COMMENT CHOISIR UN PROFIL GÉNÉTIQUE ADAPTÉ À SES CONDITIONS CLIMATIQUES, DE CULTURE ET D'ÉLEVAGE ?

M Brochard, Resp. du département Génétique et Gestion des Populations Animales à l'Institut de l'Elevage (ruminants)

Webinaire QUELLE CONTRIBUTION DE LA SÉLECTION GÉNÉTIQUE POUR L'ADAPTATION DE L'AGRICULTURE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ? 8 novembre 2021

Introduction

- Les besoins d'adaptations de l'animal sont **dépendants des choix relatifs à l'adaptation des systèmes** (ex. : Plein air vs Protection en bâtiment) → **GROS besoin de prospective sur les modèles d'élevage de demain, car les choix génétiques doivent être faits aujourd'hui pour être impactant dans ~10/15ans**

- **La sélection est une pratique d'adaptation**, et en particulier la valorisation de **mesures phénotypiques relevées en conditions d'élevage** et dans une diversité d'environnements pédo-climatiques entraine une sélection qui suit l'évolution de ces dernières → **l'enjeu du changement climatique réside dans la rapidité d'évolution**

- Le choix d'un profil génétique adapté à son élevage et ses conditions climatiques revient à travailler sur **la meilleure combinaison entre génétique (G) et élevage/environnement/produits (E)** → **à l'échelle élevage = « personnalisation » de la génétique** posant des questions scientifiques, techniques, de pratiques et culturelles

Préambule

Le changement climatique pose 2 questions : atténuation & adaptation

- L'atténuation
  - Limitation des GES (directs et indirects)
  - Efficience pour économiser les ressources : santé, longévité fonctionnelle, efficience alimentaire, valorisation de l'herbe

- L'adaptation
  - Robustesse et résilience, thermo-tolérance…
  - mais aussi l'efficience (capacité à produire et se reproduire avec le disponible), en interaction avec les attentes sociétales et économiques, **pour être caricatural, il ne peut simplement s'agir de « survivre » → la multi-compétence**

Plan

Choisir des profils génétiques adaptés?

- **Caractériser les profils génétiques et races dans différents milieux ?**
  - Caractériser les aptitudes animales (**G**) :
  - Et caractériser mieux les milieux où ils vivent (**E**)
- **Des choix éclairés en élevage : de la compétence spécifique au profil adapté**
  - Elaborer des compromis multi-critères
  - Un milieu = Une valeur génétique : interaction **G x E**, personnalisation de la génétique
  - Valoriser la diversité génétique – allélique ou raciale
- **Transfert et appropriation par les éleveurs et leur environnement technique**

Caractériser les profils génétiques et races dans différents milieux ?

Pour pouvoir choisir, il faut caractériser!

Les travaux sont nombreux, mais les enjeux sont relevés :

- **Complexité des mesures et**
- **Couverture d'un maximum de populations, races locales pour certaines menacées**
- **Et milieux d'élevage pour capter la variabilité d'environnement**

Mieux exploiter les ressources alimentaires disponibles

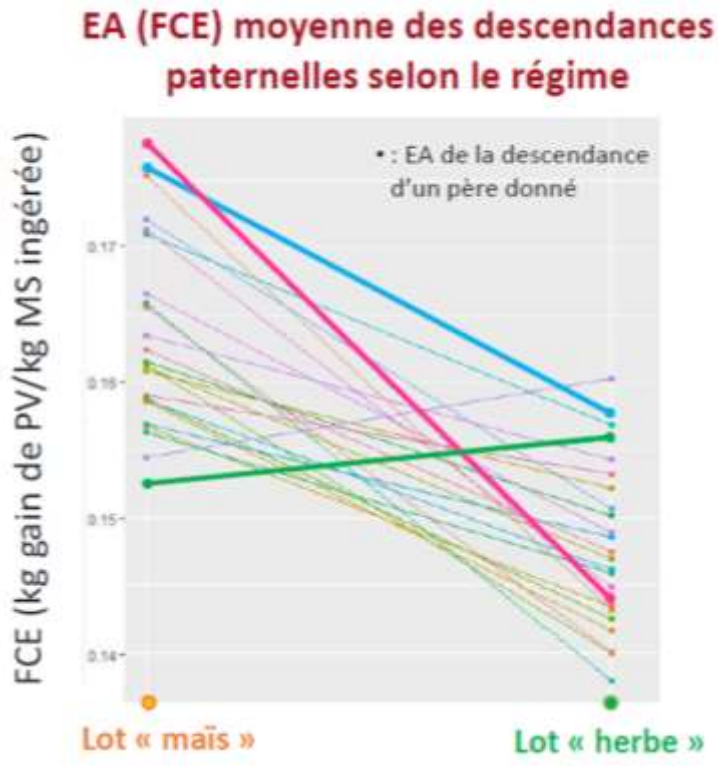
Efficience alimentaire dans différents systèmes fourragers et pastoraux

