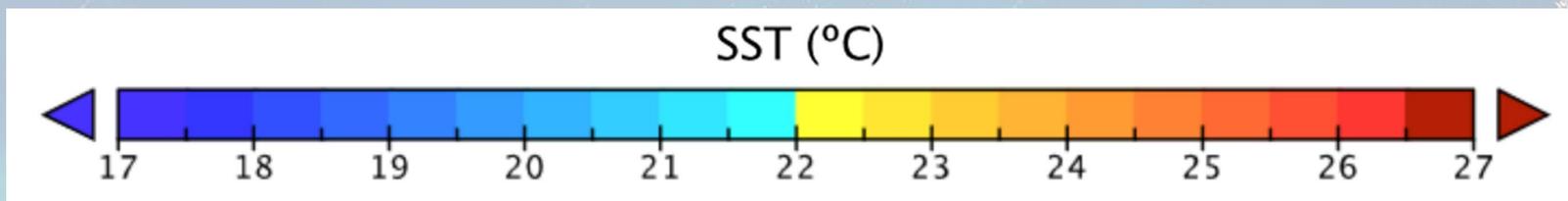
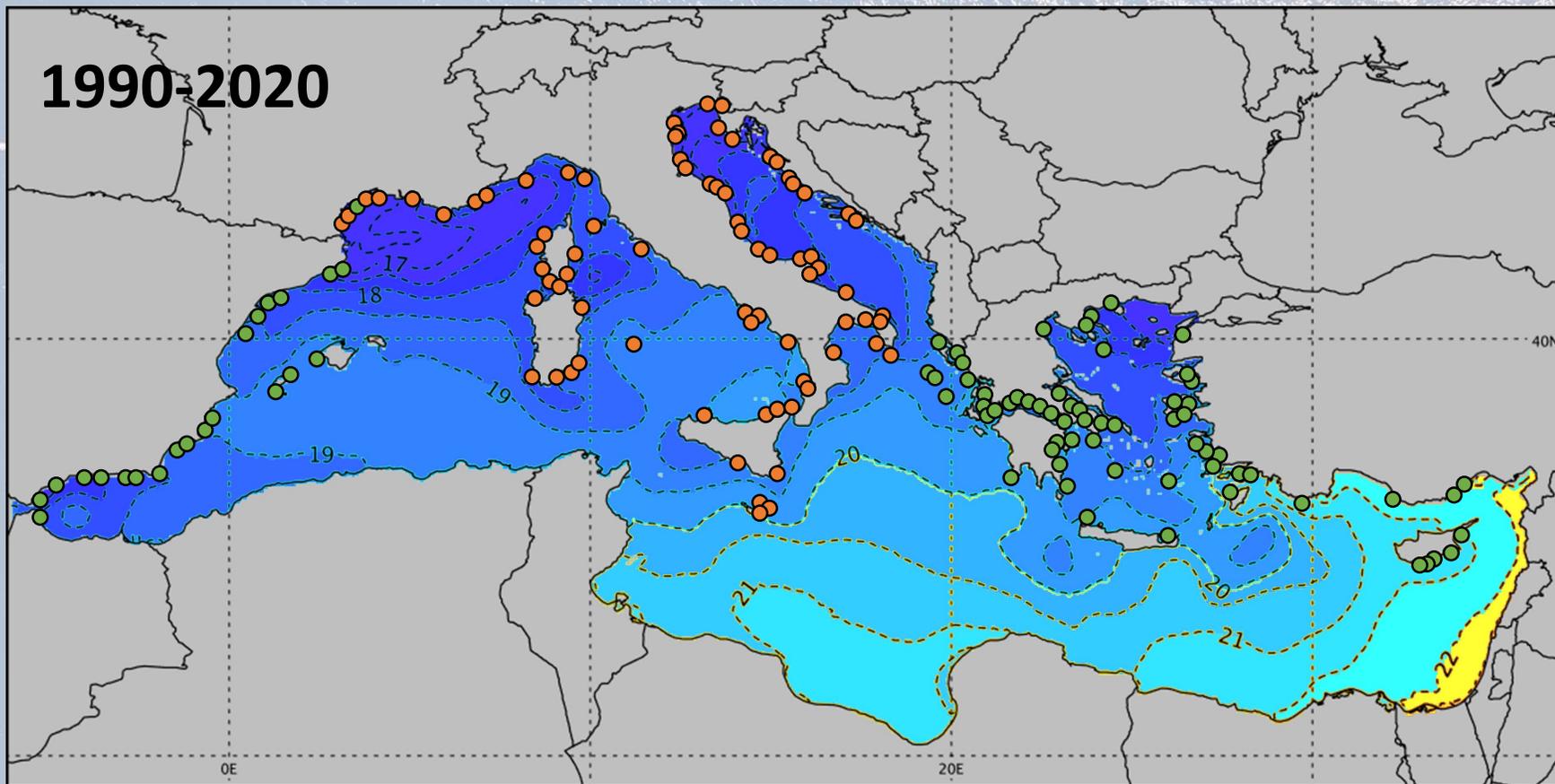




