



# Changement climatique : enjeux de la domestication et adaptation des espèces piscicoles

—

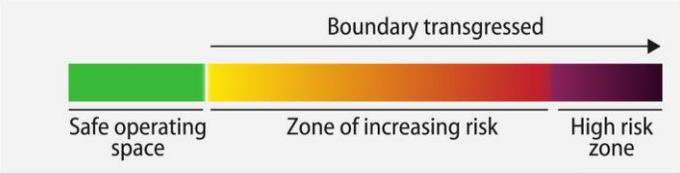
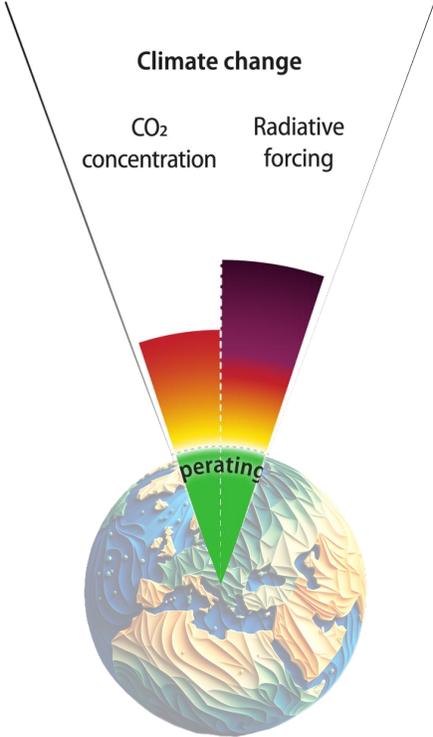
## Apprendre du passé et penser les poissons de demain

François Allal et Pascal Fontaine

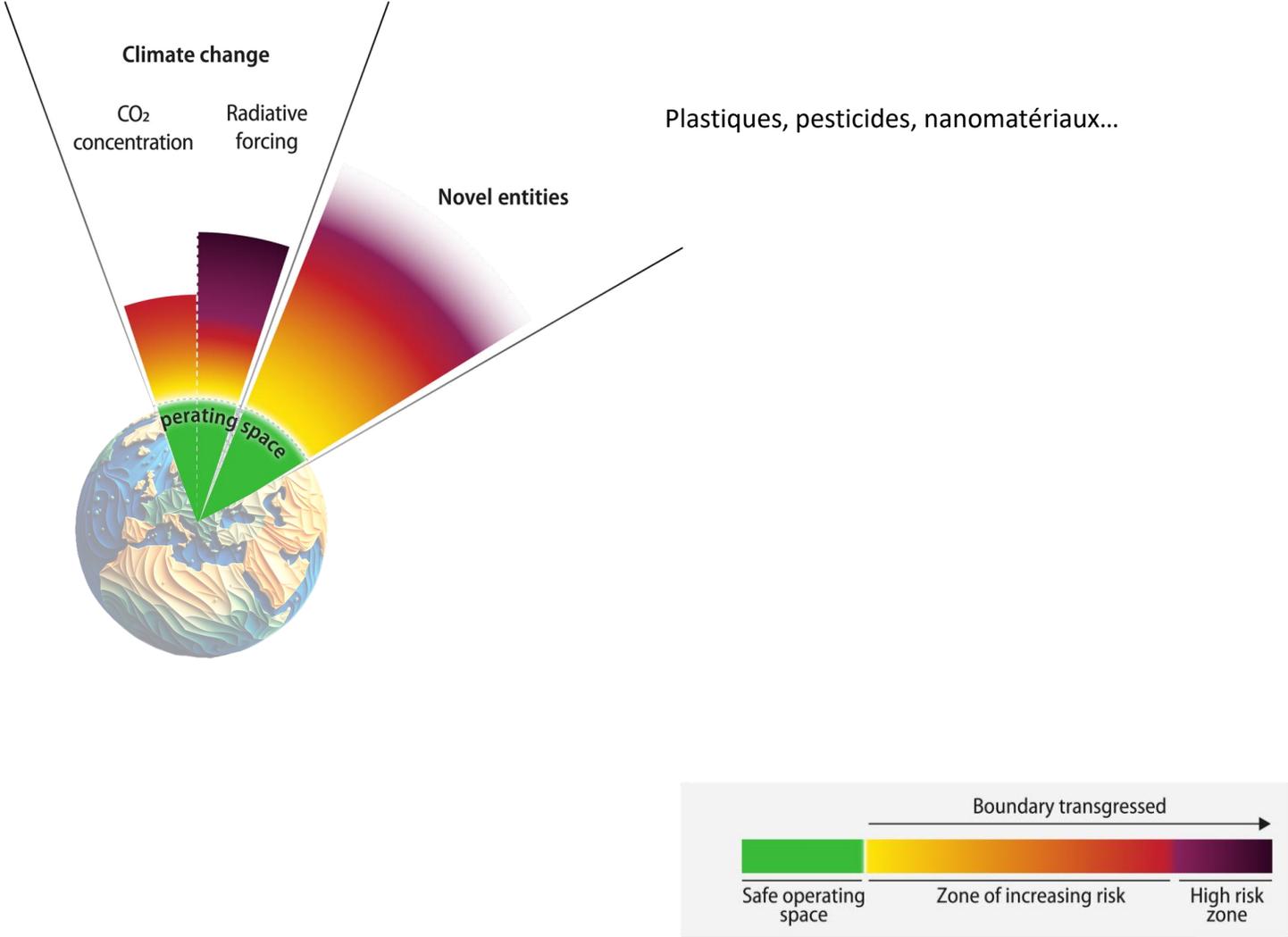




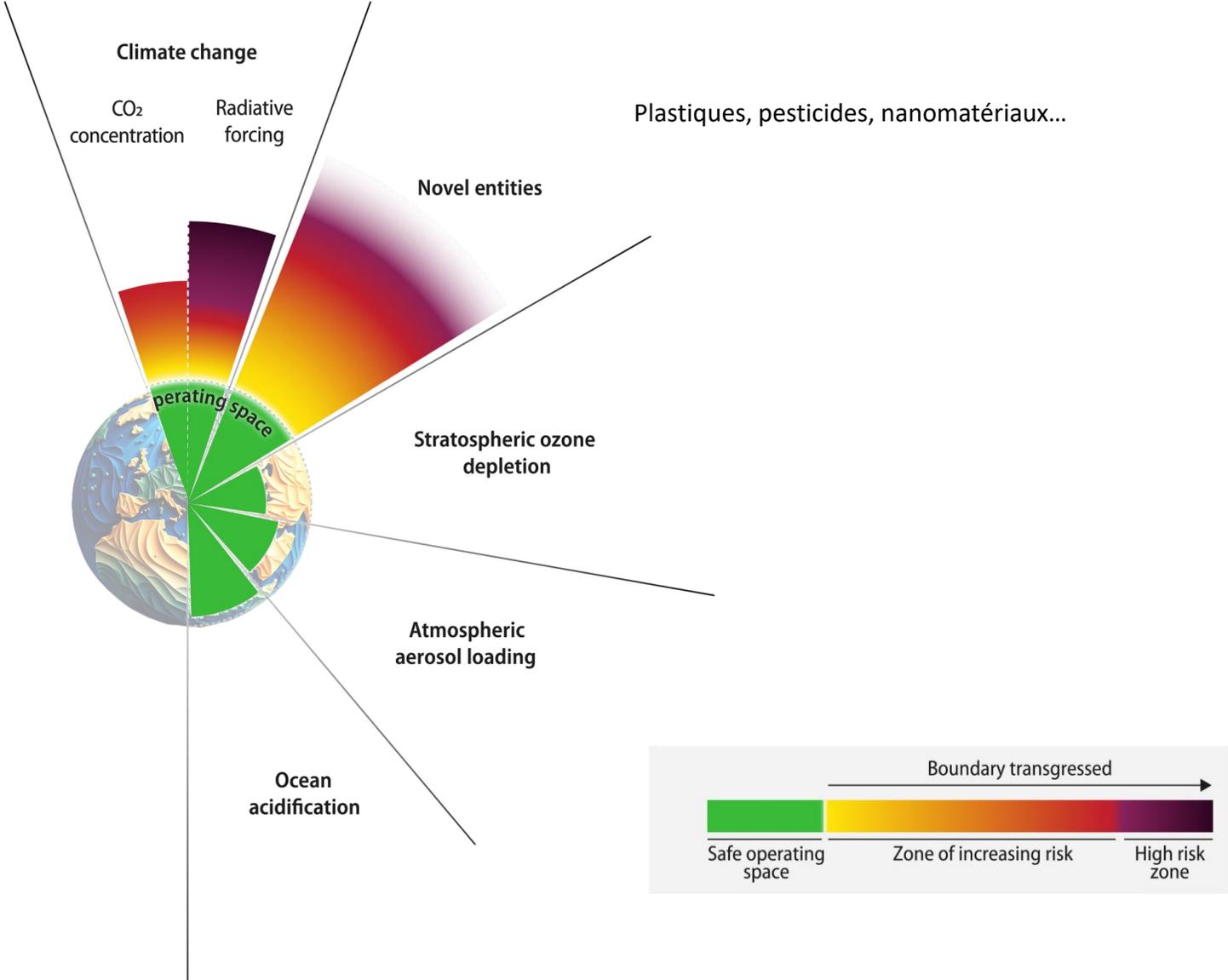
# Des limites planétaires largement dépassées



