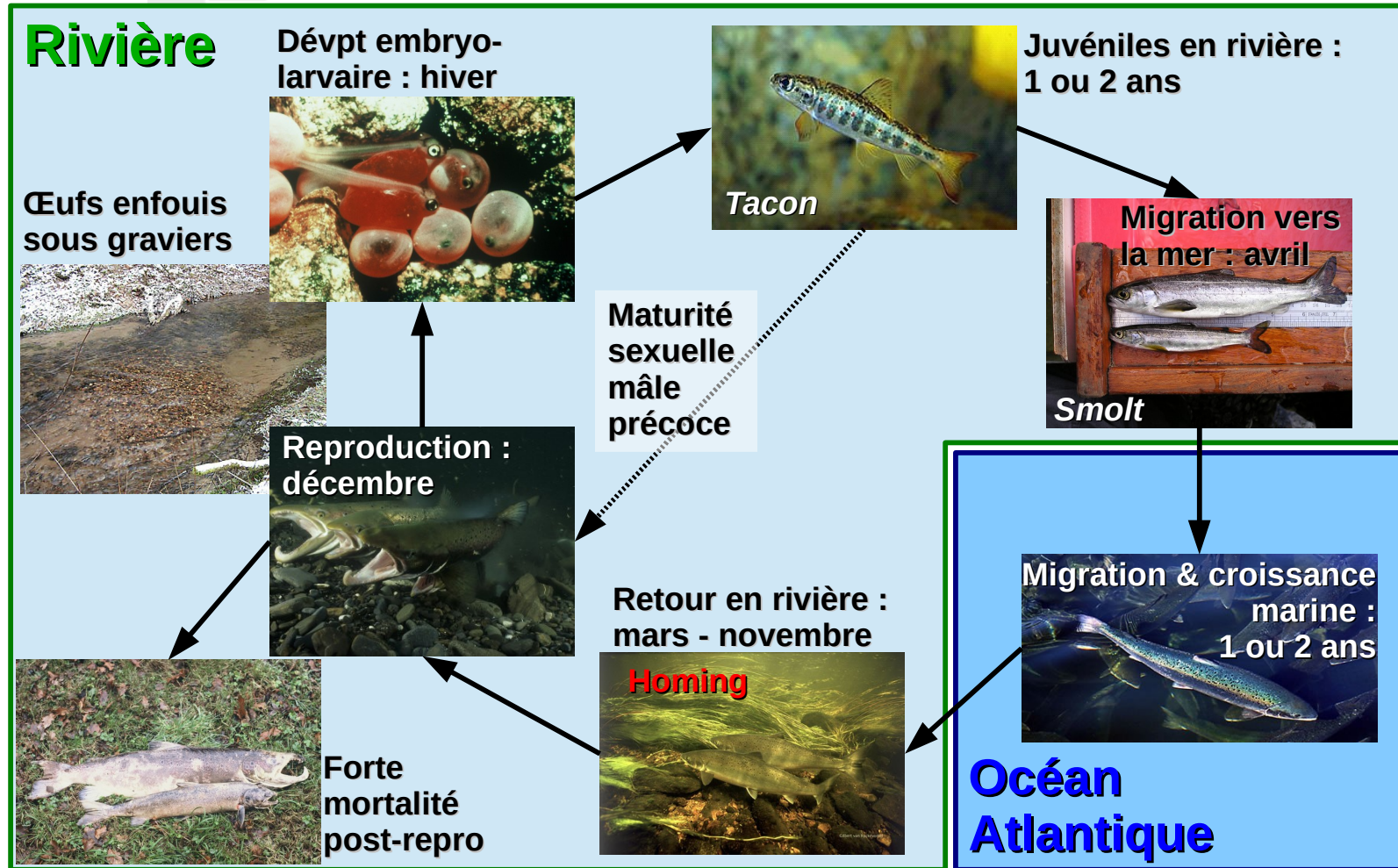
## ADAPTATION du SAUMON ATLANTIQUE face au CHANGEMENT CLIMATIQUE