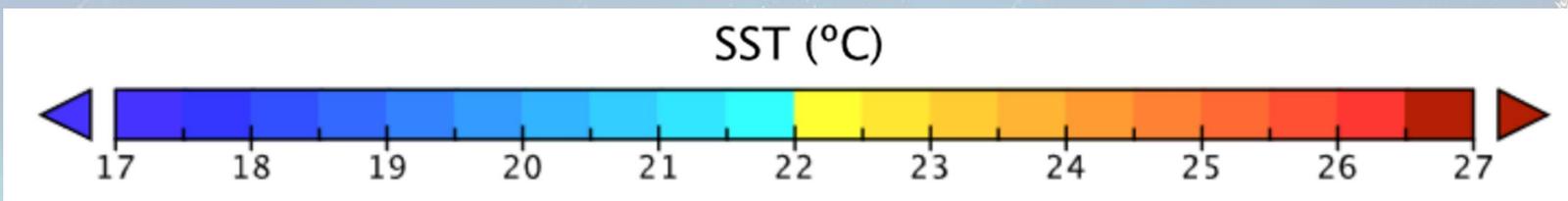
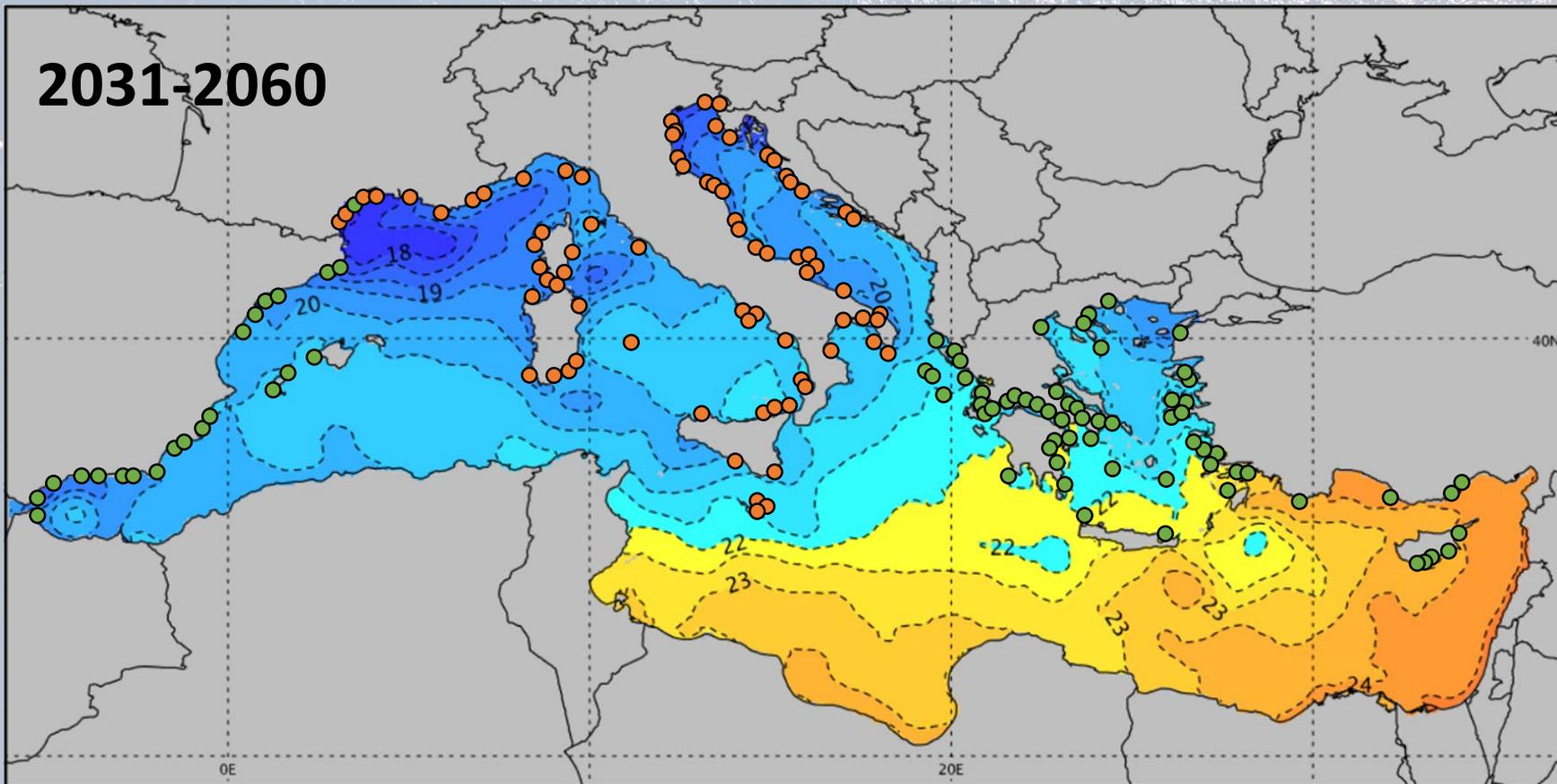
INRAE

Pisciculture et changement climatique : quelles pistes de recherches ?

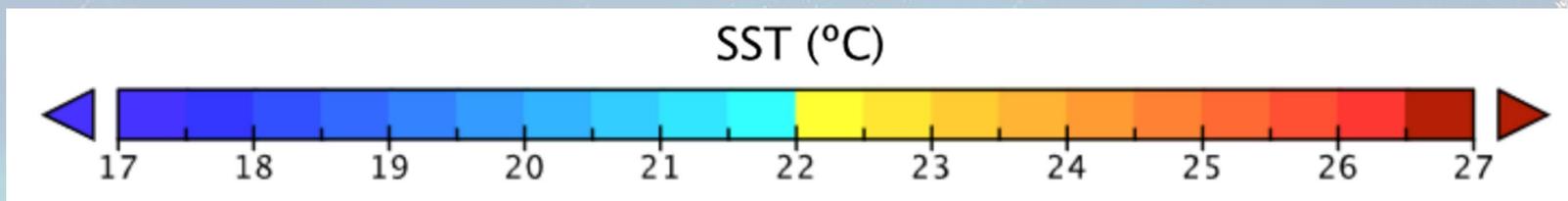
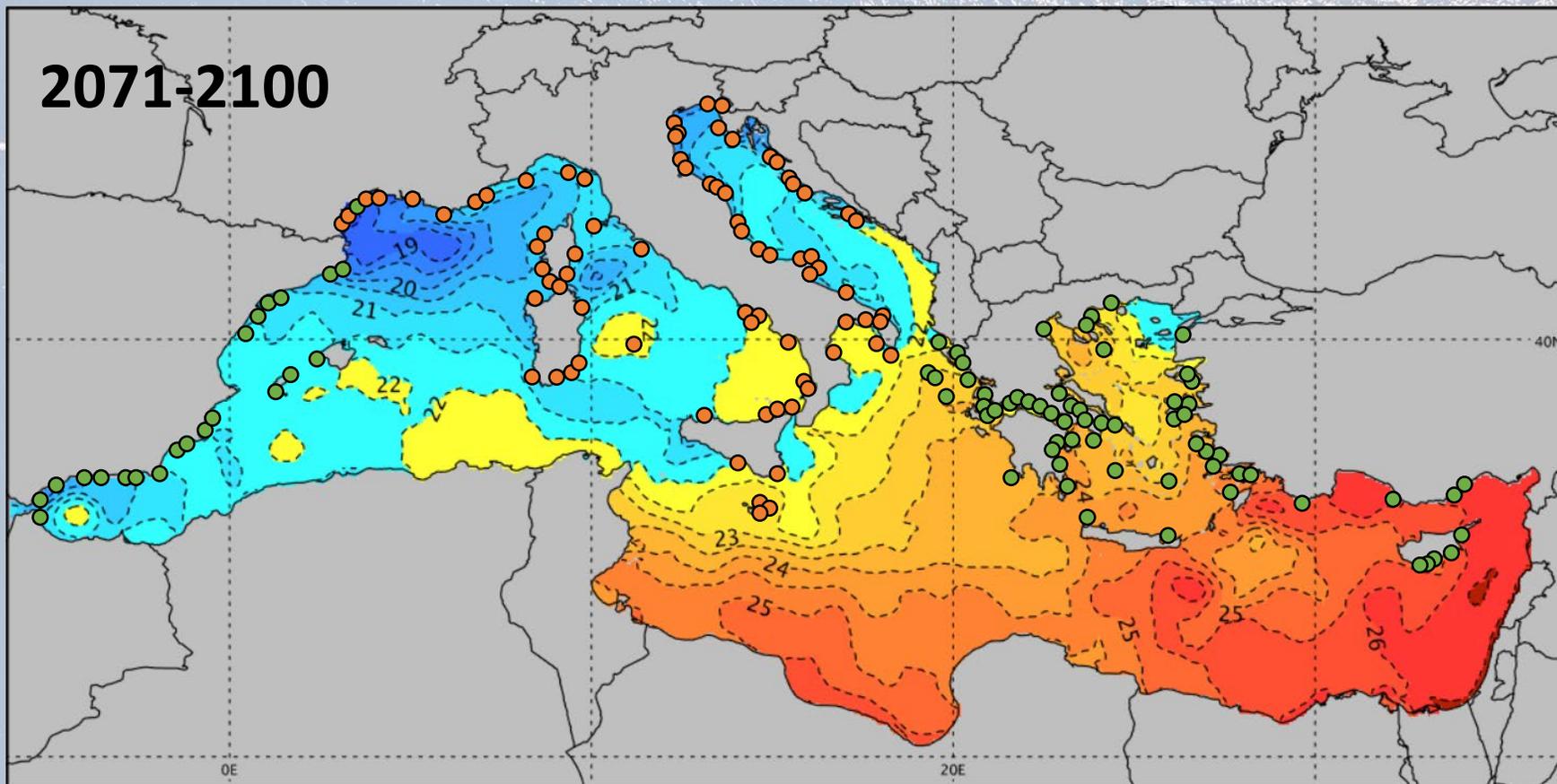
Marc Vandeputte – Animateur Groupe Filière Piscicole INRAE
Réunion EATiP France
Paris, 4 avril 2024