# Des limites planétaires largement dépassées

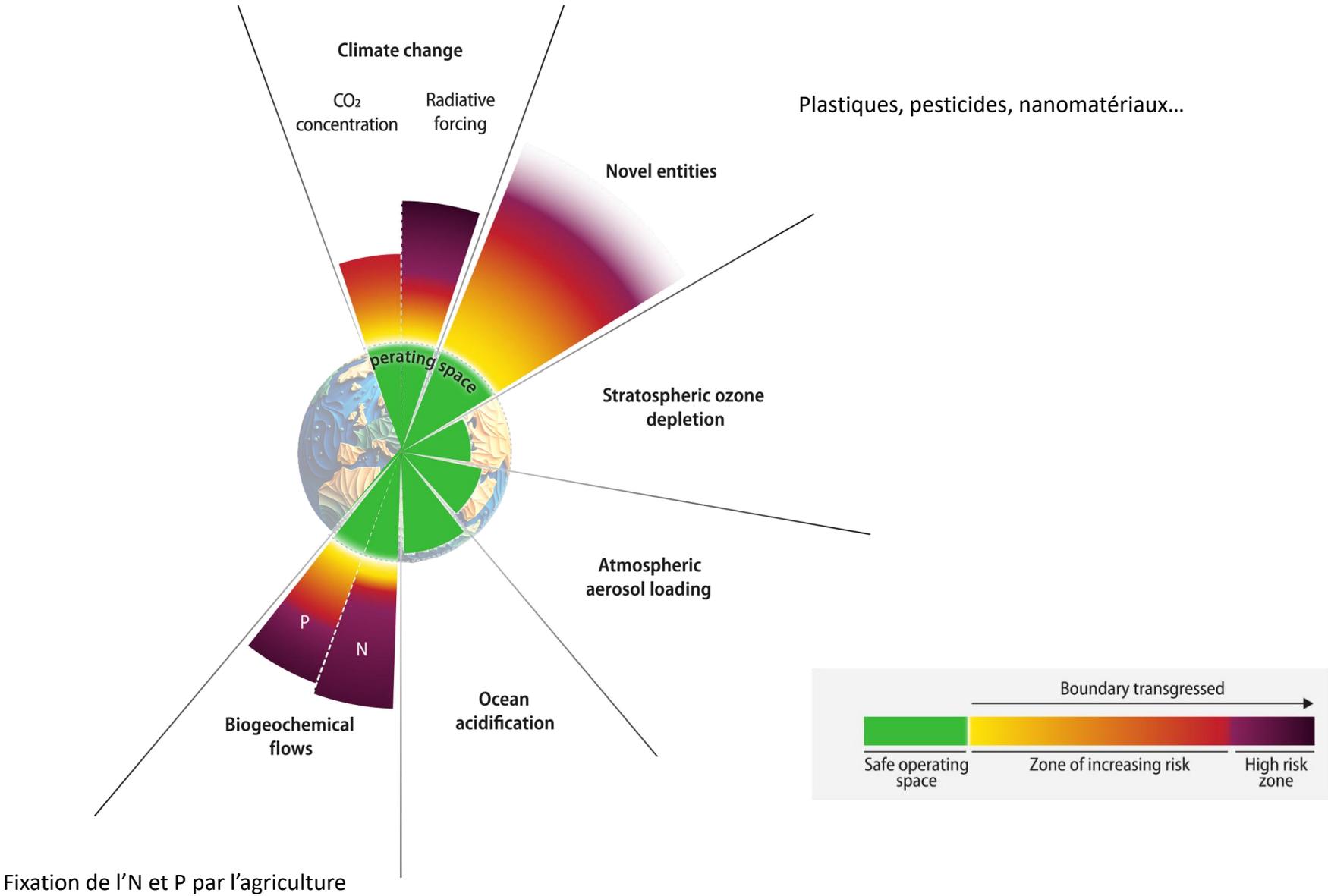


# Des limites planétaires largement dépassées



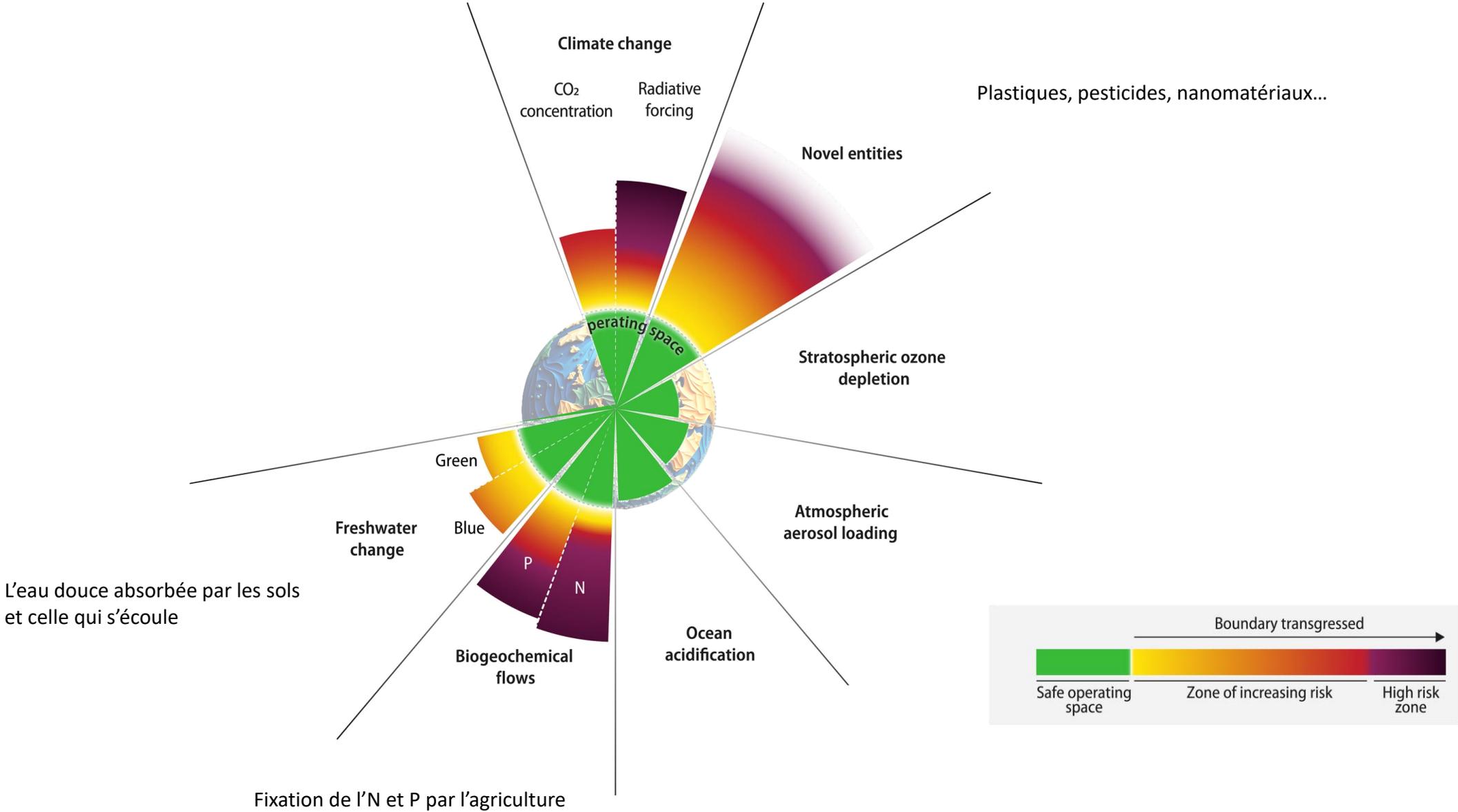
Adapté de Richardson et al. 2023

# Des limites planétaires largement dépassées



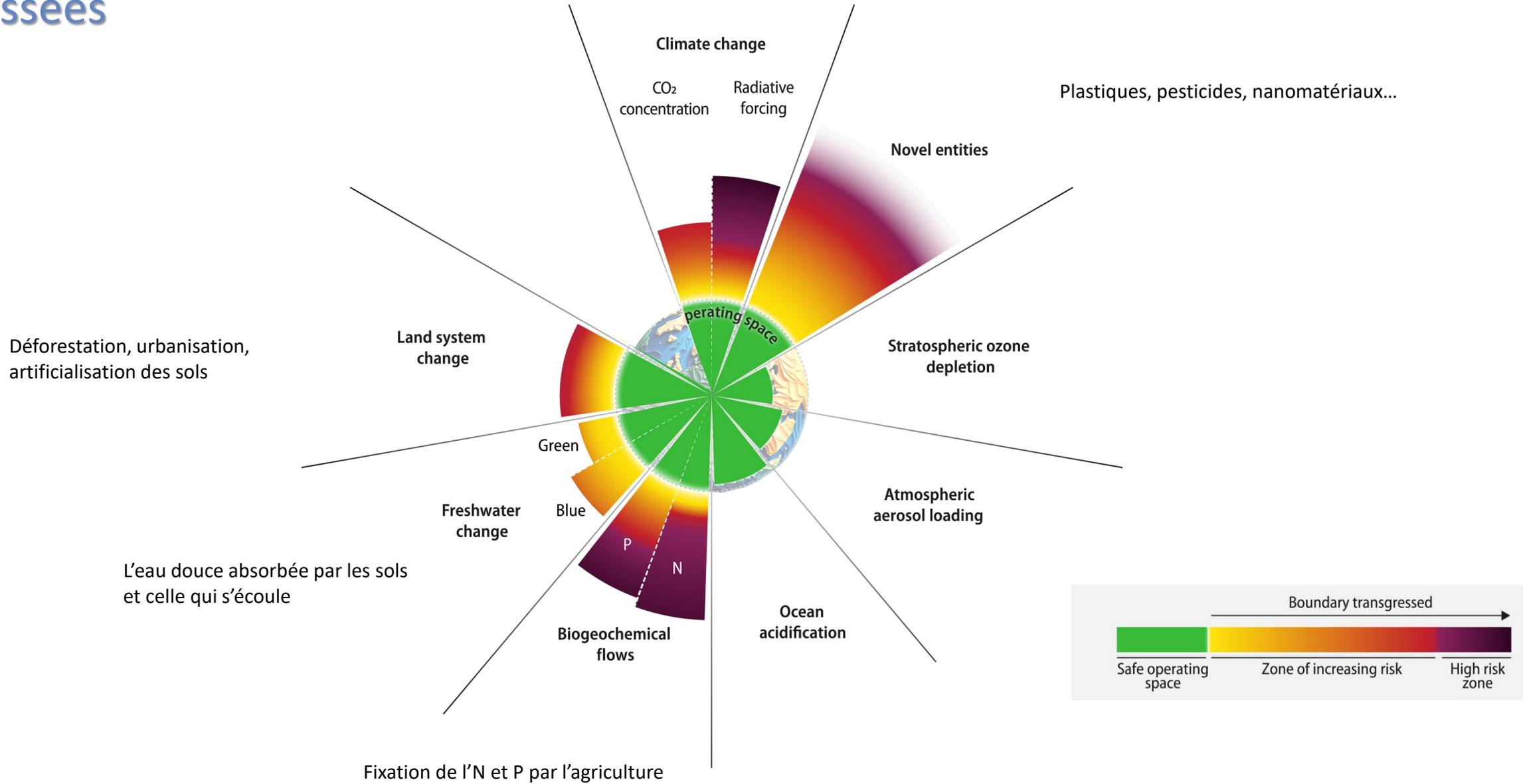
Adapté de Richardson et al. 2023

# Des limites planétaires largement dépassées



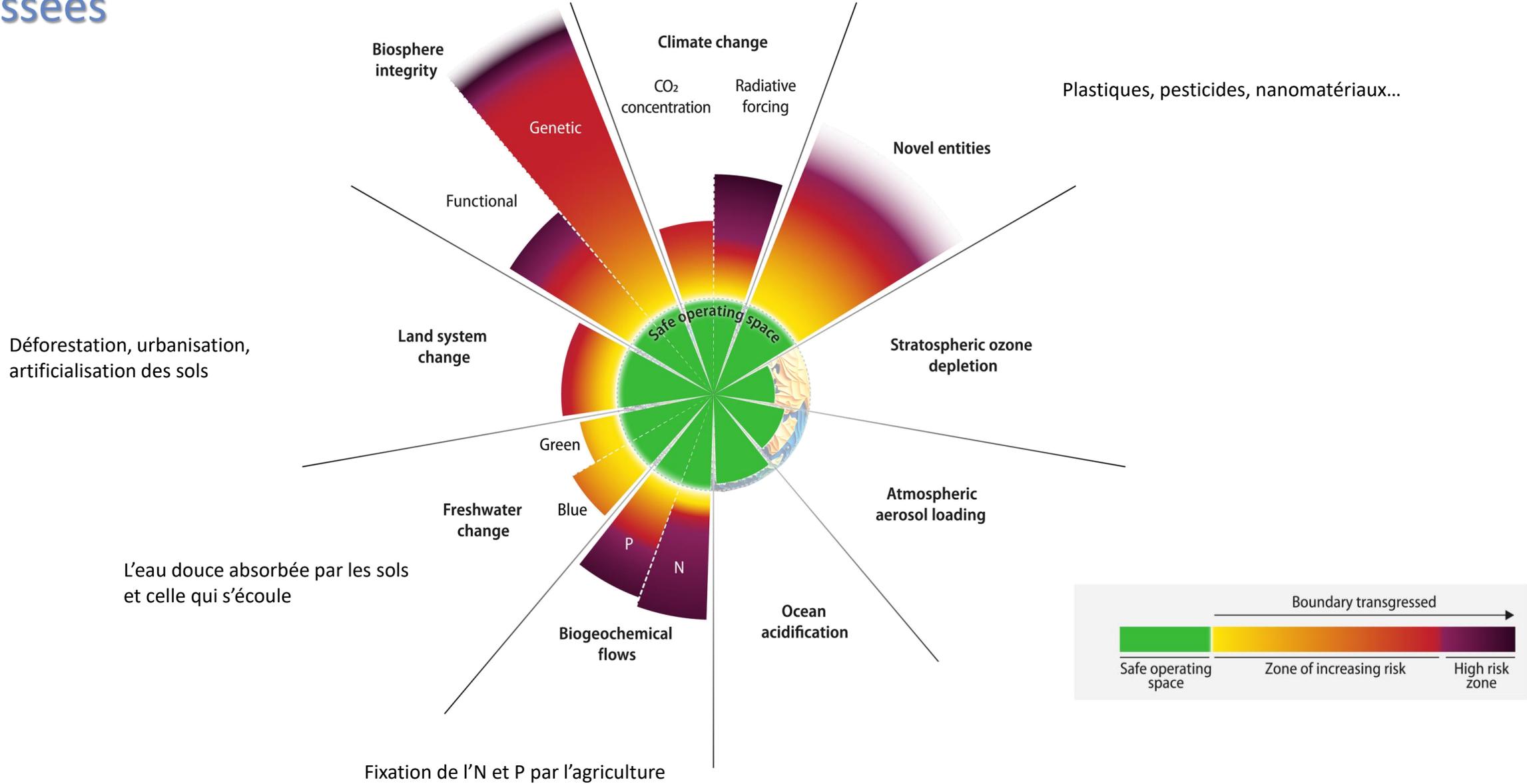
Adapté de Richardson et al. 2023

# Des limites planétaires largement dépassées



Adapté de Richardson et al. 2023

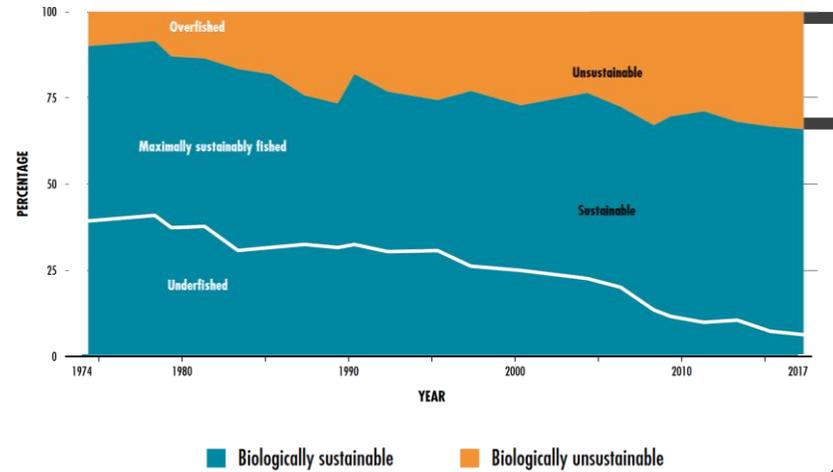
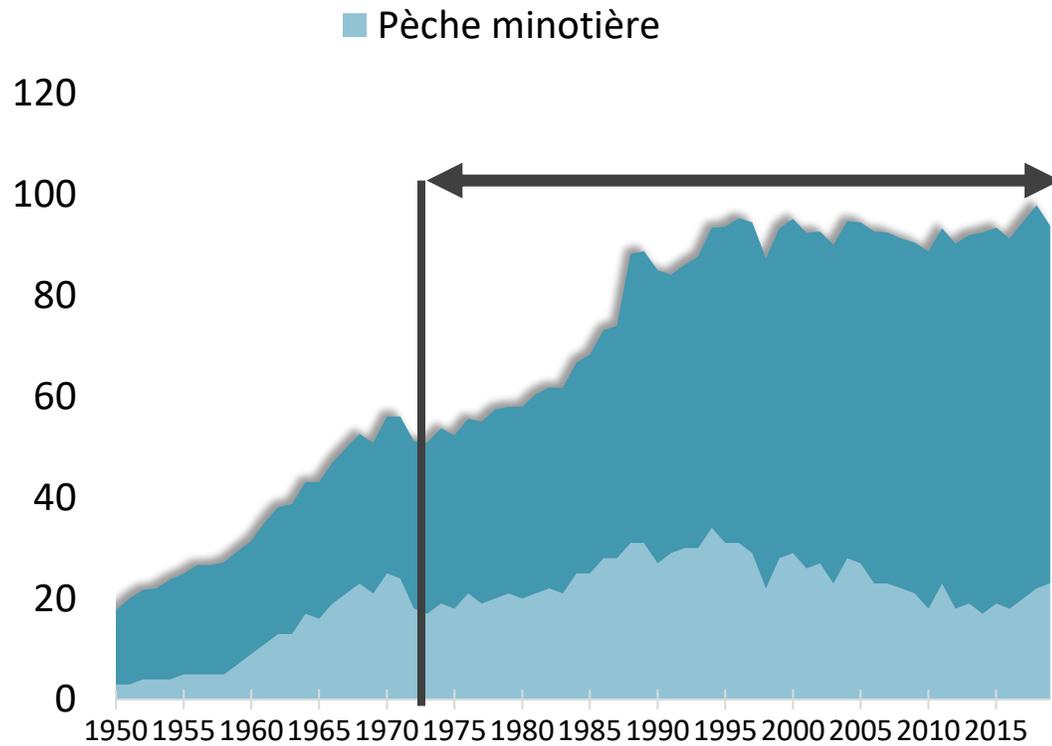
# Des limites planétaires largement dépassées



Adapté de Richardson et al. 2023

# Des limites planétaires largement dépassées

## Production annuelle en Million de tonnes



SOURCE: FAO.