*Etienne Prévost*<sup>1,2</sup>

1 UMR INRA/UPPA Ecobiop, Saint-Pée-sur-Nivelle, France

2 Pôle Gest'Aqua, INRA/ONEMA, France

# Cycle biologique du saumon atlantique



1 rivière -> (au moins) 1 population : plus 2000 populations en Europe

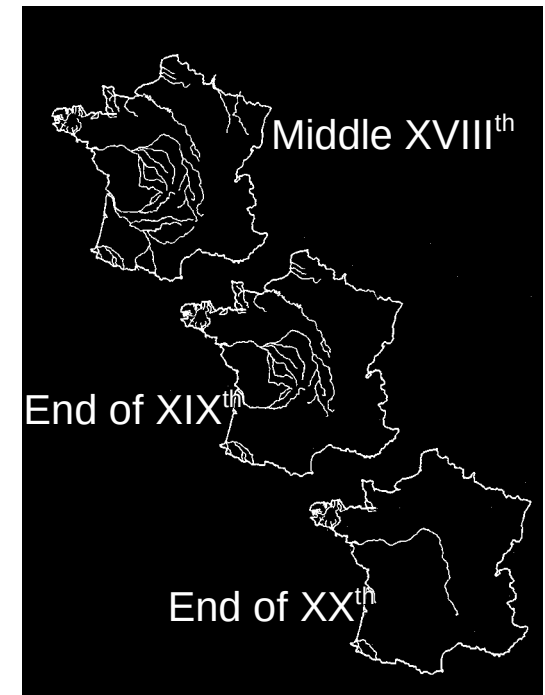
# Un patrimoine naturel affecté par les activités humaines



- Barrage → fragmentation des cours d'eau : principale cause d'extinction des populations
- Pollution physico-chimique de l'eau
- Exploitation par pêche
  - *Saumon listé parmi les espèces menacées par la Directive européenne habitat*



*Evolution des cours d'eau colonisés par le saumon en France*



# Changement climatique: un stress additionnel en Europe du sud

- Le saumon est une espèce à sang froid vivant en eau froide
- France (& Espagne) : marge sud de l'aire de distribution de l'espèce
  - *Le saumon pourrait être fortement impacté par le changement climatique en Europe du sud*
- Le saumon est une espèce emblématique et menacée
  - *Forte demande de la société et des instances de gestion pour évaluer le futur et le potentiel d'adaptation du saumon face au CC*



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



# Comment évaluer les effets futurs du CC sur le saumon à l'échelle locale de la population ?

- Expérimentation dans le monde réel : impossible
- Expérimentation *in silico* sur des populations virtuelles
  - Test de divers scénarios de CC
  - Réplication d'expériences sous un scénario de CC donné
  - Complémentaire des approches à large échelle (e.g. modèle de niche) qui ignorent les processus comportementaux et évolutifs
- L'INRA développe un simulateur de population de saumon pour l'expérimentation virtuelle de CC: IBASAM (Individual Based Atlantic Salmon Model)  
*Piou & Prévost, 2012. Ecological Modelling, 231: 37-52*