Vers une augmentation
de la température de
surface



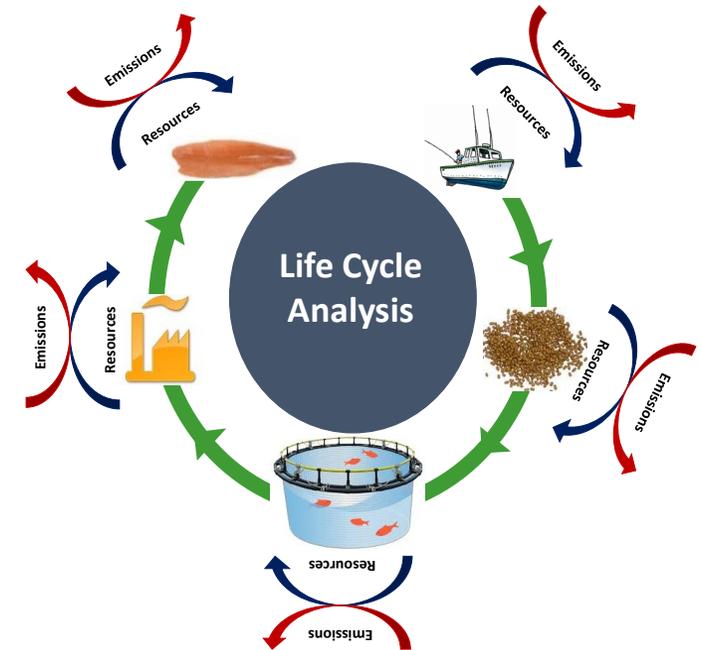
Vers une augmentation
de la température de
surface



Vers une augmentation
de la température de
surface

➤ 2 approches complémentaires: adaptation et atténuation

- Adaptation: limiter les impacts du CC sur les systèmes de production
- Atténuation: agir sur les causes → limiter l'accumulation de GES dans l'atmosphère: ↗efficacité globale des systèmes de production
- L'adaptation est (et sera) nécessaire mais il faut éviter les solutions qui iraient à l'encontre de l'atténuation
- Atténuation: outils d'évaluation indispensables (Analyse du Cycle de Vie + multicritères)



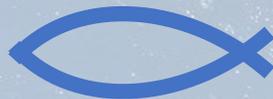
Les risques



Vagues de chaleur
Hypoxie



Acidification



Disponibilité en eau douce



Tempêtes et submersions



Eutrophisation

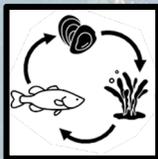


Pathogènes



Marchés matières premières

Quelles solutions possibles ?



Faire évoluer les systèmes de production



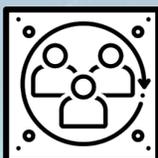
Faire évoluer les pratiques



Faire évoluer les animaux



Anticiper les risques



Faire évoluer la société

Quelles adaptations?

Les risques

Quelles solutions possibles ?



Vagues de chaleur
Hypoxie



Disponibilité en eau douce



Tempêtes et submersions



Eutrophisation



Pathogènes



Marchés matières premières



Quelles adaptations?

INRAE

➤ Exemples axés sur l'adaptation



➤ Pathogènes et changement climatique

- La réponse immunitaire des poissons est fortement influencée par la température et les chocs thermiques
 - Réponse cytokinique et inflammation, mécanismes génétiques de résistance, cinétique de la production d'anticorps
 - Les cellules T plus sensibles aux basses températures que les cellules B → Changements de type de réponse adaptative à des températures plus élevées
- Évolution rapide des virus à des régimes thermiques et adaptation aux changements de température
- Changement de l'aire de répartition géographique d'agents pathogènes et modifications de la liste des maladies présentes dans les territoires

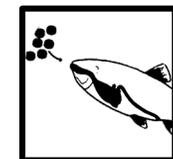
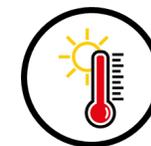