**10%**  
d'espèce en  
surpêche  
en 1990

**En 2017**  
**>1/3 ssp**  
en état de surpêche

Biosphere  
integrity

Genetic

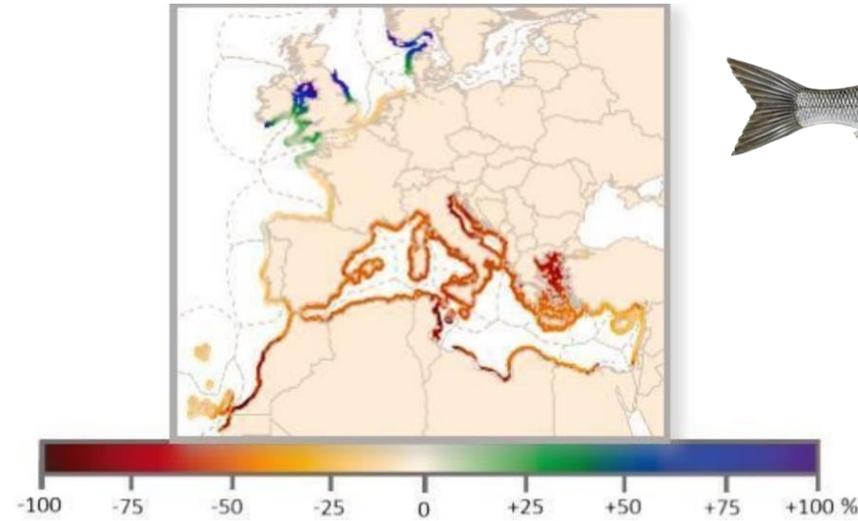
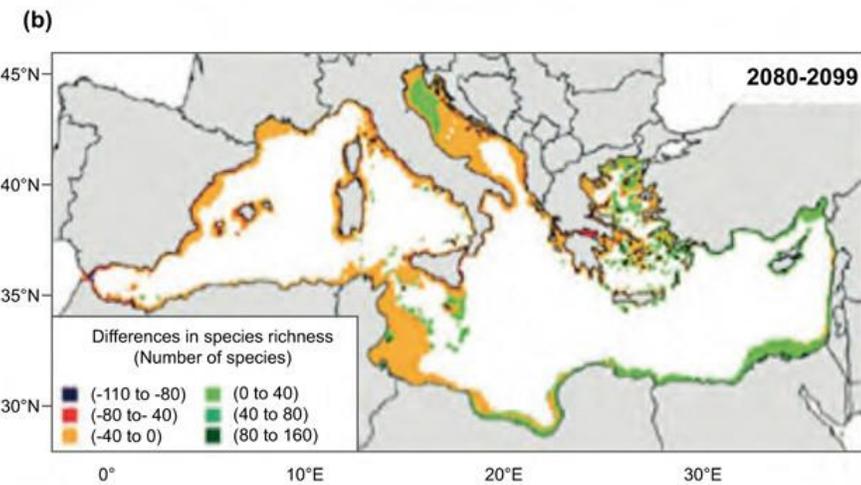
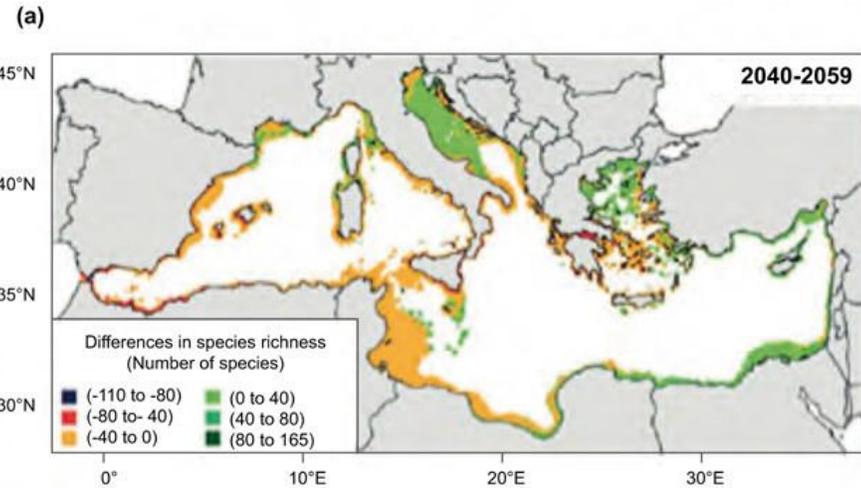
Functional

Land system  
change

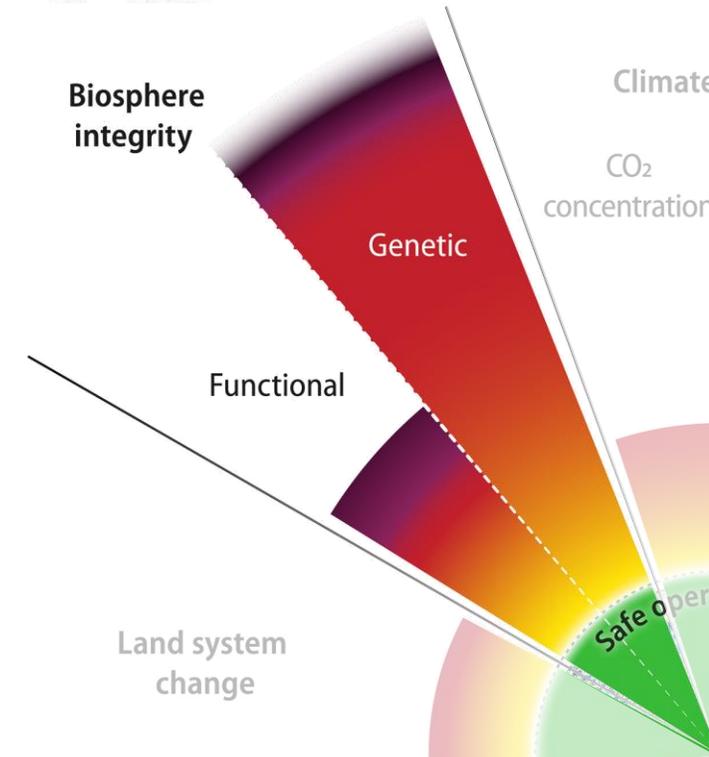
Climate  
CO<sub>2</sub>  
concentration

Safe oper

# Des limites planétaires largement dépassées

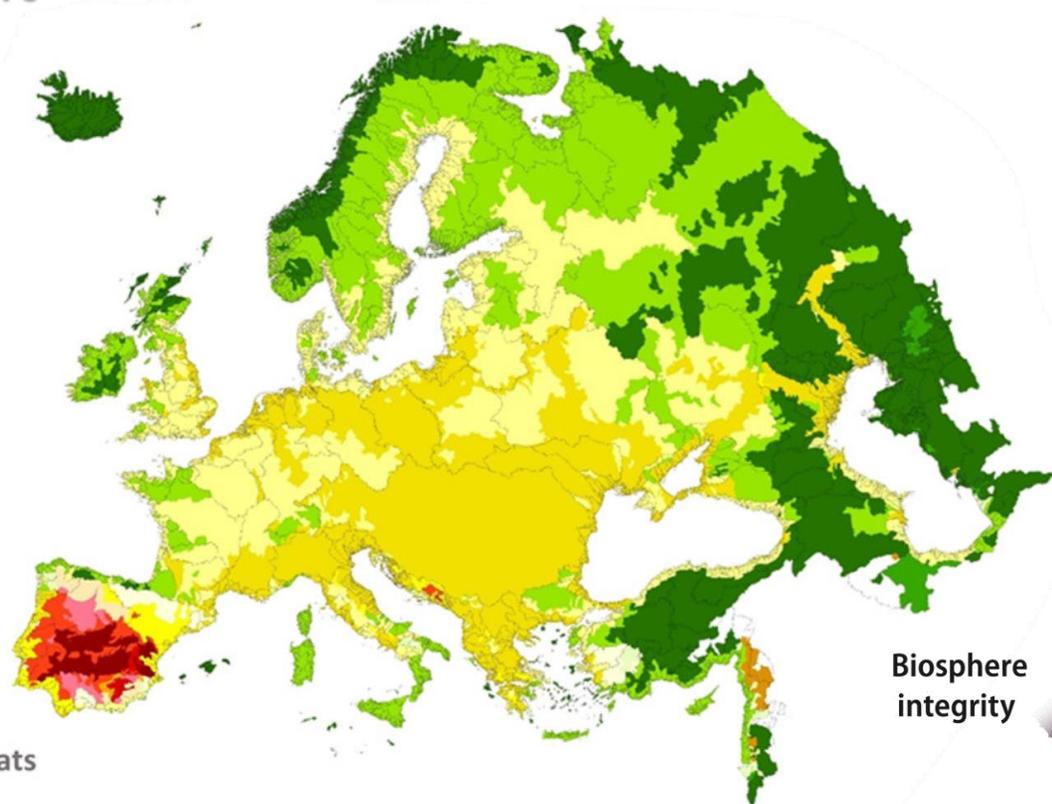


Perte de diversité interspécifique et intraspécifique



# Des limites planétaires largement dépassées

Perte de diversité interspécifique et intraspécifique

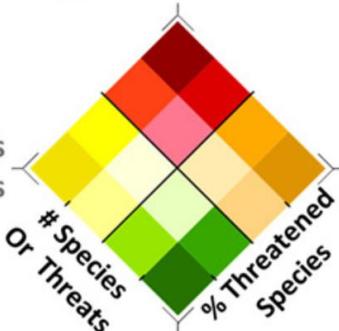


High richness / Incidence of threats  
High threatenedness

High richness / Incidence of threats  
Low threatenedness

Low richness / Incidence of threats  
High threatenedness

Low richness / Incidence of threats  
Low threatenedness



Biosphere integrity

Genetic

Functional

Land system change

Climate  
CO<sub>2</sub>  
concentration

Safe oper





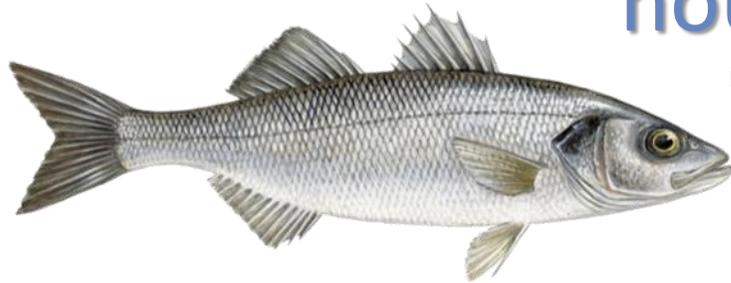
Domestiquer les poissons  
reste un enjeu...



du développement de la  
filière piscicole...



Pourquoi domestiquer de  
nouvelles espèces?



# Pourquoi domestiquer de nouvelles espèces?

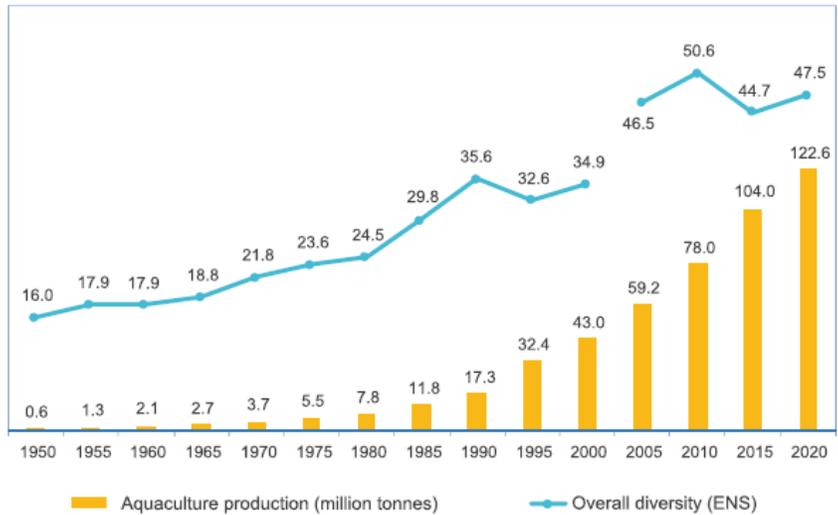
- Pour diversifier une production
- Pour répondre à une demande
- Pour rendre une filière plus résiliente /  
**changement climatique**, épidémies, variations  
du marché

*Gephart et al., 2017 ; Metian et al., 2020 ; Cai et al., 2023*

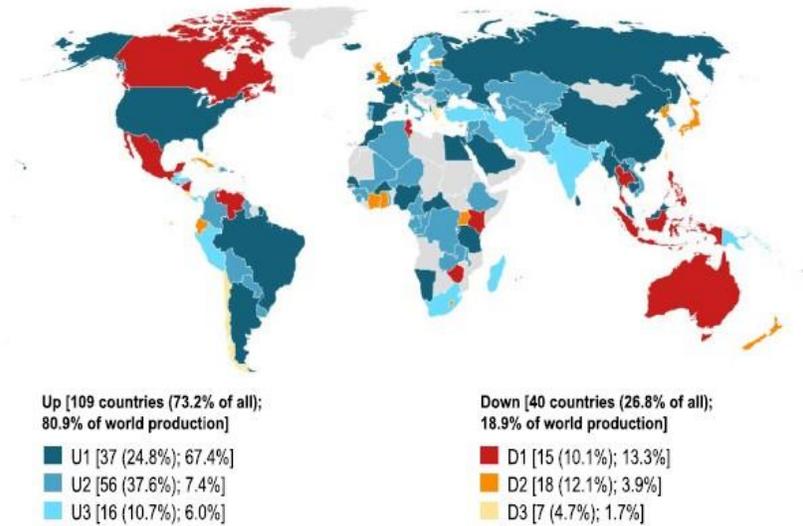
**=> Une vision stratégique de la structuration des filières, de la sécurité alimentaire et de l'aménagement des territoires**

# Une lente tendance à la diversification au niveau mondial

(a) ENS and production, all species

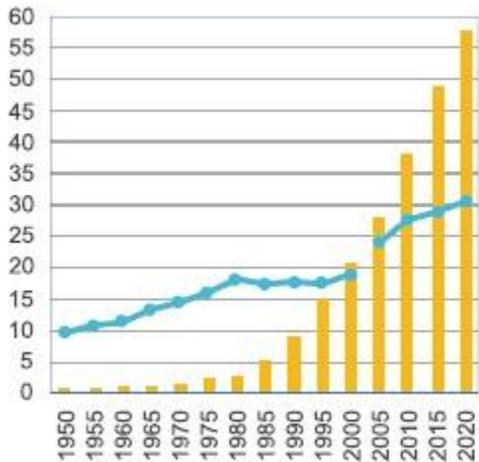


(a) 30-years ENS trends (1990–2020)

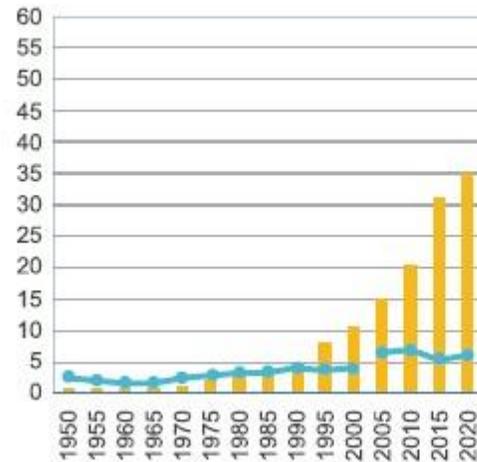


*Cai et al., 2023*

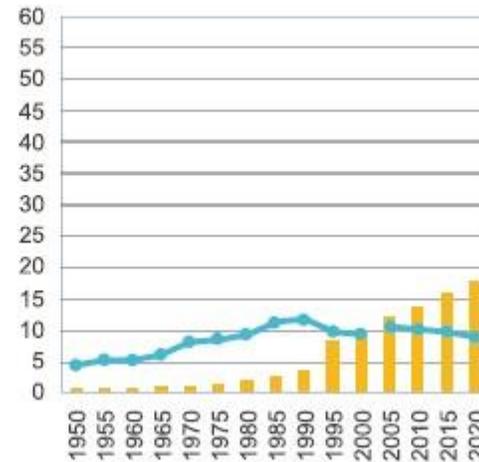
(c) ENS and production, finfish



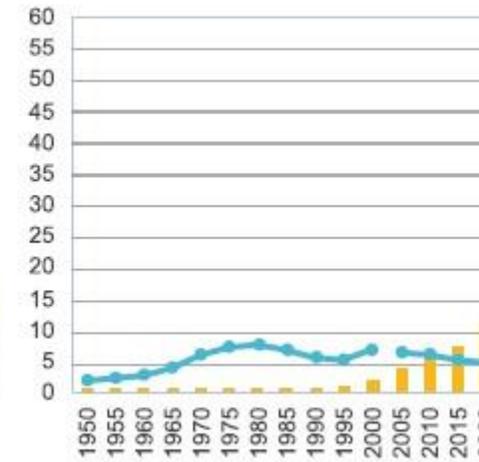
(d) ENS and production, algae



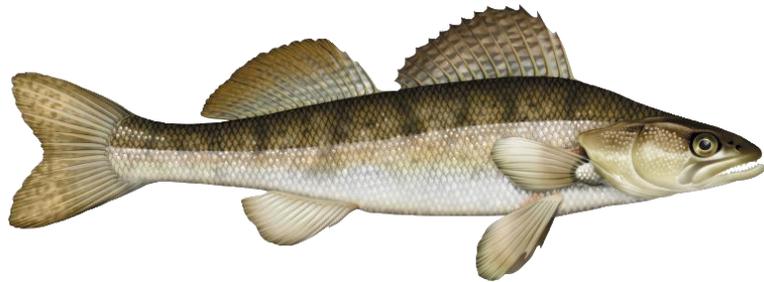
(e) ENS and production, molluscs



(f) ENS and production, crustaceans



Des succès et des échecs de  
domestication à l'échelle  
nationale



**Démarches sans lien avec les enjeux liés au changement climatique !**

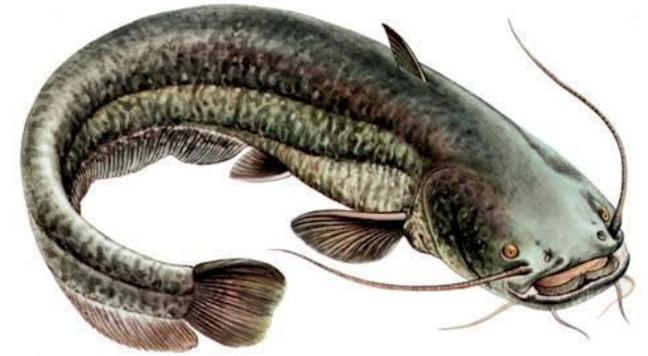
## L'élevage du silure glane : **un échec majeur** dans les années 1990s