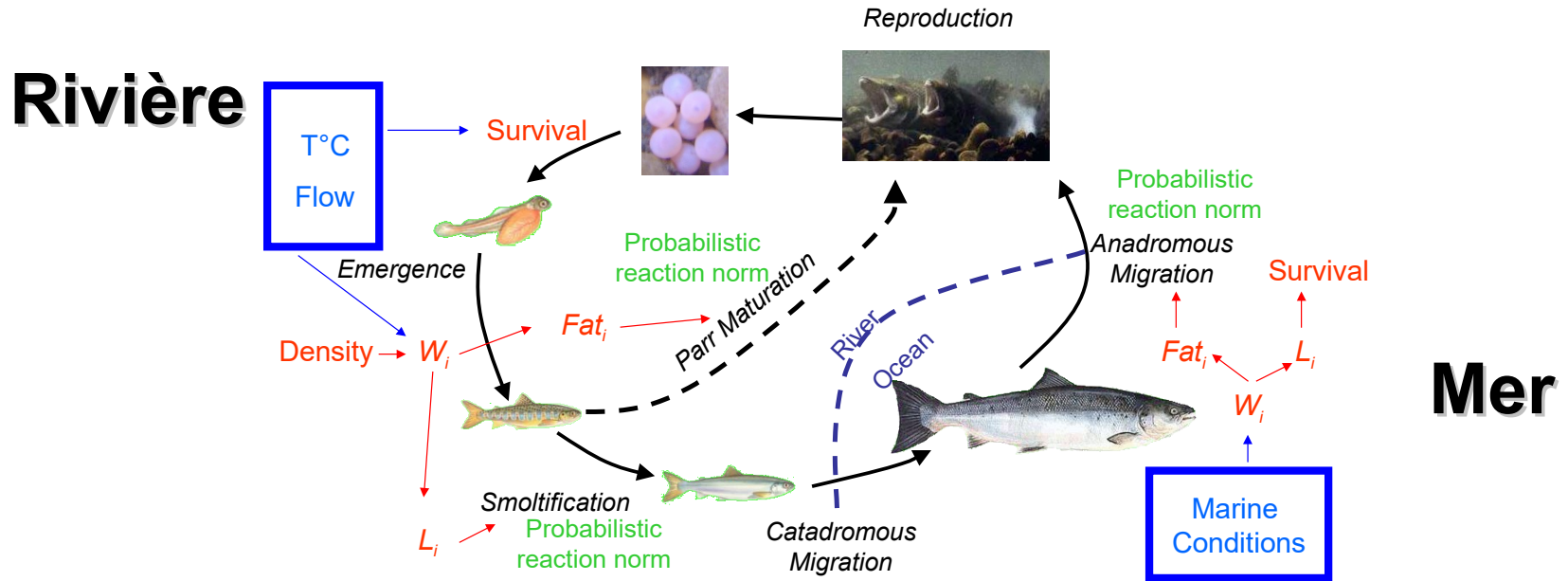
# IBASAM : simulateur pour l'étude des effets du CC sur le saumon atlantique

- Représente une petite population typique d'un fleuve côtier français
- CC est multiforme
  - En rivière :
    - ↗ T° eau
    - ↗ variabilité du débit
    - ...
  - En mer :
    - ↘ conditions de croissance
    - ...
- Connecte la dynamique démo-évolutive avec facteurs environnementaux en rivière (T°, débit) et en mer (conditions de croissance)



# IBASAM : simulateur pour l'étude des effets du CC sur le saumon atlantique

➔ Modélisation individu-centrée : chaque individu de la population virtuelle est explicitement représenté et suivi tout au long de sa vie jusqu'à sa reproduction et/ou sa mort



- Récapitule et articule les connaissances disponibles sur les processus démo-évolutifs :
  - Met l'accent sur la plasticité de l'espèce : les individus ajustent leur phénotype aux variations environnementales
  - Représente explicitement la variabilité génétique individuelle qui contrôle la plasticité et la croissance
  - Prend en compte les stochasticités environnementale et démographique dans la dynamique de la population
  - Représente explicitement l'action des facteurs de forçage climatique sur les individus
- Calibré sur 15 années d'observation d'une population réelle (Scorff, Bretagne – ORE DiaPFC)