Infection et Immunité des poissons VIM INRAE
P Boudinot & B Collet



Virologie moléculaire des poissons VIM INRAE
S Biacchesi & J Millet

Infection et Immunité des poissons VIM INRAE
E Duchaud et T Rochat



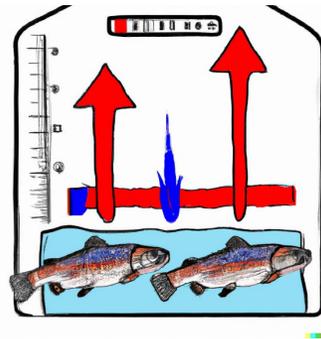
➤ projet HypoTemp



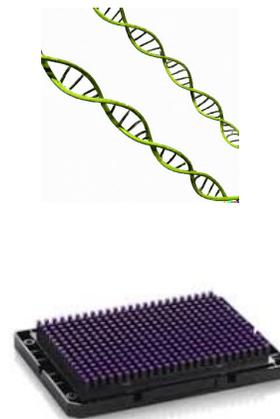
➤ Populations de truite arc-en-ciel



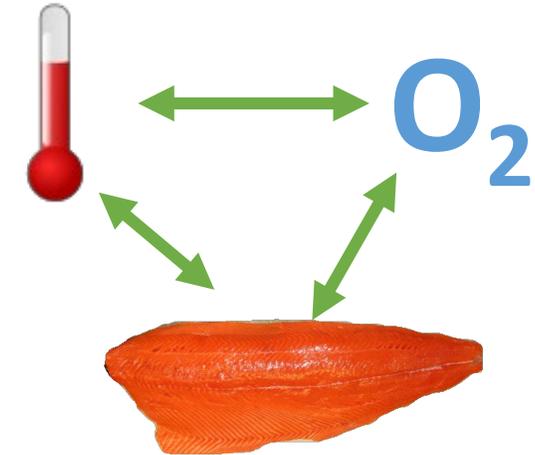
➤ Challenge °C ➤ Challenge hypoxique



➤ Genotypage



➤ Variation génétique et corrélations



Thèse Henri LAGARDE
INRAE-GABI
Novembre 2023



INRAE

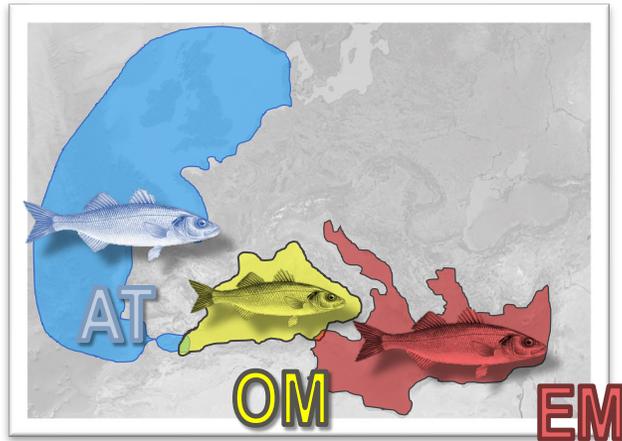
M.Vandeputte – Recherche piscicole et changement climatique
Journée EATiP France, 4 avril 2024



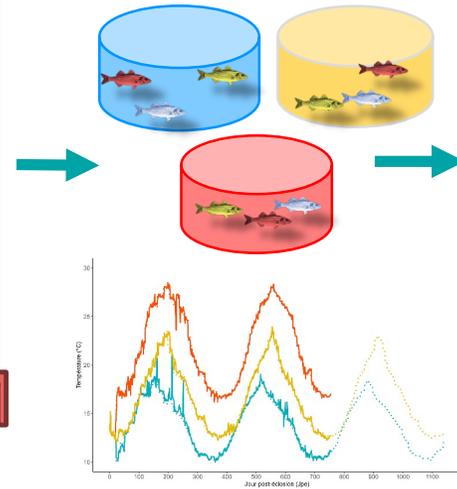
➤ projet FishNess



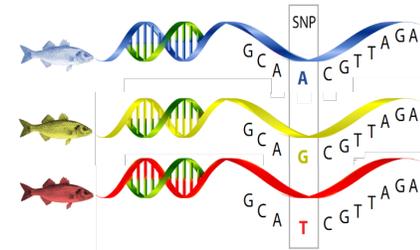
➤ 3 populations de bar



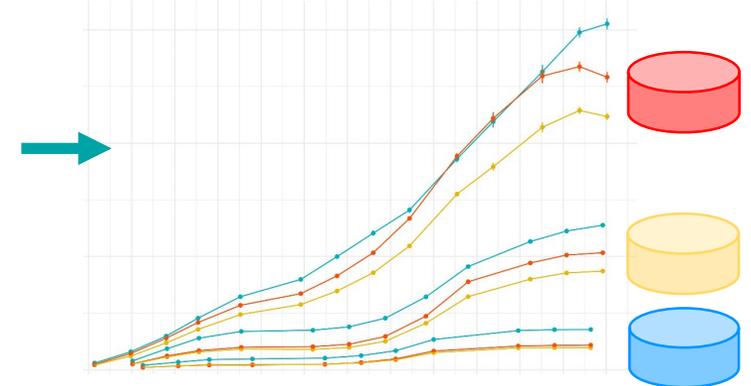
3 régimes thermiques



Génotypage



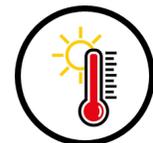
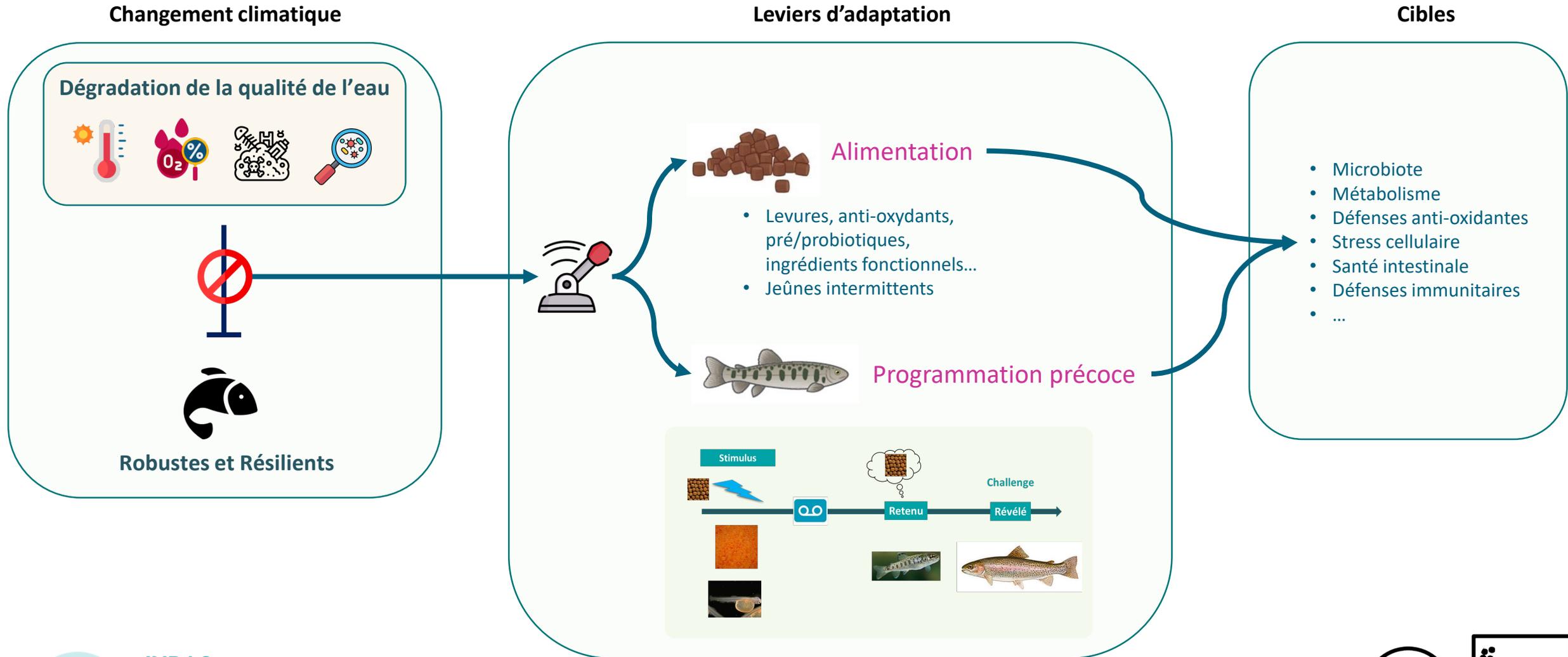
Suivi individuel sur 3 ans (6000 poissons)



Capacité (génétique) d'adaptation du bar à la température ?