*Fontaine et Vandeputte, 2009*

« Projet de production de **15000 t pour le début des années 2000** (50-80 fermes, 25-30 M d'euros d'investissement, création de 70 emplois en production et **1.5 M d'euros d'investissement** et 60-80 emplois par les industriels de la transformation) »

### De multiples raisons de l'échec :

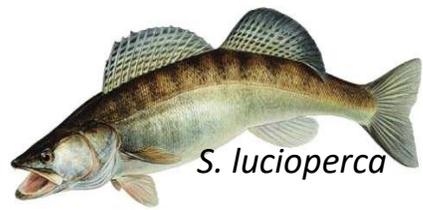
- Image de l'espèce
- Coûts de production / produits concurrentiels
- Sociologiques / acteurs
- Organisationnel
- ...



*Clarias sp.*



*Ictalurus punctatus*



*S. lucioperca*

Production en RAS estimée 3000 t en 2020

Kazakhstan, Ouzbékistan, Danemark, Tunisie ...

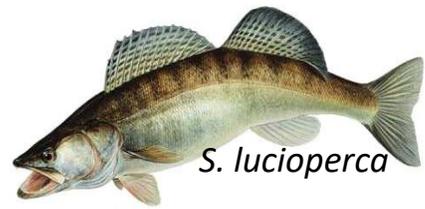
25 000 t pour les pêches

Aquapri (Dk), 600 t, créée en 2015

Surface de 20 ha (culture de pomme de terre)

Rachat récent par des actionnaires français!





Objectif : Qq tonnes => 40 tonnes



la Ferme  
Intégrale\_

D'autres projets sont à l'étude.

Un succès modéré.

# Le développement de l'acipensériculture en France = un vrai succès !!

*A. sturio*



*A. baeri*



*A. gueldenstaedtii*



43 tonnes de caviar  
13 sites de production  
7 entreprises

Données du CIPA



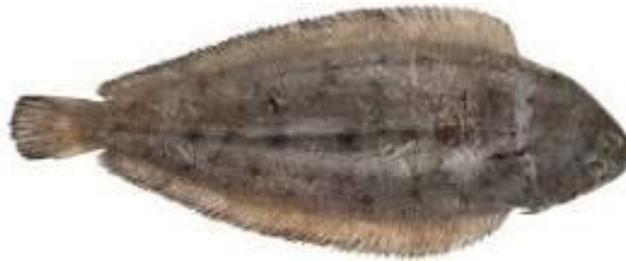
## Et en pisciculture marine



Turbot

Production mondiale de 78 000 t dont 8700 t en Espagne

Arrêt de la production en France



istock.com - 2209151297

Sole tropicale

Production mondiale de 17 000 t dont 1200 t en Espagne

Espagne et France,

Deux pays très proches, mais deux environnements très différents pour le développement de l'aquaculture

Un succès et un échec !



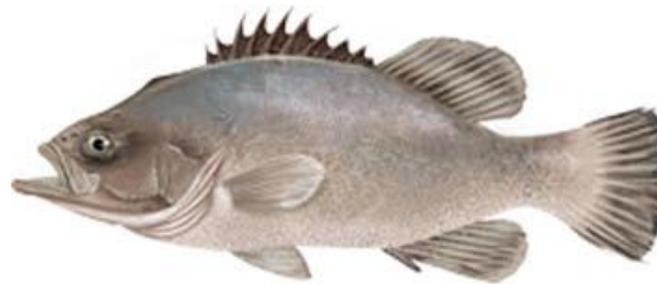


2013-2018 : 31 partenaires, 6 espèces cibles, 9 M€

## Approche ciblée sur les points de blocage spécifiques à chaque espèce



**Sériole** => stable



**Cernier** => stable or ↓



**Maigre** => ↑, 10 000 t, + 230 % (FAO)



**Flétan** => stable



**Mulet** => des points de blocage demeurent



**Sandre**

*Bilan post projet en 2024: Mylonas C. et Duncan N.*

# Pourquoi un succès ou un échec ??

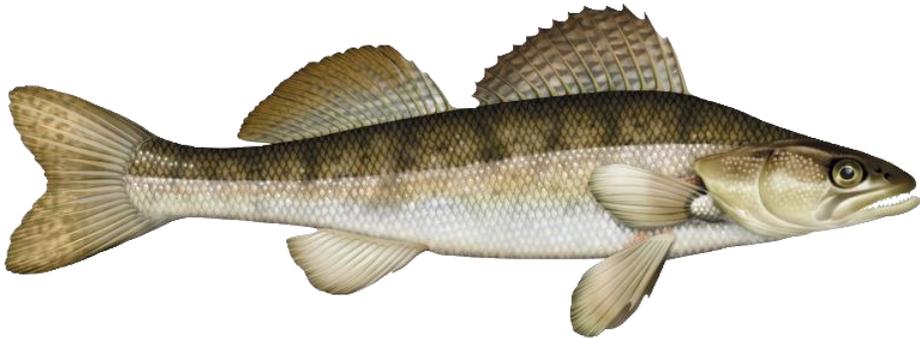
- **Raisons multiples**

- **Marchés** : segment visé/ concurrence (autres espèces, poissons des pêcheries), demande des consommateurs (perception), image de l'espèce (ex : mullet, silure)
- **Economie** : coûts de production (ex : RAS / percidés)
- **Points de blocage zootechniques** demeurent (ex : cernier)
- Espèce avec une vitesse de croissance trop lente

...

**Distinguer les bilans en terme de domestication et de diversification (développement économique) ...**

Face à ce bilan mitigé, quel serait  
l'intérêt de domestiquer de  
nouvelles espèces ou populations /  
changement climatique ?  
= « diversifier la production »



# Le climat en France en 2050

(Comparaison à la période 1976-2005)



**+2,2 °C**

de hausse des  
températures moyennes  
en France.



**5 à 15 jours**

de vagues de chaleur  
en plus selon un axe  
nord-ouest/sud-est.



**- 10 %**

des cumuls de pluie en été.  
Les sécheresses sont plus  
longues en été jusqu'à 5 à  
10 jours supplémentaires.



**-20 % à -50 %**

d'épaisseur de neige  
en moyenne montagne  
à l'horizon 2050.



**10 à 20 jours**

de gel en moins, d'ouest en  
est du pays et en montagne.

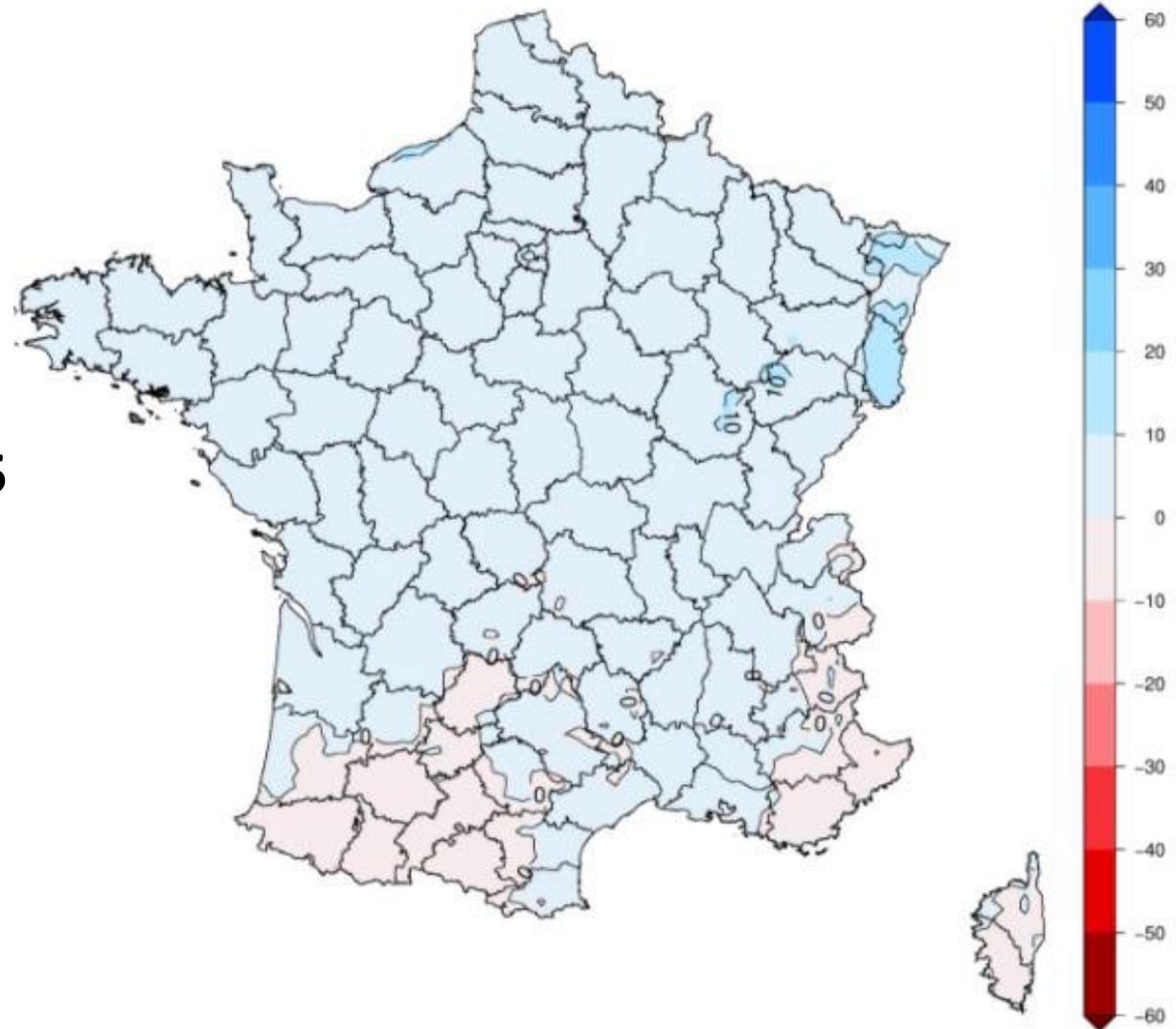


**10 à 20 nuits**

tropicales en plus sur la  
moitié nord de la France,  
et jusqu'à 50 nuits sur les  
régions méditerranéennes.

# Quelles projections (*DRIAS-2020, Explore 2, Ensembles CPM*) ?

- Différents scénarios modélisés en fonction de notre capacité à réduire nos émissions de GES
- Hausse continue des températures annuelles atteignant + 1,5°C (RCP4.5) à + 2°C (RCP8.5) vers 2050 / période 1976-2005
- Précipitations : contraste saisonnier renforcé (hausse en hiver, baisse en été), plus de pluie au Nord / Sud, plus de précipitations extrêmes



# Quelles conséquences sur l'aquaculture française ?

- **Disponibilité : manque ou excès d'eau**
  - Incapacité ou difficultés de production
- **Élévation de la température des masses d'eau**
  - *Effets directs sur les espèces : menacées vs favorisées*
    - Effets sur toutes les fonctions biologiques (nutrition, reproduction, respiration, croissance ...)
    - Dépassement des températures létales en été surtout en milieu lentique => mortalités
    - Périodes hivernales pas assez froides pas assez longtemps => mauvaises performances de reproduction ou absence reproduction
  - Des espèces seront favorisées : les **pondeurs printaniers tardifs** (carpe commune, tanche, silure, black bass ...)

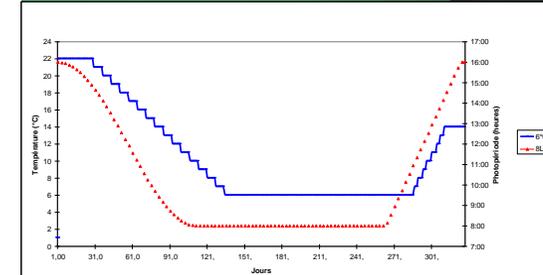
Etangs, août 2023



Elevage de truite



Pondeurs printaniers précoces



# Quelles conséquences sur l'aquaculture française ?

- **Élévation de la température des masses d'eau**

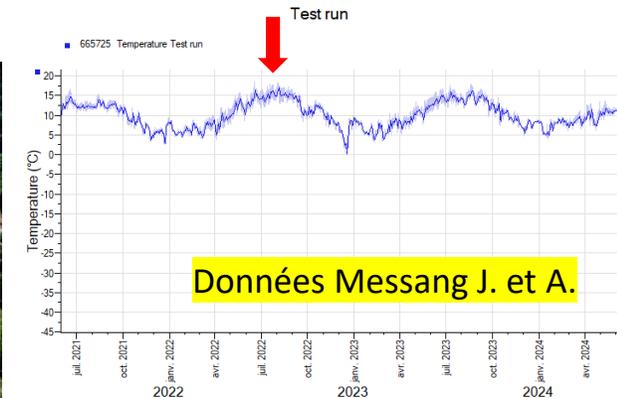
- **Effets indirects sur les espèces**

- Effets sur les agents pathogènes en lien avec l'évolution de l'état physiologique des poissons
- Toutes les pathologies d'eau chaude (ex: furunculose, et lactococcose en eau douce, Nodavirus en eau de mer) seront favorisées. (F. Esnault, Skretting, com. pers.)

- **Effets sur les agrosystèmes**

- Décalage entre les cinétiques thermiques et photopériodiques annuelles => quelles conséquences sur les dynamiques planctoniques, les réseaux trophiques (=> développement des larves?)

## Salmoniculture Messang



Augmentation des mortalités estivales ( $T > 14^{\circ}\text{C}$ ) liées à un **myxosporidiose** en lien avec le développement de l'hôte intermédiaire (Bryozoraire)

2022 : 85 000 morts entre mi-août et fin novembre

Face à ce contexte, quelles solutions et quelles stratégies faut-il privilégier / nouvelles conditions environnementales imposées par le changement climatique (*intégrer les effets directs et indirects*)?