# Premières expériences virtuelles de CC sous IBASAM

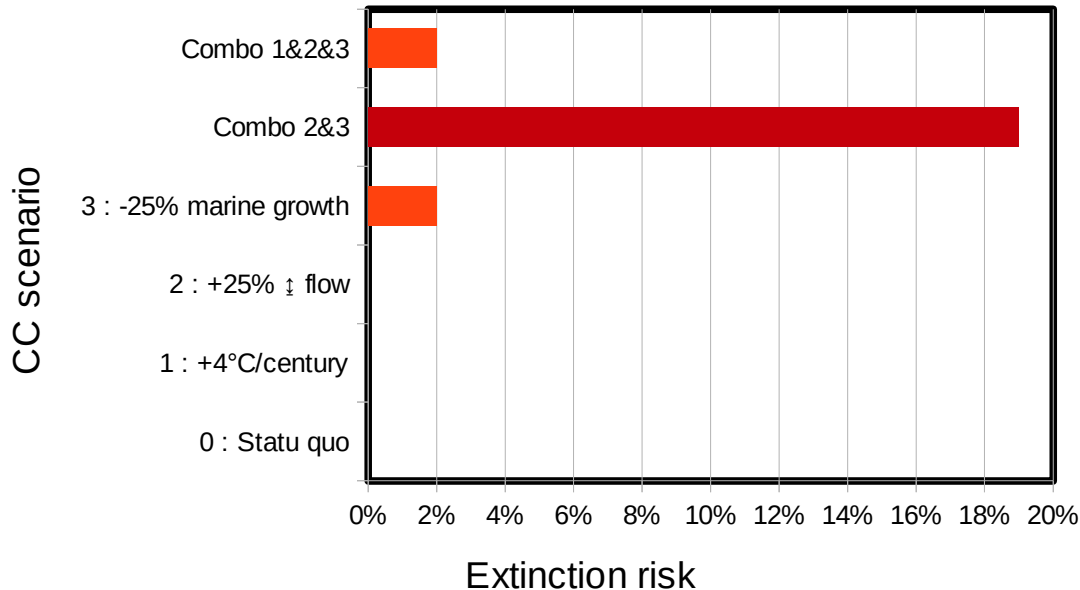
## Combinaison de changements en rivière et en mer

- 27 CC scénarios testés
  - ↗ T° de l'eau (3 modalités)
  - ↗ variabilité du débit en rivière (3 modalités)
  - ↘ conditions de croissance en mer (3 modalités)
- Horizon temporel : 3 décennies (~2045)
- 300 répliqués par scénario
  - Taille initiale de la population ~215 adultes revenant de la mer dans leur rivière natale
    - ***petite population type fleuve côtier français***



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

# Effet potentiel du CC sur la persistance d'une petite population de saumon



- En dehors du pire scénario, le risque d'extinction est faible à l'horizon 2045
- A partir des scénarios testés :
  - Les conditions marines ont l'effet le plus fort
  - Effet synergique de la variabilité du débit et des conditions marines
  - ↗ de la T° de l'eau en rivière atténue les effets des deux autres facteurs

# Premières expériences virtuelles de CC sous IBASAM

## CC vs exploitation sélective

- Exploitation sélective largement répandue chez le saumon
  - Les adultes les plus grands (maturant après 2 ans en mer) sont sélectivement récoltés par rapport aux plus petits (maturant après 1 an en mer)
- CC et exploitation sélective sont concomitants → Comment comparer leurs effets respectifs tout en évaluant leurs interactions ?
- Un plan d'expérimentation virtuel : 5 scénarios CC X 5 scénarios d'exploitation
  - CC → seulement  $\searrow$  conditions for croissance en mer
  - Horizon temporelle : 3 décades (~2045)
  - 30 répliqués par scénario

# CC vs exploitation sélective

## Plasticité phénotypique vs évolution génétique

### CC seul

↘ 25% croissance en mer

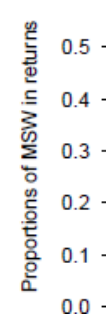
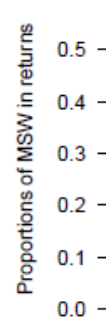
### Pêche sélective seule

15% taux expl. 1 an de mer

↗ taux expl. 2 ans de mer 15→75%

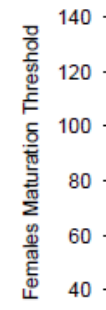
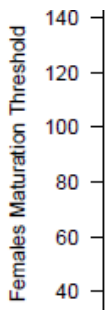
#### Phénotype