➤ Des poissons robustes et résilients face au changement climatique



➤ Capacités de reproduction et transmission (épigénétique)

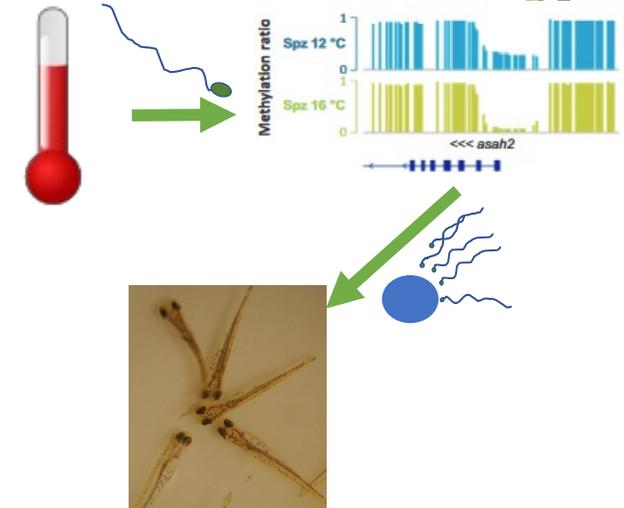
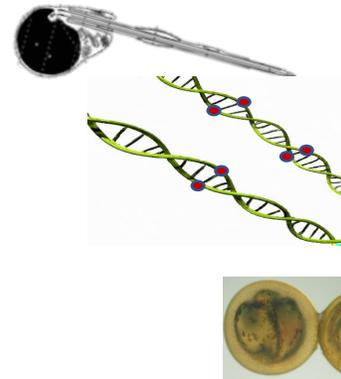
- Truite arc-en-ciel
- Medaka (modèle)

- Challenge °C pendant la spermatogénèse

- Qualité des spermatozoïdes
- Méthylation de l'ADN
- Transmission aux descendants (F1, F2)

- Transmission

... mâles matures



Science of the Total Environment
 ELSEVIER journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv

Spermatozoa methylome and its sensitivity to water temperature in a teleost fish
 Aurélien Brionne, Anne-Sophie Goupil, Stéphanie Kica, Jean-Jacques Lareyre, Catherine Labbé, Audrey Laurent*
 INRAE, UR1207 LPGP, Fish Physiology and Genomics, Campus de Beaulieu, F-35000 Rennes, France

HIGHLIGHTS

- Rainbow trout sperm methylome is sensitive to temperature.
- Developmental gene promoters are not affected by a temperature increase.
- Spermiogenesis and lipid metabolism gene promoters are modulated by a temperature increase.
- Sperm methylome might be a molecular vector of transgenerational acclimation to environmental change.

GRAPHICAL ABSTRACT

Thèse Laura Quispe (A. Laurent)
 INRAE-LPGP
 2023-2026

Les modifications épigénétiques induites dans les spermatozoïdes confèrent-elles un avantage adaptatif à la descendance (programmation) ?

➤ Développement de l'aquaculture et sa diversification en RAS (1/2)

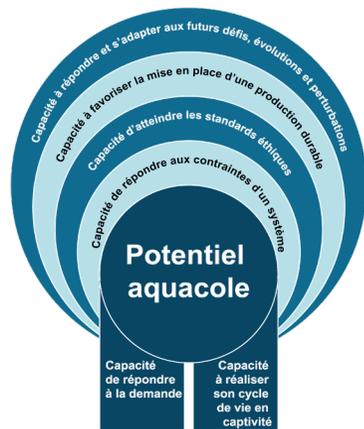


➤ Choix d'espèces de poissons (diversité spécifique) et des populations (diversité intraspécifique) à produire en RAS

Projet DIVERSIFY, DomPop et International Research Partnership (UL-UNamur)

→ Concept de **potentiel aquacole (PA)**
→ **Evaluation multicritère du PA** et sélection

Thèse L. Toomey (2016-2020)
Thèse E Diakos (2021-2024)



Domestication et Contrôle du cycle de vie en RAS

International Research Partnership (UL-UNamur)

→ **Conséquences de la domestication** sur les génotypes et phénotypes de poisson
Thèse C. Chevalier (2021-2024)

Projets PERCIHATCH, Perch EnviroEpigenetics, TRANSANDER

→ **Qualité des gamètes et contrôle reproduction**
Thèse L. El Mohajer (2019-2022)



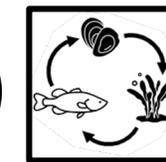
AquaDesign
→ Outils d'aide au **Design des conditions d'élevage**



Développement d'une production aquacole diversifiée, durable et éthique en RAS pour s'adapter au changement climatique

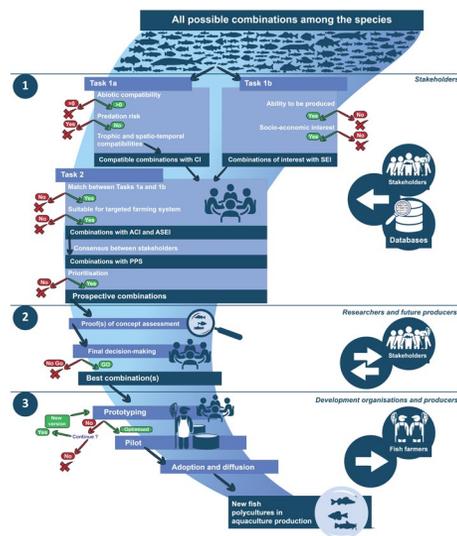


M.Vandeputte – Recherche piscicole et changement climatique
Journée EATiP France, 4 avril 2024



➤ Développement de l'aquaculture et sa diversification en RAS (2/2)

➤ Développement de la polyculture piscicole en RAS



Projet POLYRAS, AQUASPECIES, ICHTYOSERV
→ Conception de communauté d'espèce par des approches d'écologie fonctionnelle
→ Evaluation multicritère de la compatibilité et la complémentarité entre espèces
Thèse N. Amoussou (2019-2022)
Thèse M-L. Tchiedjo (2023-2026)

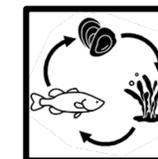


➤ Développement de l'aquaponie

Projet POLYRAS, PERCIPONIE, V2A
→ Effet des plantes sur les poissons
→ Evaluation multicritère des systèmes aquaponiques (microbiomes, zootechnique, bien-être animal)
Thèse S. Al Dakdouki (2022-2025)