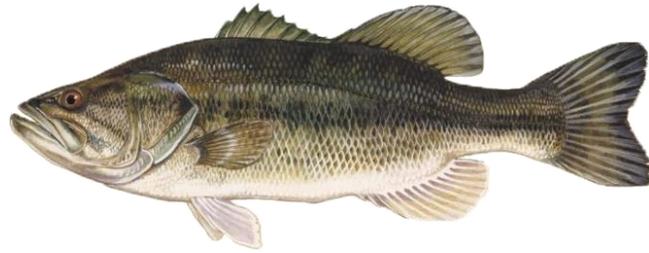
- **Faut-il élever de nouvelles espèces mieux adaptées aux nouvelles conditions environnementales?**
- **Faut-il mobiliser la variabilité génétique et phénotypique intraspécifique « naturelle et domestique » disponible?**
- **Faut-il sélectionner des génotypes plus résilients au changement climatique à partir des cheptels sélectionnés actuellement disponibles?**

Quelles nouvelles espèces?



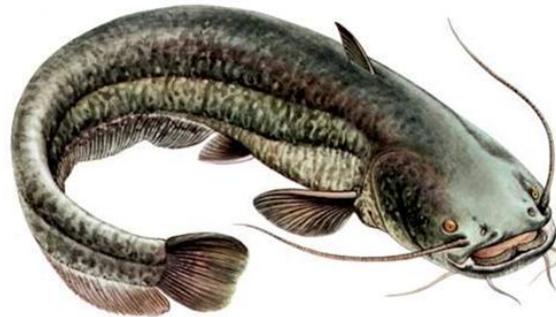
**Mais pour quel système d'élevage?**

## Black Bass



Très bonne croissance à 23-27°C, résistant et tolérant / qualité de l'eau, très bonne chair

## Silure glane



Très bonne croissance à 26-27°C, résistant et tolérant / qualité de l'eau, très bonne chair

## Crevette d'eau douce



Optimum de croissance à 32°C, mortalité en dessous de 13°C, résistant et tolérant / qualité de l'eau, très bonne chair

Programme OPTICED

## Perche commune



Très bonne croissance à 20-22°C, résistant et tolérant / qualité de l'eau, très bonne chair

Espèce grégaire => forte densité

Comportement alimentaire comme la truite

Beaucoup de connaissances existent.

Des programmes d'amélioration génétiques ont été engagés depuis 5-6 ans?



**Mais il faut viser la production de plus gros poissons (200-400g)  
=> viser de nouveaux marchés / marchés traditionnels**

**Réduire l'impact des arrêtes chez les gros poissons**

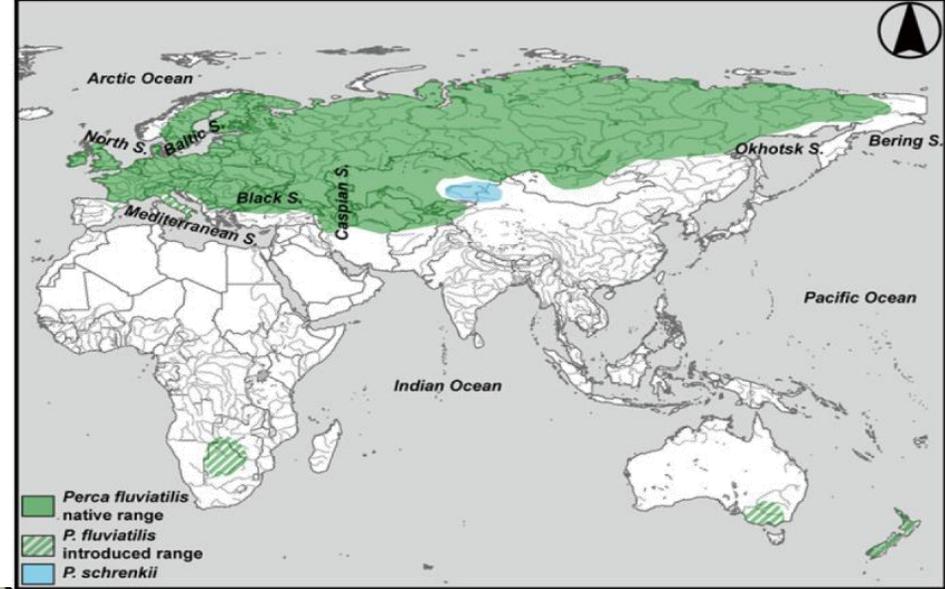
***Attention aux Perhabdivirus!***

Peut-on mobiliser la  
variabilité interspécifique  
domestique et naturelle  
disponible?



Une très forte variabilité intraspécifique peut exister (sauvages et domestiquées).

Vaste aire de distribution => diversité des habitats et des phénotypes



Thèse L. Toomey (2020)



Cette démarche existe dans d'autres secteurs agronomiques

**INRAE**

**Ex : Production de maïs**

La céréale la plus produite au monde : 850 Mt (15 Mt en France)

Département Biologie et Amélioration des  
Plantes

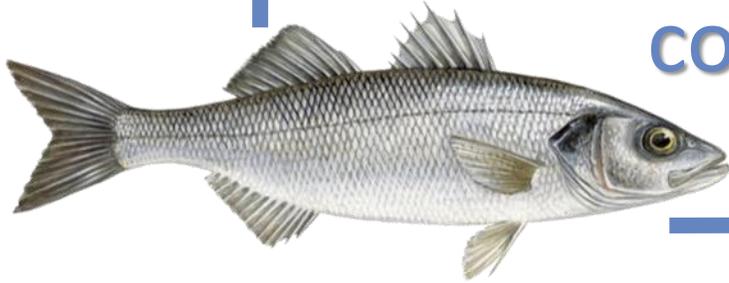
Unité Expérimentale DIASCOPE

Stage A. CONVARD

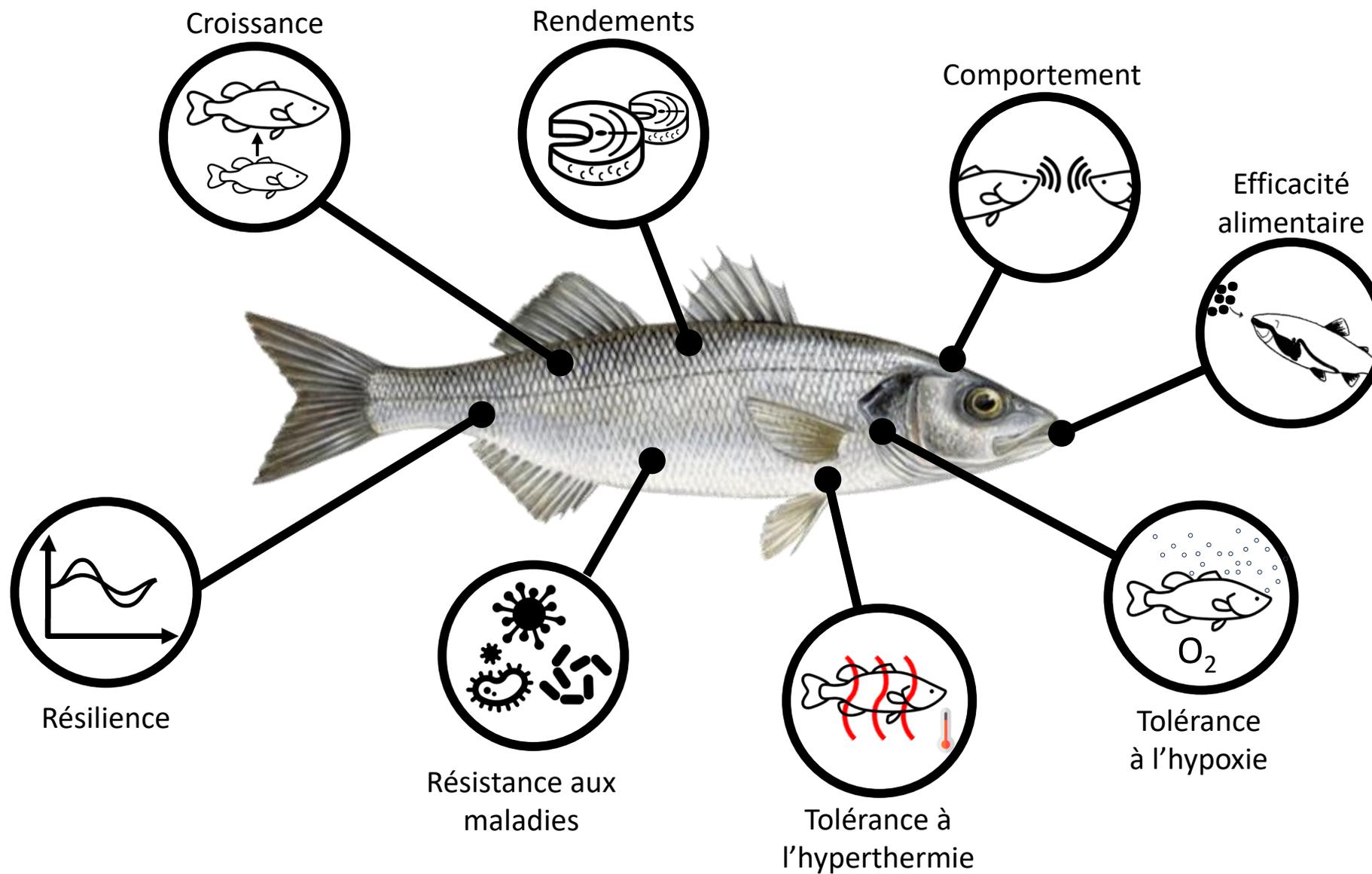


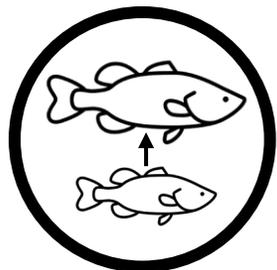
**Recherche et tests de variétés oubliées de zones arides résistantes au manque d'eau (Maghreb)!**

Peut-on mobiliser la variabilité  
intraspécifique et sélectionner des  
génotypes plus résilients face aux  
conditions futures ?

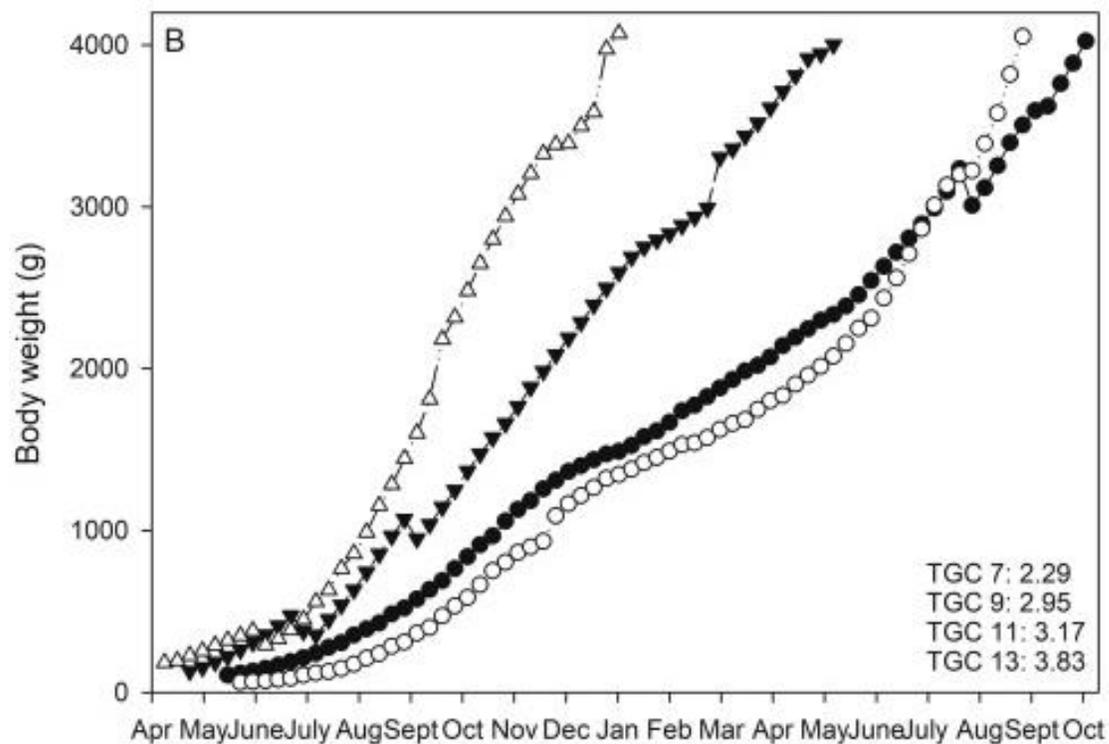


# Quels caractères sélectionner pour s'adapter au changement climatique ?



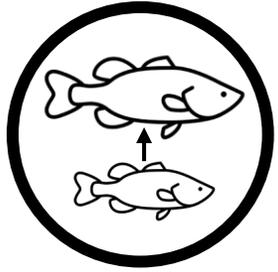


## La croissance ?



Næve, et al. 2022  
**AquaGen**

Temps de production divisé par 2 en 6 générations



## La croissance ?

Temps de production divisé par 2 en 6 générations

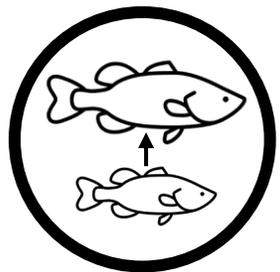


Diminuer le temps d'exposition aux poux de mer  
mais aussi aux micro-méduses

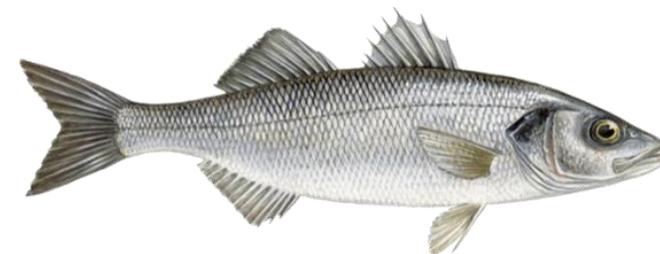


Næve, et al. 2022  
**AquaGen**

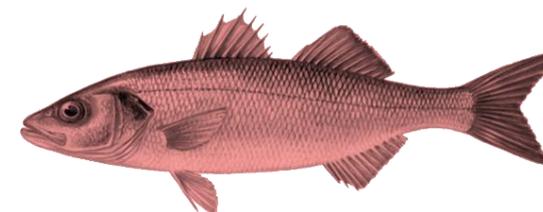
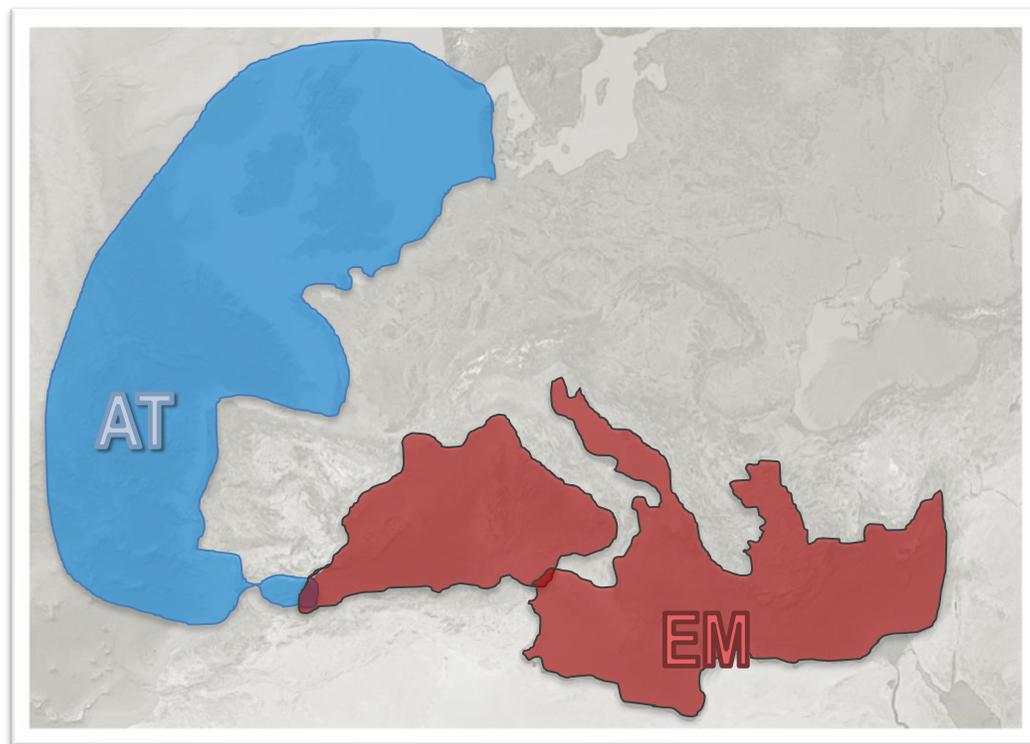
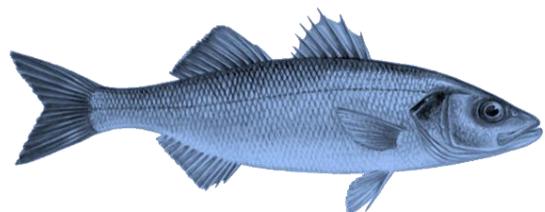