Prop. 2 ans de mer



#### Génotype

Seuil génétique déclenchant la maturation sexuelle des femelles



**Forte réponse plastique**  
**Peu dévolution génétique**

**Evolution génétique plus marquée**

# Premières expériences virtuelles de CC sous IBASAM

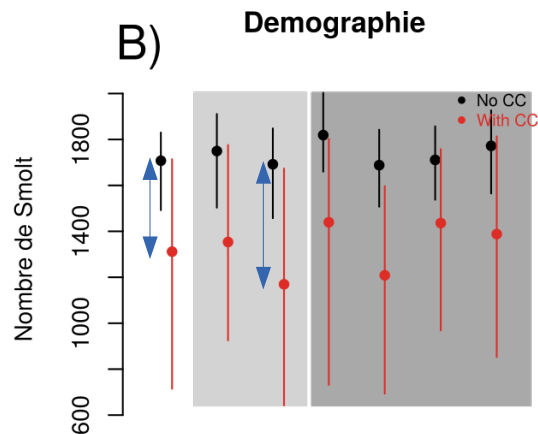
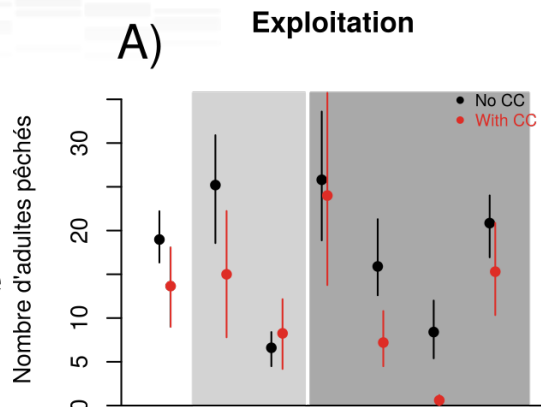
## Exploitation sélective pour l'adaptation au CC

- Exploitation est force d'évolution : peut-on l'utiliser sciemment pour favoriser l'adaptation ?
  - Projet SALMOCLIM : Métaprogramme ACCAF (INRA)
- Un plan d'expérimentation virtuel : 1 scénarios CC X 6 scénarios d'exploitation sélective
  - CC en mer et en en rivière
  - Horizon temporelle : 3 décades (~2045)
  - 100 répliqués par scénario
- Nouvelle version IBASAM : inclusion d'une héritabilité génétique de la croissance et d'un compromis survie/croissance

# Premières expériences virtuelles de CC sous IBASAM

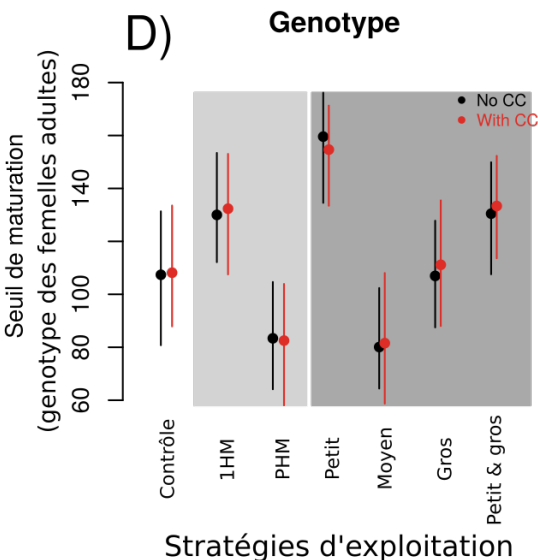
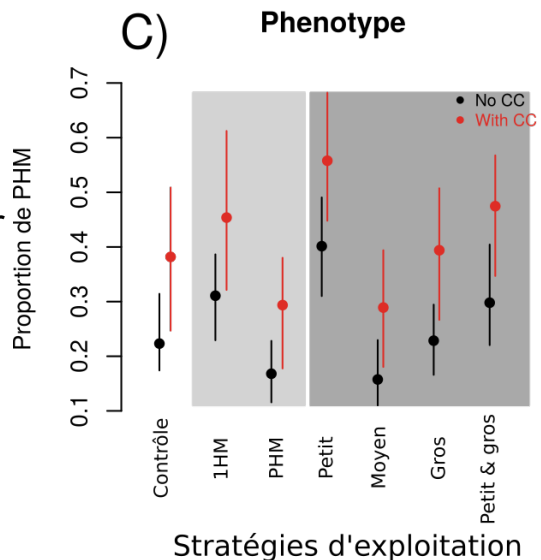
## Exploitation sélective pour l'adaptation au CC