Mise en place de la polyculture piscicole en RAS et de l'aquaponie

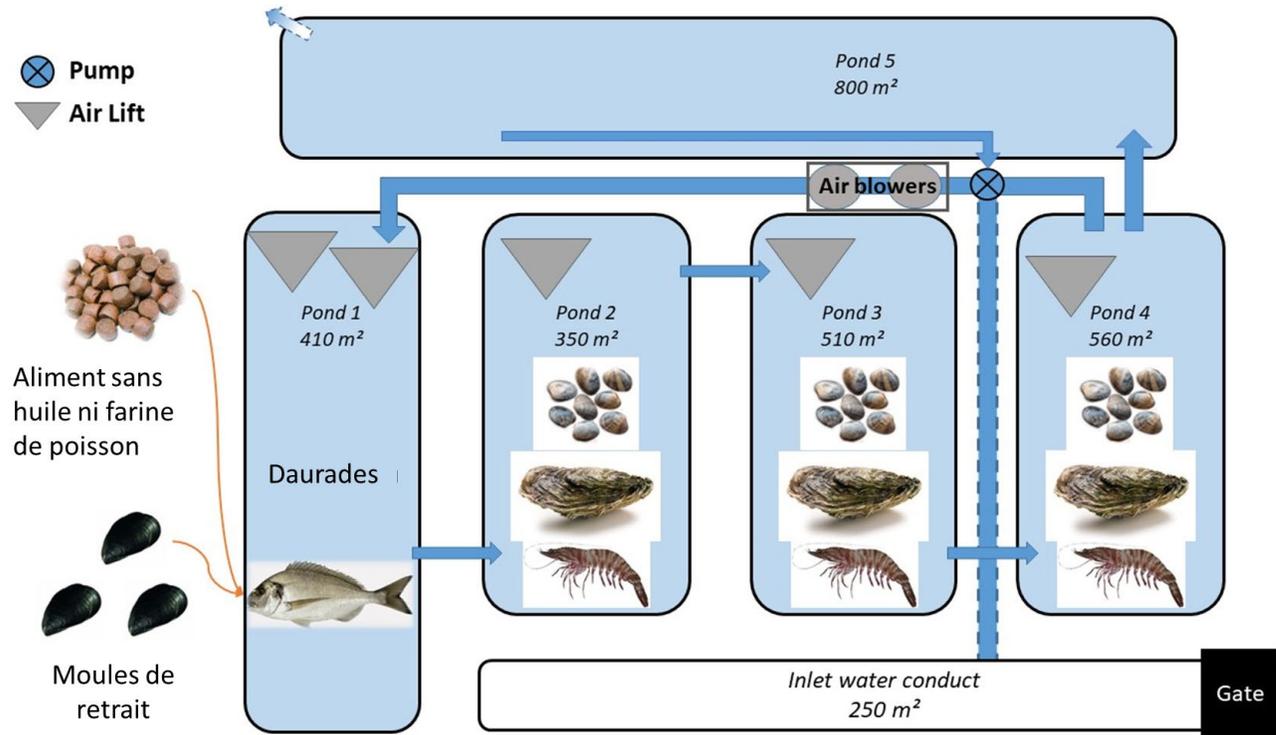


INRAE

➤ Exemples axés sur l'atténuation



➤ Concevoir des systèmes d'aquaculture multitrophiques

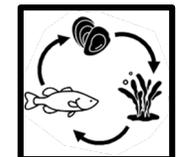
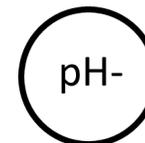


Principes:

- Associer des espèces nourries et non nourries
- Utiliser des espèces extractives qui valorisent les rejets
- Utiliser des espèces dont le comportement favorise le recyclage des nutriments
- Utiliser un aliment végétal complété avec des ressources locales non valorisées

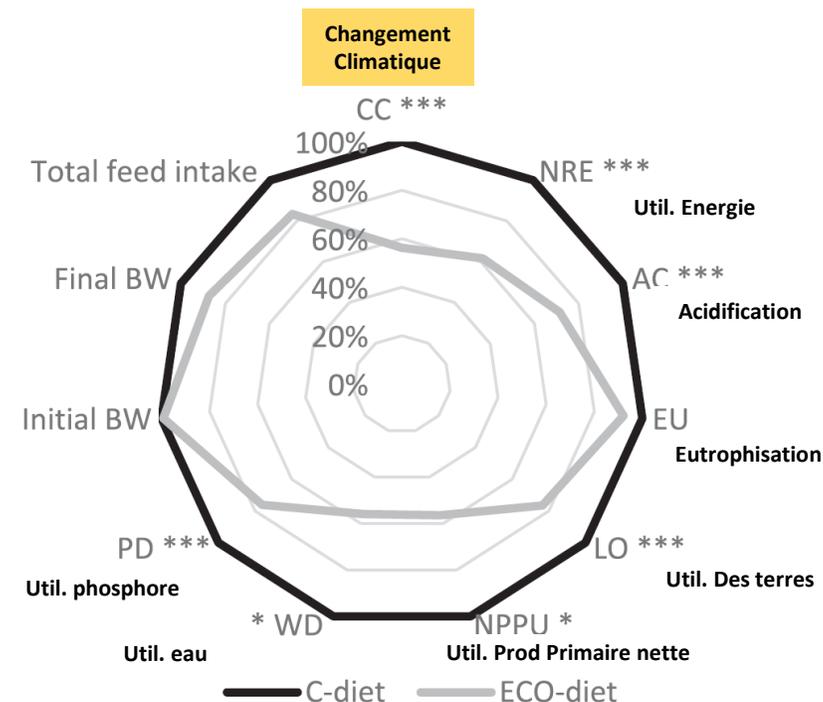
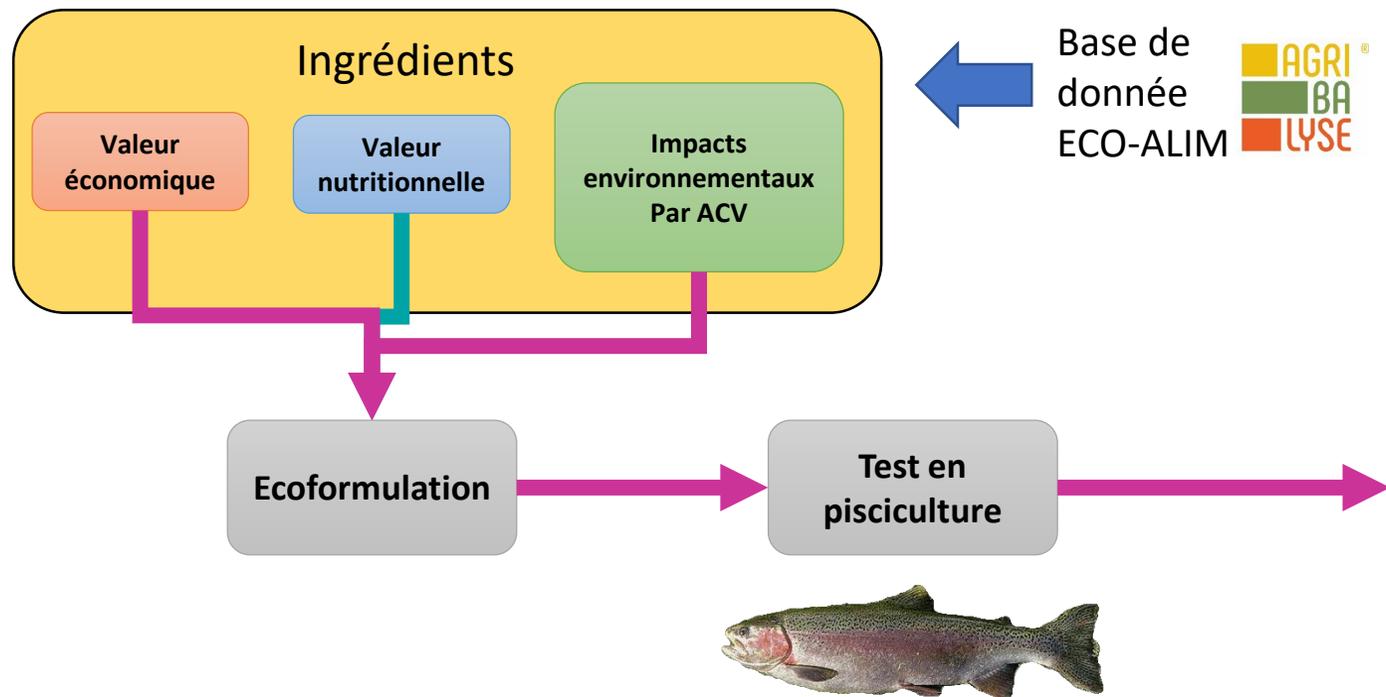