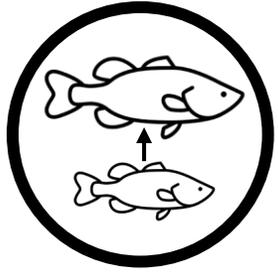


## La croissance ?



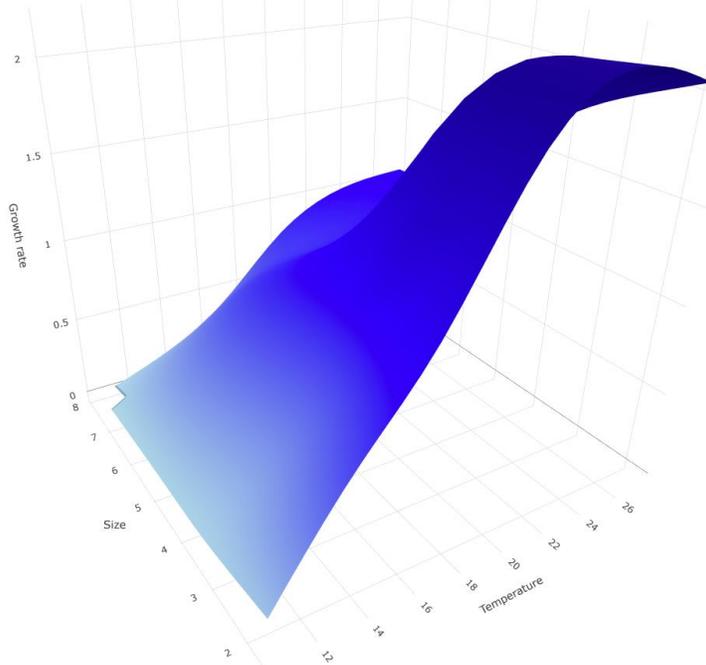
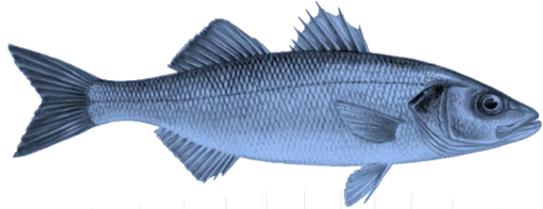
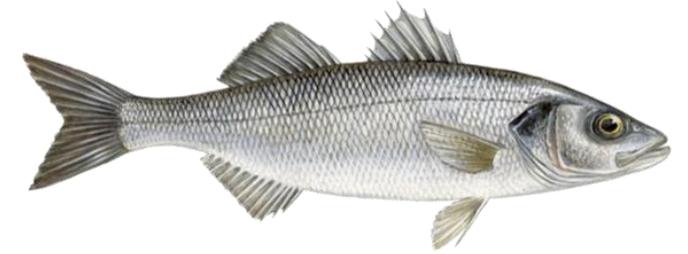
Du loup au bar... faut-il choisir?



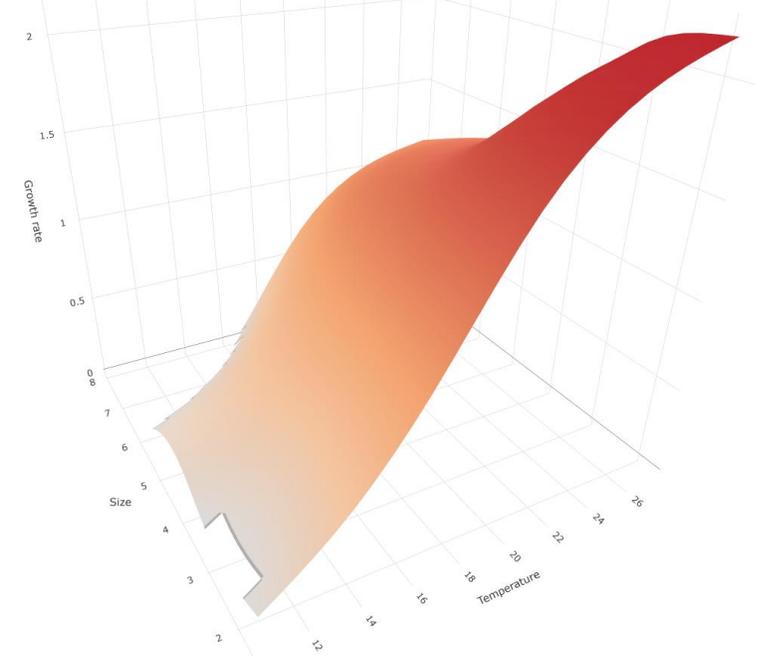
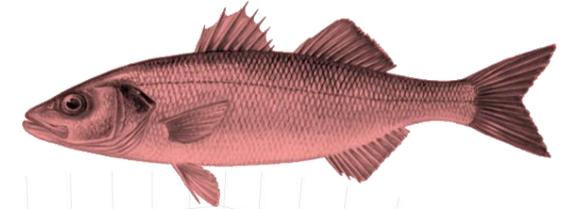


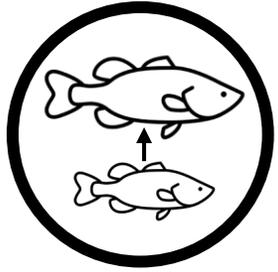
# La croissance ?

Du loup au bar... faut-il choisir?



Crestel et al. In prep

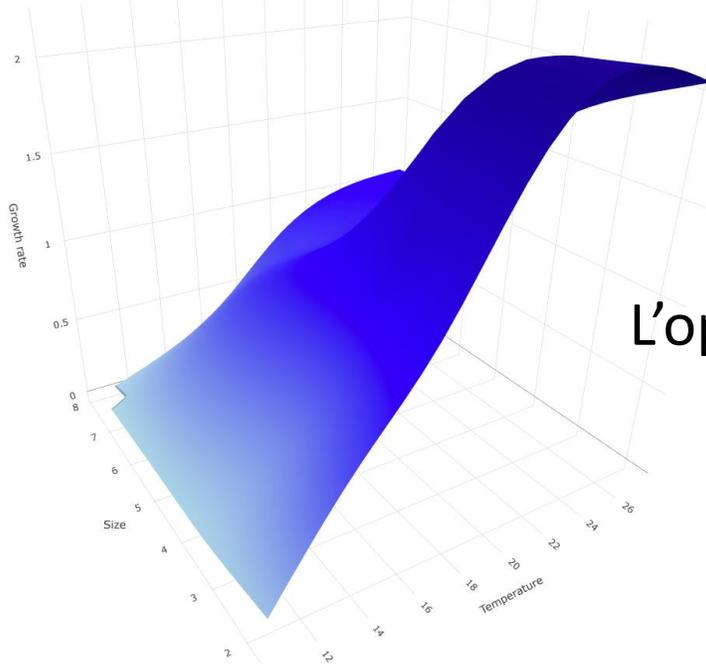
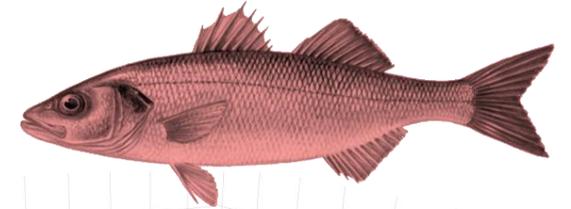
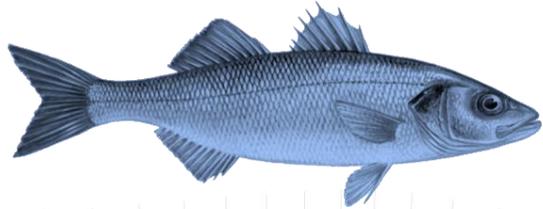




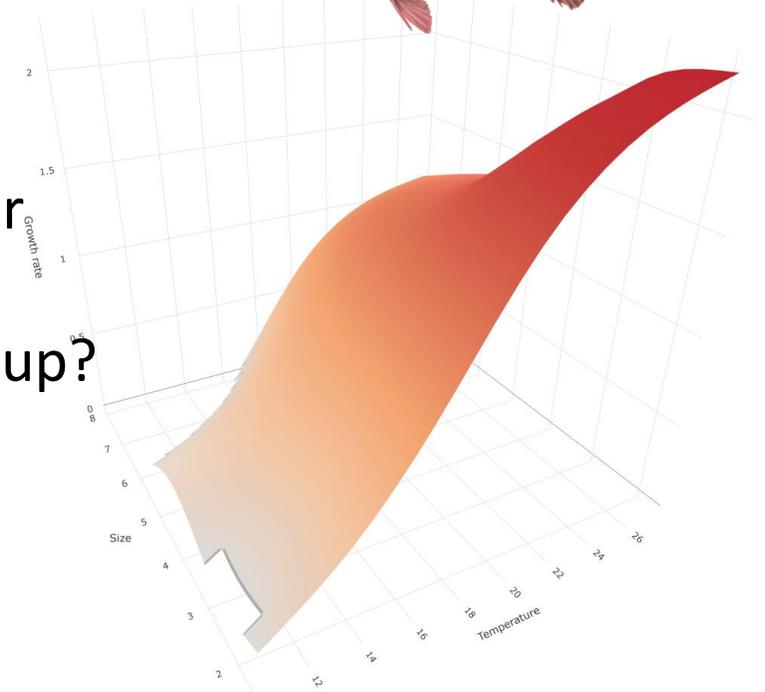
## La croissance ?

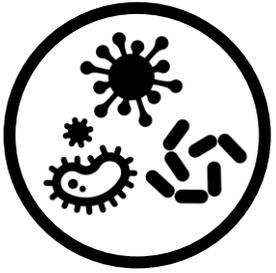


Du loup au bar... faut-il choisir?



Le boost de croissance estival du bar  
ou  
L'optimum thermique plus chaud du loup?

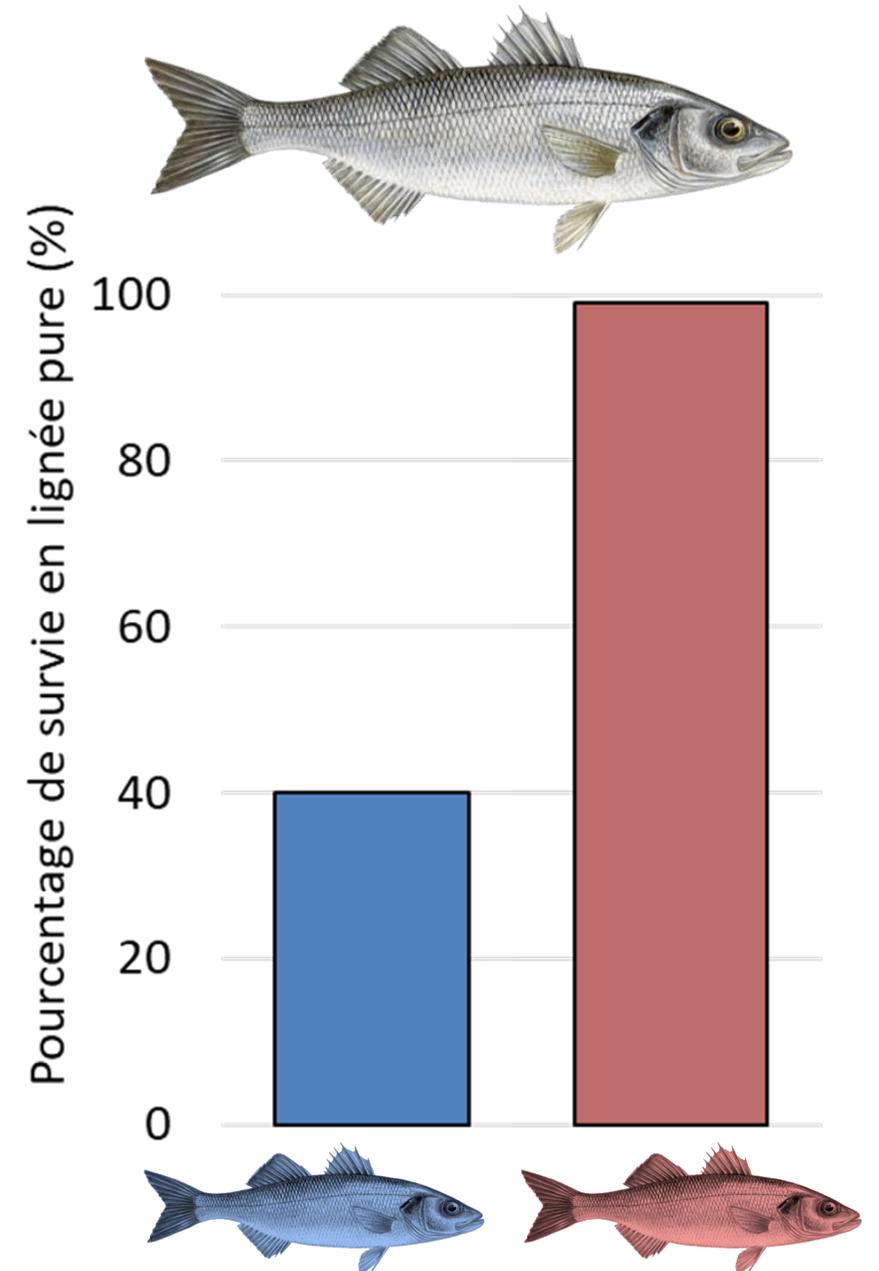
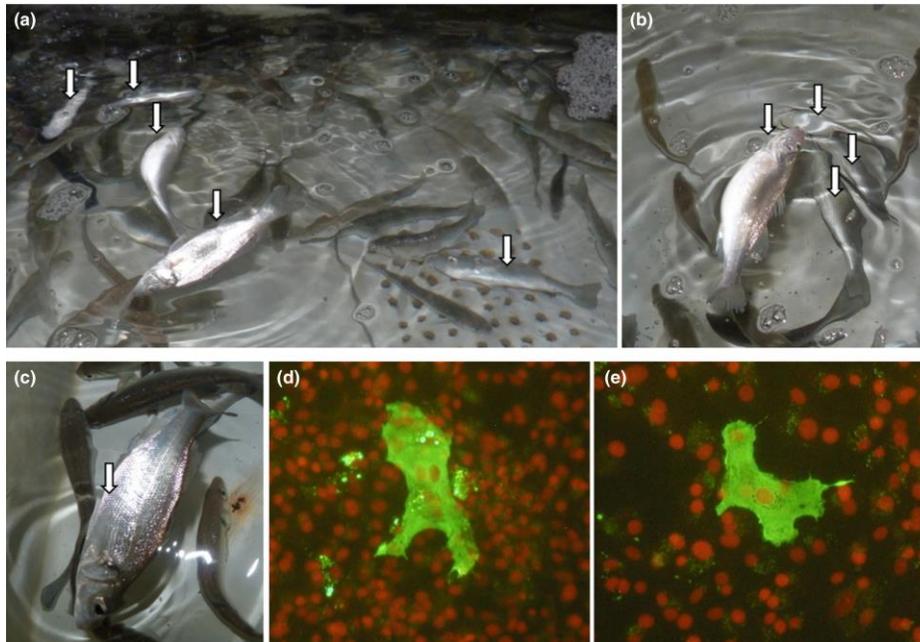