CC → ↓ captures  
 Expl. sélective :  
 maintien des  
 captures si ciblée  
 sur les + petits  
 poissons



CC → ↓ taille de pop  
 → ↑ variabilité  
 Expl. sélective :  
 Peu de gain  
 ↑ écart si ciblée sur  
 2 ans de mer

↑ % 2 ans de mer

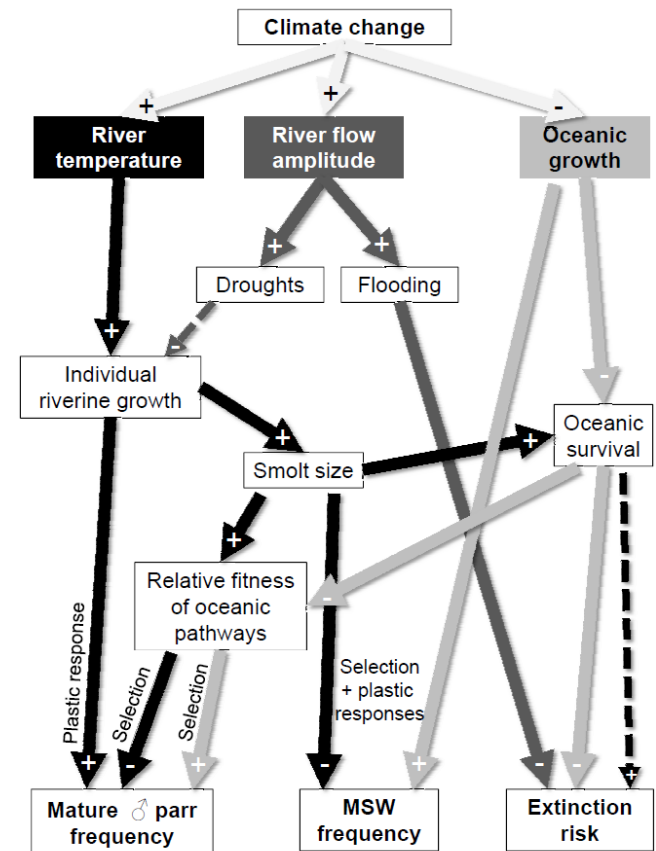


Peu ou pas  
 d'évolution  
 génétique



# Simulation démo-génétique : un outil pour faire progresser les connaissances

- La simulation démo-génétique (e.g. IBASAM) : une approche puissante pour explorer les conséquences des perturbations environnementales sur les populations
- Ces conséquences ne peuvent être appréhendées par simple intuition
  - Exemple du CC : les effets se propagent via un réseau complexe de traits biologiques en interaction dont l'issue est la résultante de forces contradictoires
- Simulateurs démo-génétiques : un outil puissant pour mieux comprendre ces interactions



# Simulation démo-génétique et avis pour la gestion

- Simulation démo-génétique :
  - Un domaine de recherche actif...
  - Qui manque encore de maturité scientifique
- Simulateurs démo-génétiques de populations de poissons : des objets complexes, de recherche, pour la recherche
- Utilisation à des fins d'avis pour la gestion : un peu de patience et beaucoup de prudence
- Utiles et parfois irremplaçable pour des avis prospectifs
  - Dans des conditions jamais rencontrées dans le passé (e.g. CC)
  - A des échelles spatio-temporelles interdisant l'expérimentation dans le monde réel

***Merci pour votre attention***