On peut améliorer la valorisation des aliments, éviter les pertes de nutriments, améliorer le bilan environnemental, diversifier la production

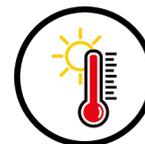


➤ Eco-formuler des aliments

Comparaison des performances de l'aliment standard (C-diet) et de l'aliment écoformulé (ECO-diet)

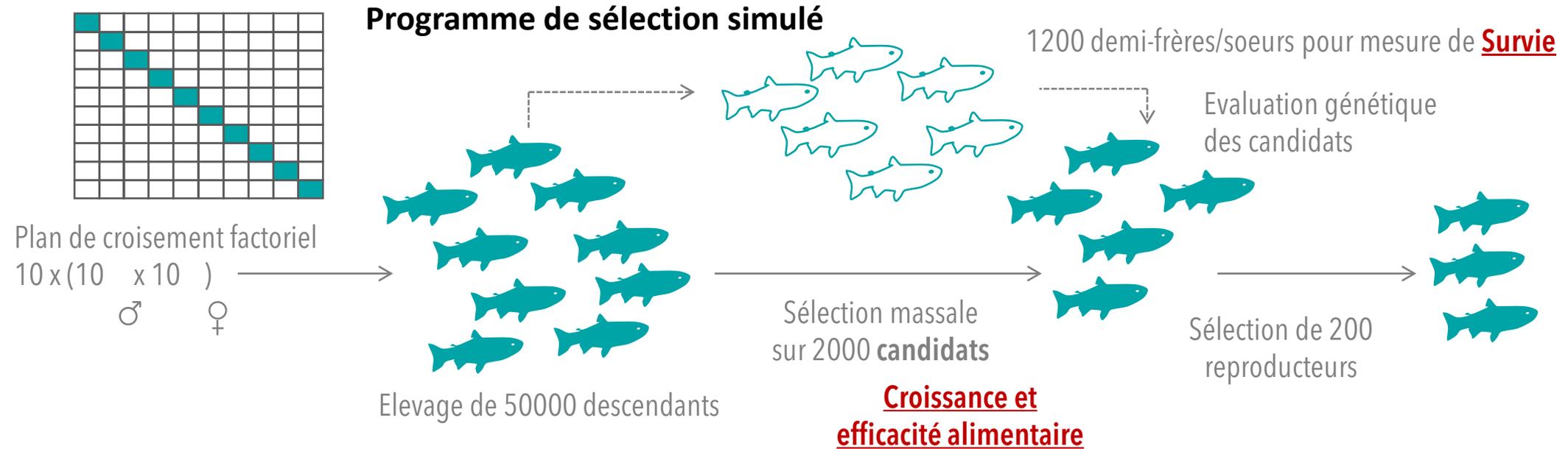


On peut améliorer de 40% les émissions de GES associées à l'alimentation des truites



➤ Revisite des objectifs de sélection poisson

Objectif général : Simuler des objectifs de sélection basés sur les valeurs environnementales (ENV) dérivées à partir d'une analyse du cycle de vie (ACV) plutôt que des valeurs économiques



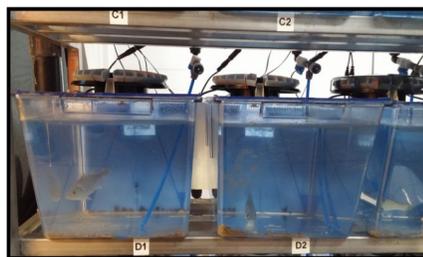
On peut améliorer l'impact environnemental de 1 à 2% par an en utilisant des ENV



➤ Efficacité alimentaire



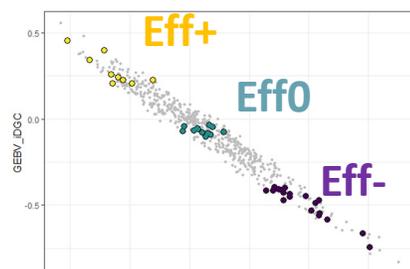
➤ Phénotypage individuel (200 aquariums) *4 lots



Génotypage

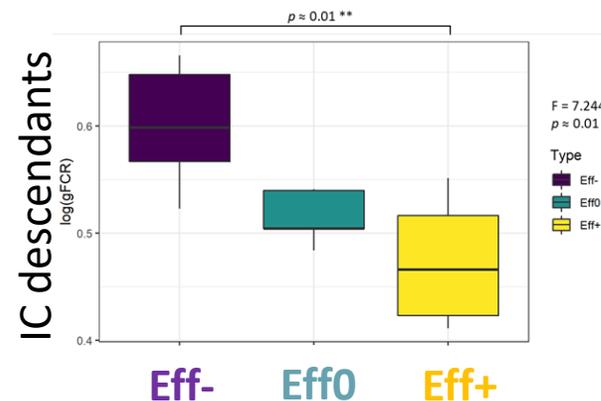


Sélection génomique sur IC

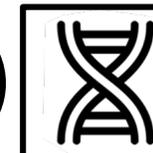


Valeur génétique IC

Réponse à la sélection



On peut améliorer IC de 4-5% par génération par sélection génétique!