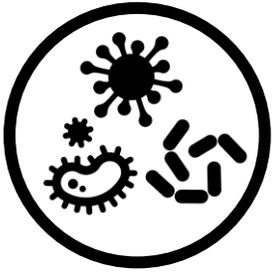


## Résistance aux viroses

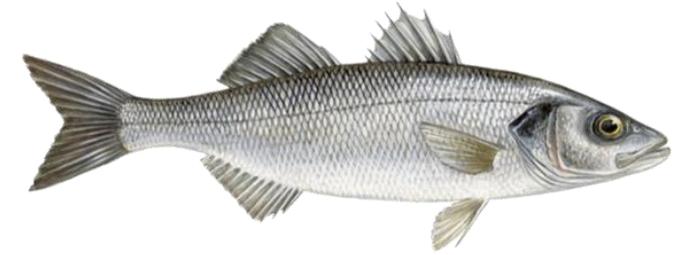
Du loup au bar... faut-il choisir?

Le cas de la nodavirose





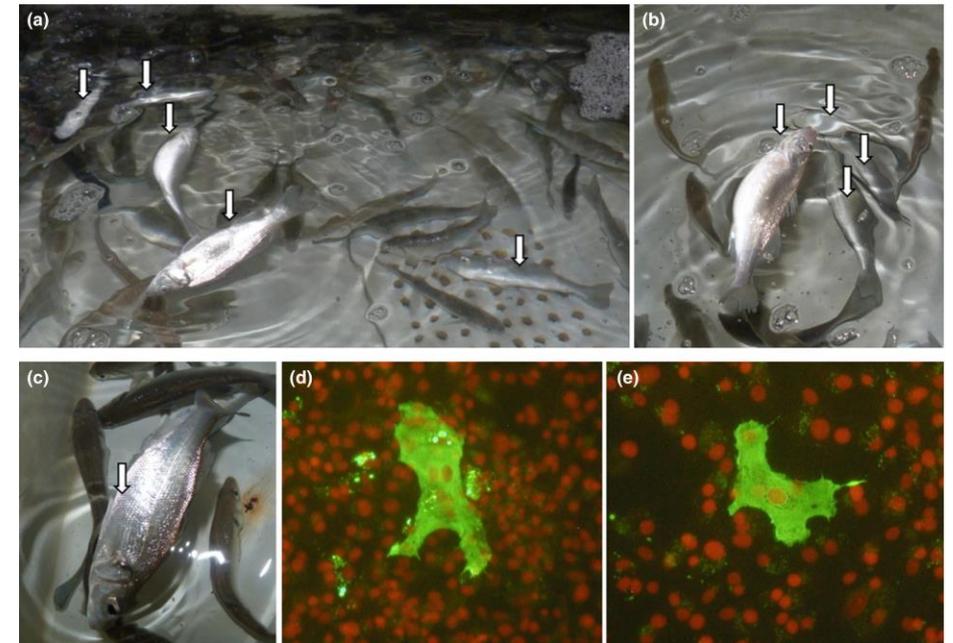
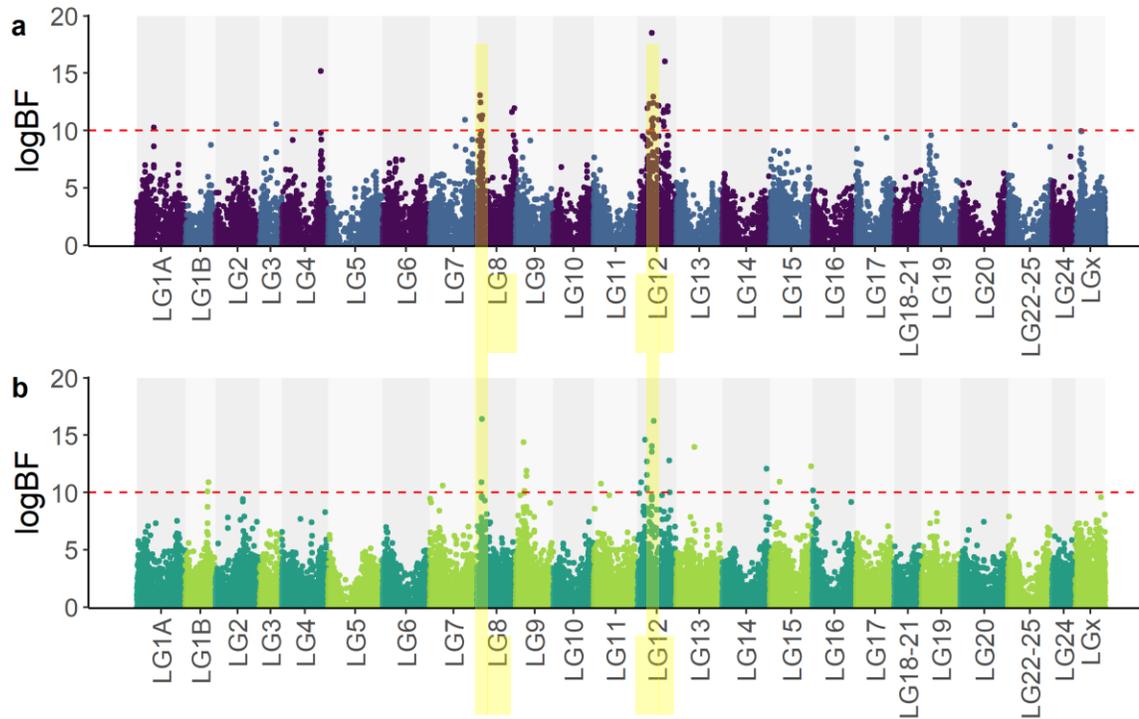
# Résistance aux viroses

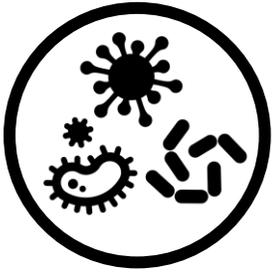


Du loup au bar... faut-il choisir?

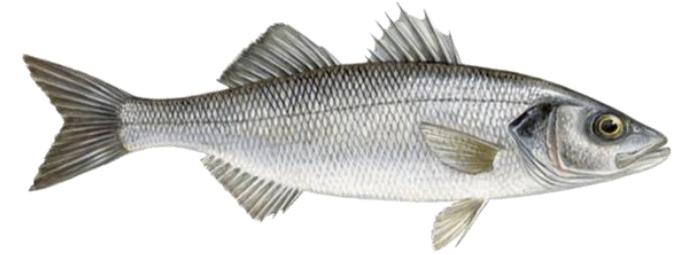
Le cas de la nodavirose

## Identification d'un gène de résistance



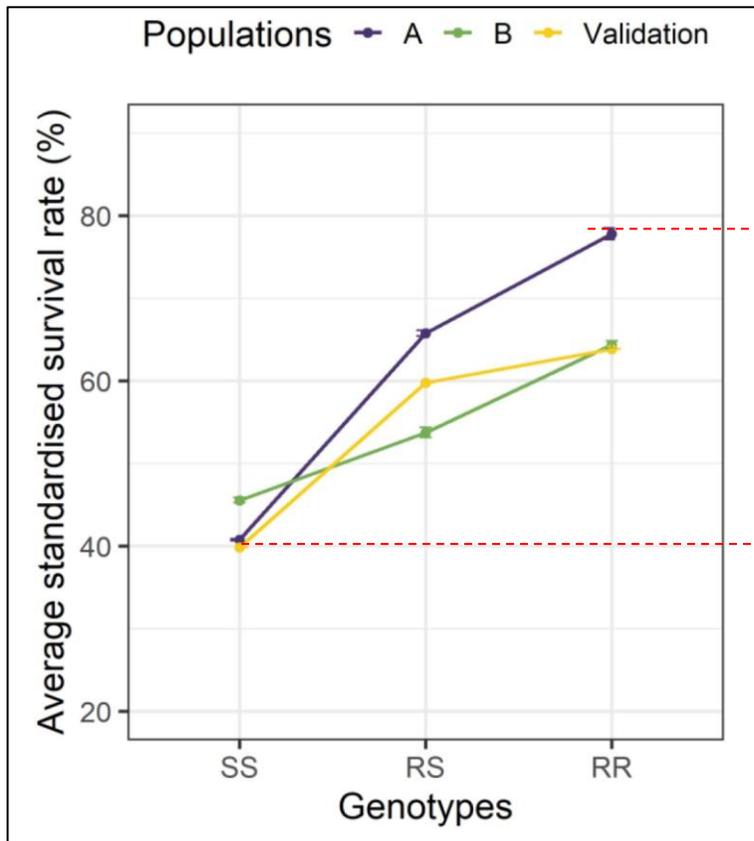


# Résistance aux viroses



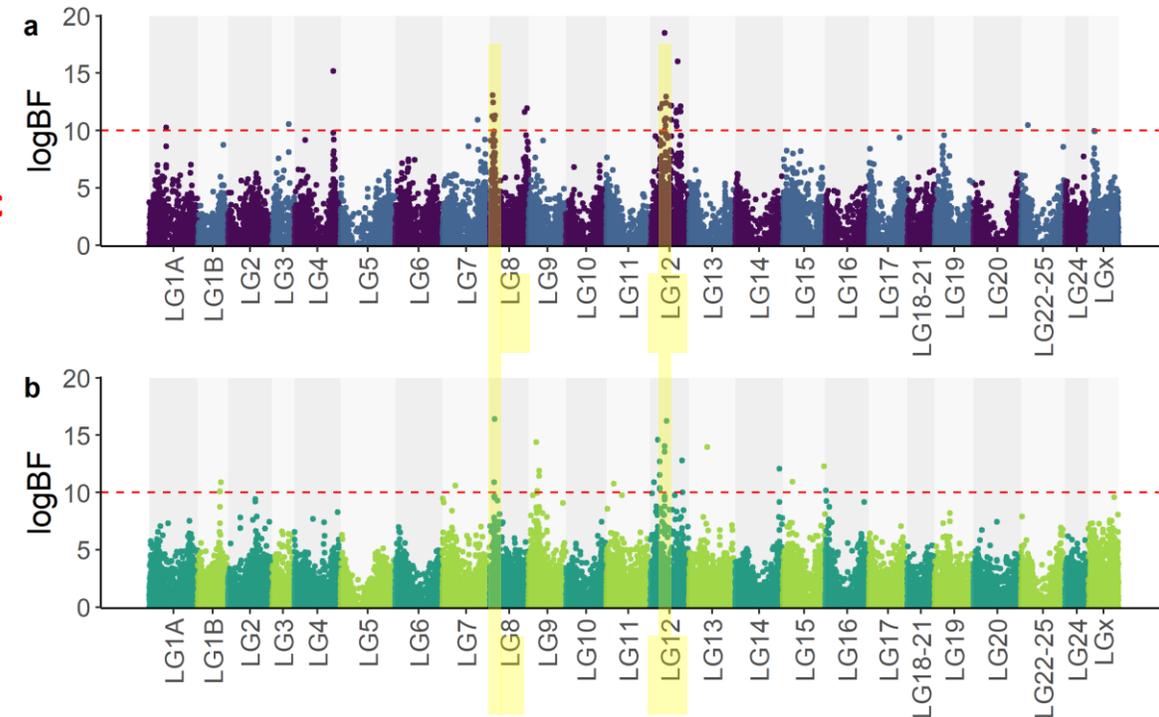
Du loup au bar... faut-il choisir?

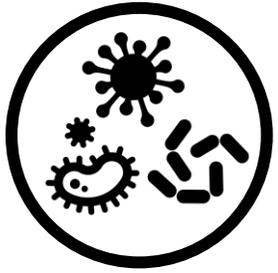
Le cas de la nodavirose



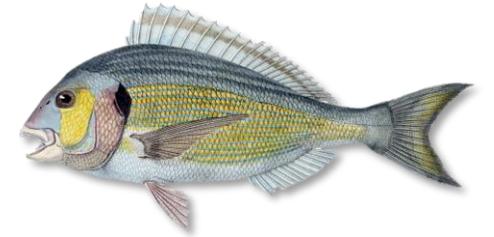
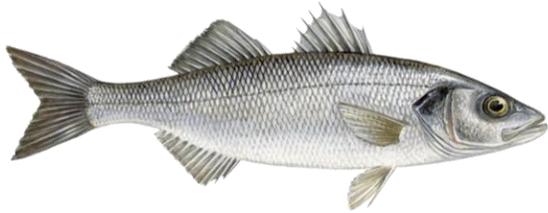
+ 40% de survie avec le génotype RR

## Identification d'un gène de résistance





# Résistance aux bactéries et parasites



**a**

*D. Labrax*  
*Vibrio harveyi*  
 $h^2 = 0.2 (\pm 0.06)$   
Héritabilité faible mais sélectionnable  
Griot et al. 2021

**b**

*S. Aurata*  
*Tenacibaculum maritimum*  
Héritabilité inconnue?

**c**

*S. Aurata*  
*P. damselae subsp. piscicida*  
 $h^2 = 0.3 (\pm 0.07)$   
Héritabilité  
Griot et al. 2021

**d**

*D. Labrax*  
*P. damselae subsp. piscicida*  
Héritabilité inconnue?

**e**

*D. labrax*  
*Mycobacterium sp.*  
Héritabilité inconnue?