INRAE

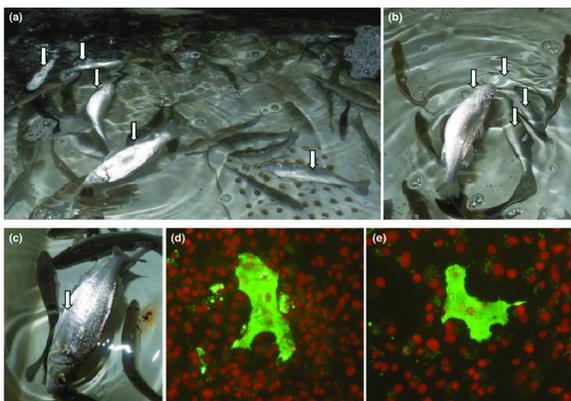
➤ **Combiner atténuation et adaptation**



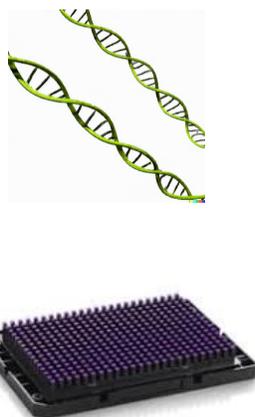
➤ Résistance nodavirose



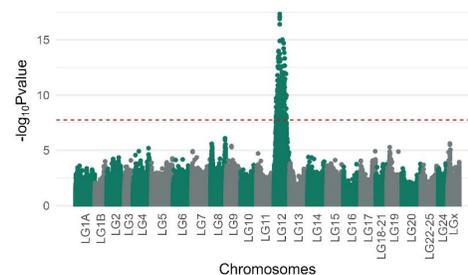
➤ Challenge nodavirus



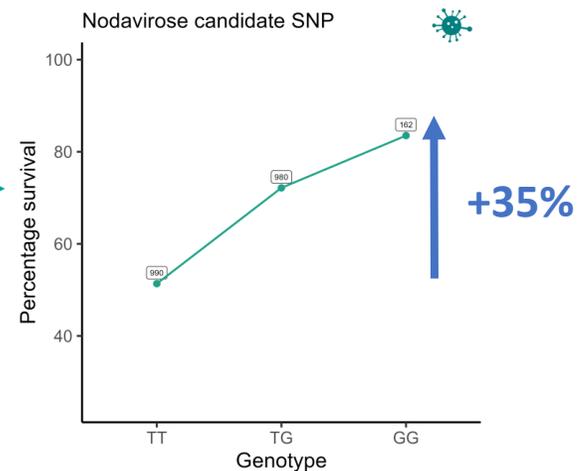
Génotypage



Identification QTL

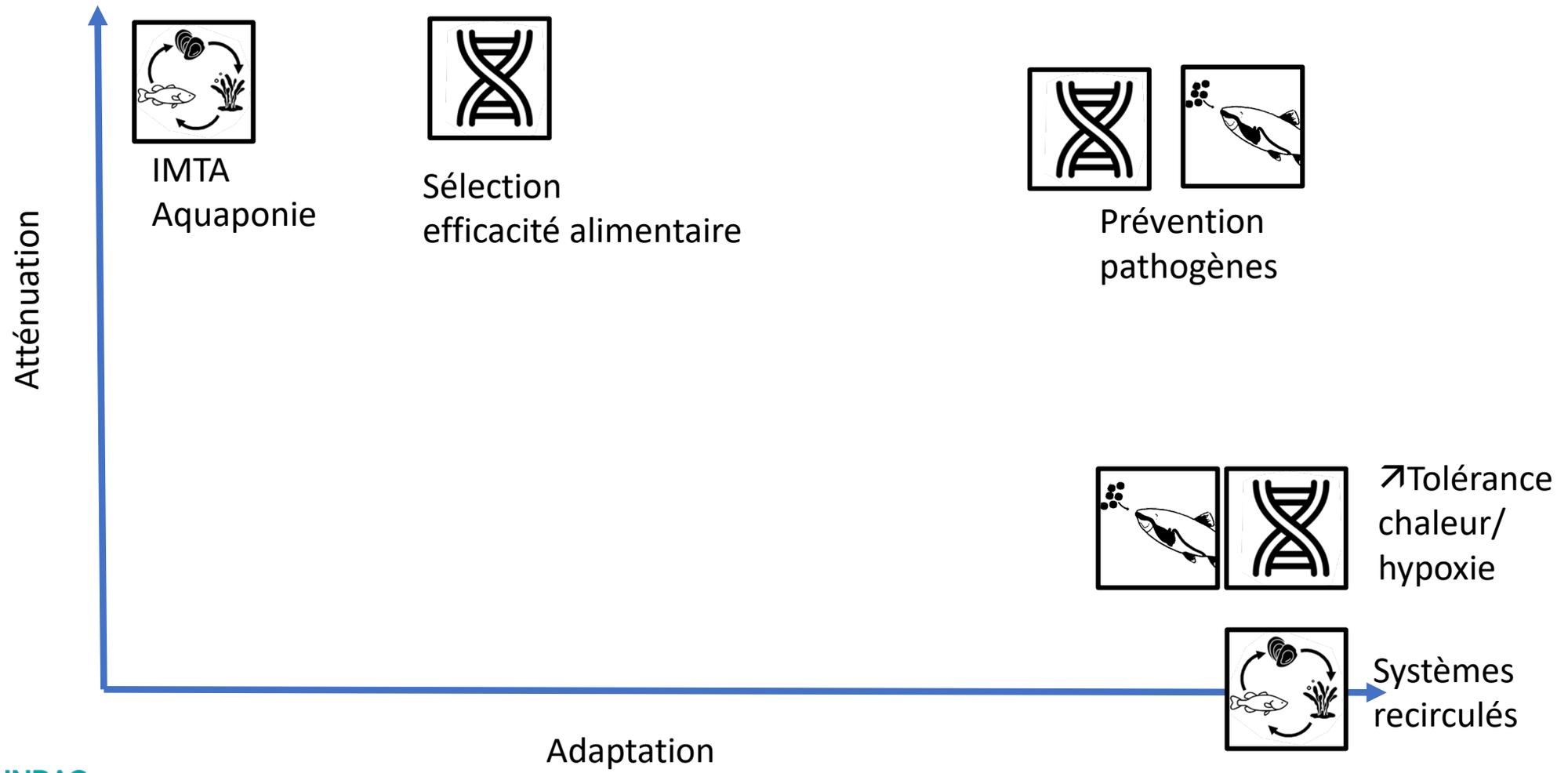


Effet majeur sur survie des descendants



Bars plus résistants au VNN: moins de mortalités estivales, efficacité ↗





➤ Conclusions

- Le changement climatique est un cadre essentiel pour la recherche piscicole
- Urgence de travailler sur l'adaptation car le CC est déjà là
- Au niveau de la recherche française, surtout des compétences sur l'adaptation biologique (génétique, nutrition, écophysiologie, immunologie)
- Atténuation: très lié à l'efficacité des systèmes (continuité...mais risque d'effets « rebonds »)
- Atténuation et Adaptation: Nécessité de bien mesurer les impacts (analyses de cycle de vie et multicritères)