**f**

*D. labrax*  
*L. kroyeri*  
 $h^2 = 0.4 (\pm 0.05)$   
Héritabilité modérée sélectionnable  
Oikonomou et al. 2022

**g**

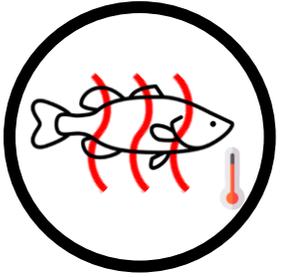
*O. Mykiss*  
*C. arthromitus*  
 $h^2 = 0.31 (\pm 0.04)$   
Héritabilité sélectionnable  
Haffray et al. 2018

**h**

*P. damselae subsp. piscicida*  
Héritabilité inconnue?

**i**

*D. Labrax*  
*P. damselae subsp. piscicida*  
Héritabilité inconnue?

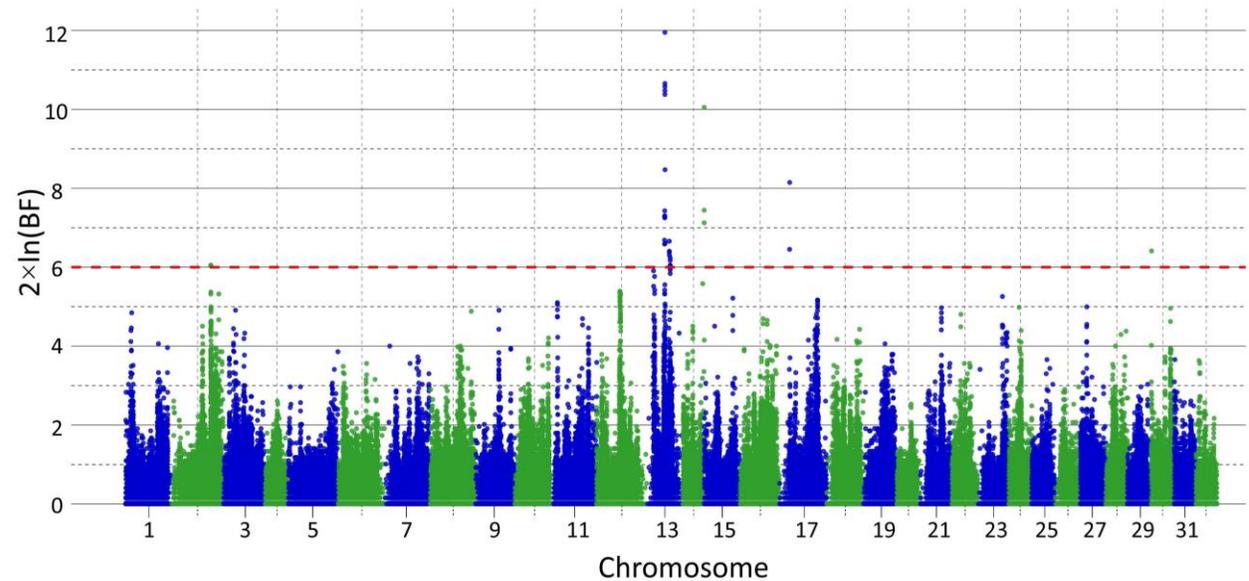
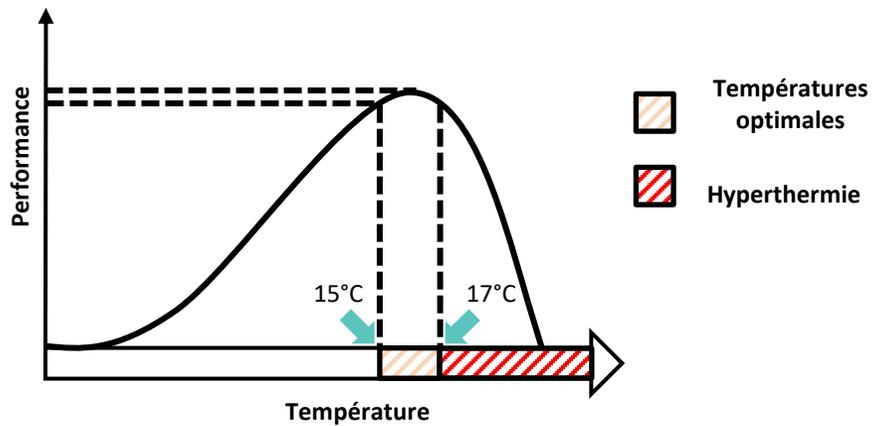


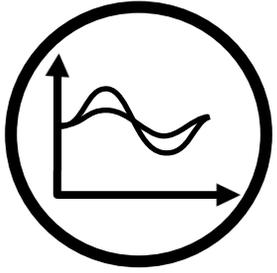
## S'adapter à l'hyperthermie



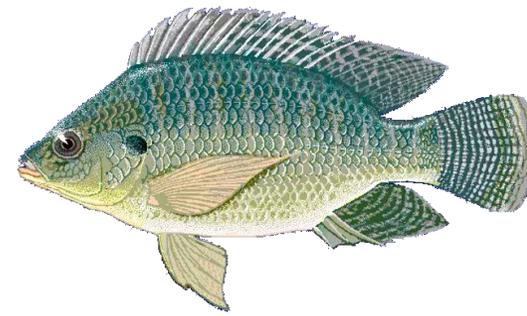
**Hyperthermie** : sélectionner des génotypes plus résistants face à l'hyperthermie aigüe.

**Amélioration de 5% par génération** (Lagarde, et al. 2023a, 2023b) sans impact défavorable sur les paramètres de production.



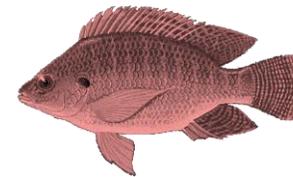
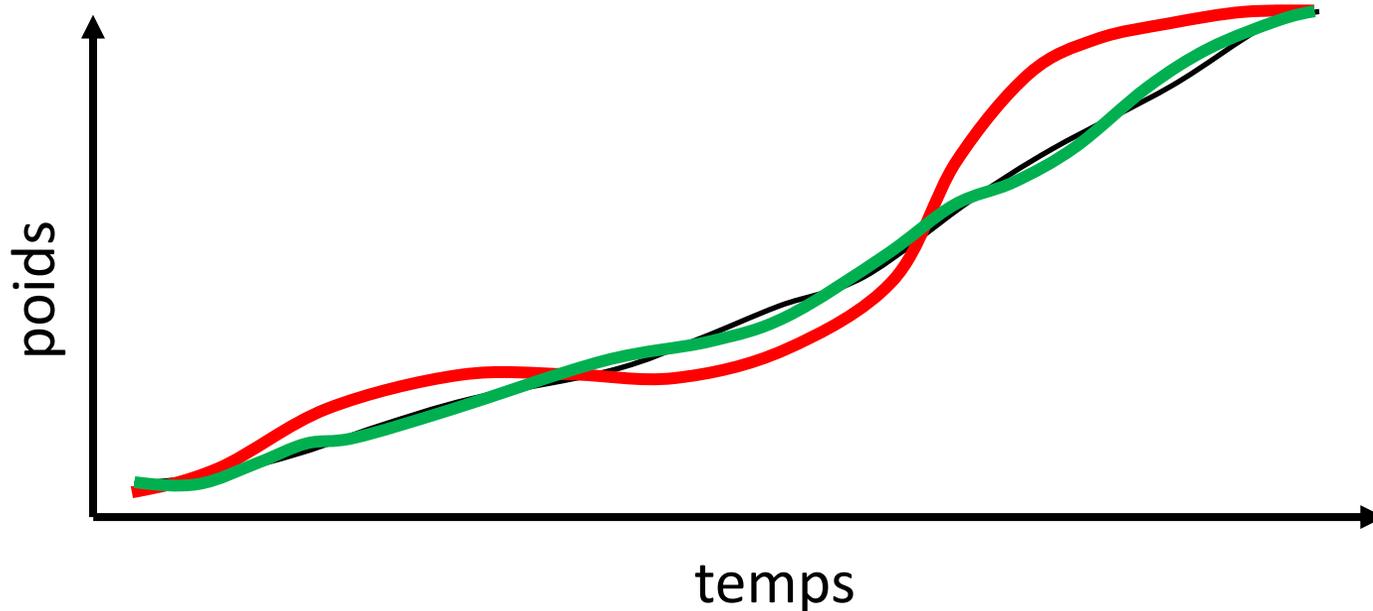


## LnVar: une évaluation de la résilience?

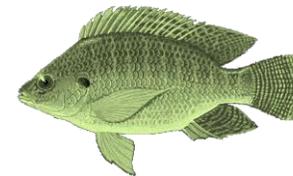


Une variable venue des élevages terrestres... moins l'animal fluctue en performance plus il est résilient

**LnVar** : les génotypes les moins fluctuants seraient plus résilients face aux variations de l'environnement.



LnVar+



LnVar-

$h^2 = 0.12 (\pm 0.04)$   
Faible mais héritable...

# Conclusions

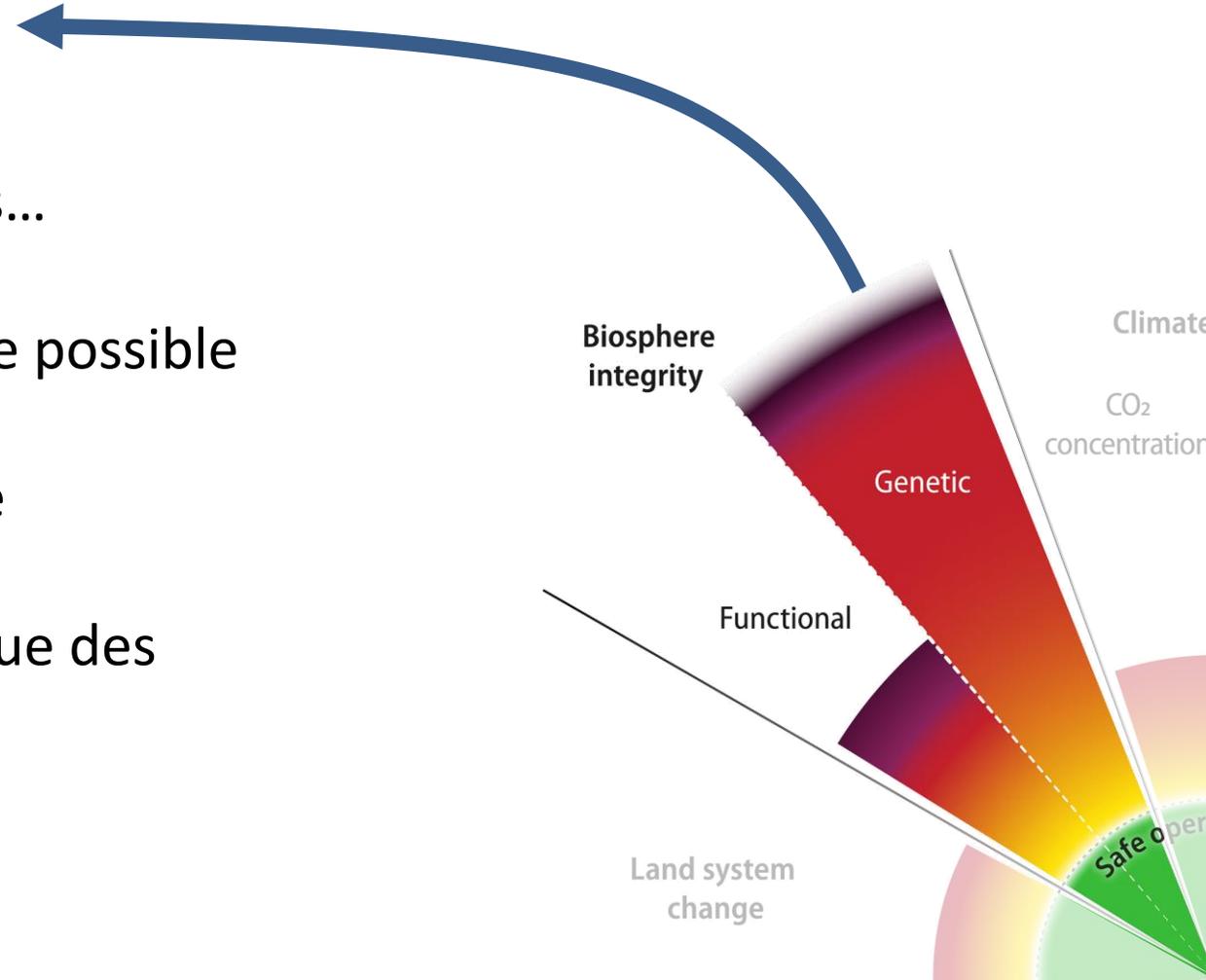
## Un réservoir de diversité en danger...

Le poisson de demain n'est peut-être déjà plus...

mais s'adapter au changement climatique reste possible

Des opportunités de diversification de la filière

Des possibilités d'exploiter la diversité génétique des populations commerciales



# Conclusions



Un **Plan Stratégique National** de conservation *ex-situ* des semences issues de différentes espèces d'animaux d'élevage, avec pour objectif de représenter la diversité génétique de toutes les populations d'élevage de France.

**IBiSA** Infrastructures en Biologie Santé et Agronomie

Découvrir IBiSA

Trouver une structure

Candidater à un appel d'offres

Actualités

## Cryobanque nationale (CBN)

Cryoconservation de matériel reproductif issu de différentes espèces d'animaux d'élevage, avec pour objectif de représenter la diversité génétique de toutes les races de France.

Site du CRB

Biosphere integrity

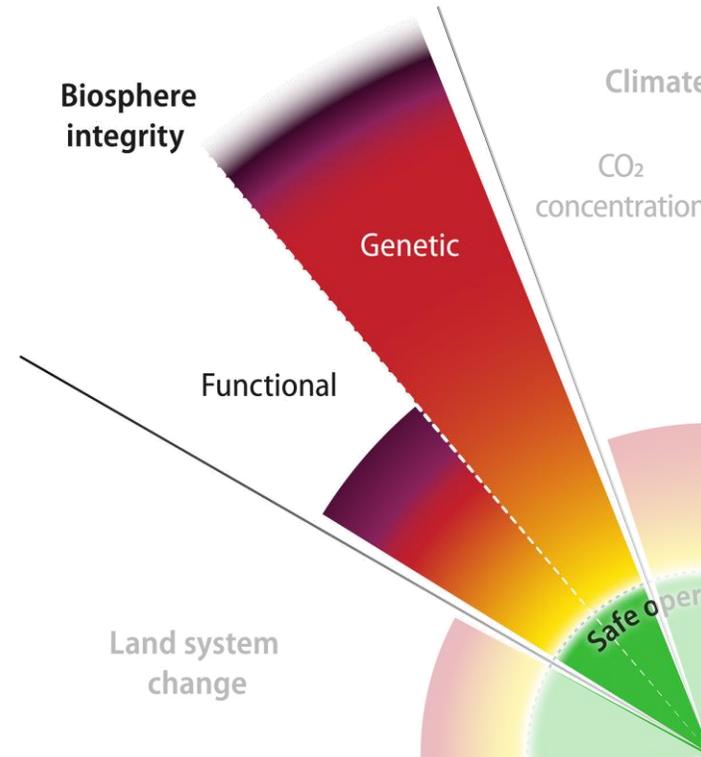
Genetic

Functional

Land system change

Climate  
CO<sub>2</sub>  
concentration

Safe oper





Merci

François Allal et Pascal Fontaine