- **Plusieurs projets en cours démontrent la faisabilité**
- **Mais des défis à relever**
  - **Méthodes approchées fiables** pour mesurer à grande échelle dans différentes races, et différents régimes +/- ligneux (plus économes en eaux, fluctuation / météo…) jusqu'à très ligneux : agroforesterie, haies, garrigues
  - Liens avec le méthane entérique, et compromis entre fonctions

→ **Investissements R&D collaboratifs importants à poursuivre**

- Sans oublier que l'efficience est **une relation entre production et consommation: la limitation des périodes « improductives » est un levier majeur** (santé, précocité, reproduction, longévité)

→ **Renforcer l'utilisation des critères déjà disponibles**



Taussat S., 2020, BeffAlim

Mieux exploiter les ressources alimentaires disponibles

Résilience face à la variabilité annuelle et inter-annuelle des ressources alimentaires

- **L'eau d'abreuvement?!?** Des travaux montrent qu'il y a de la variabilité individuelle, mais sujet très « risqué » étant donné le rôle central de l'eau dans l'organisme → est-ce un axe d'économie pertinent?
- **Résilience : capacité à passer des périodes de « disette » et à rebondir**
  - Suivi des capacités de dépôts – mobilisations de réserves corporelles
  - Gestion des compromis entre fonctions : production – reproduction – santé…
  - Des travaux en cours, avec une recherche des critères pertinents et démultipliables

→ **Un sujet fondamental pour s'adapter à la variabilité climatique**

Mais un investissement nécessaire en outils et méthodes de « phénotypage » de précision et longitudinaux (pour évaluer les variations au cours du temps)

→ **Nouvelles technologies, capteurs de différentes natures…**

Génétique pour une gestion intégrée de la santé animale

Robustesse et santé

Faire face à l'extension de maladies vectorielles, développement du parasitisme (chaleur-humidité), **et sensibilité métabolique d'animaux affaiblis / chaleur?**

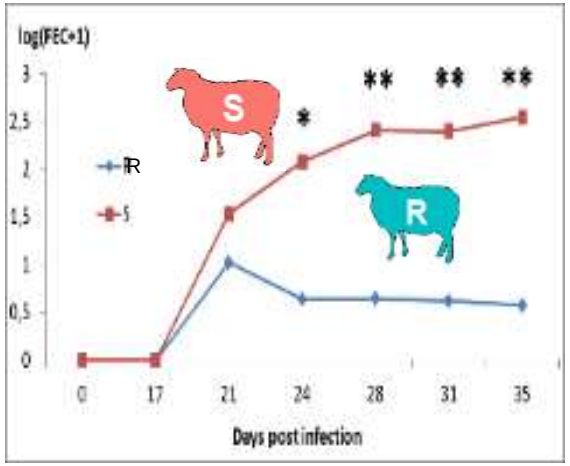
De nombreux travaux en cours ou applications déployées : parasitisme, paratuberculose, acétonémie, boiteries…

→ **Sélection sur des critères globaux** : longévité, survie, nombre de traitements…

→ **Sélection ciblée possible et efficace** – mais difficile en cas d'émergence forte et rapide d'une nouvelle maladie

→ **Caractériser largement des ressources locales – rustiques sous différents contextes sanitaires (et climatiques)** pour identifier les populations résistantes ou résilientes / DROM et partenariats étrangers

Sensibilité au parasitisme gastro-intestinal / patûrage
(Lignées de sélection divergente, INRAE Bourges)



Déployé pour évaluer les futurs béliers reproducteurs (Manech)

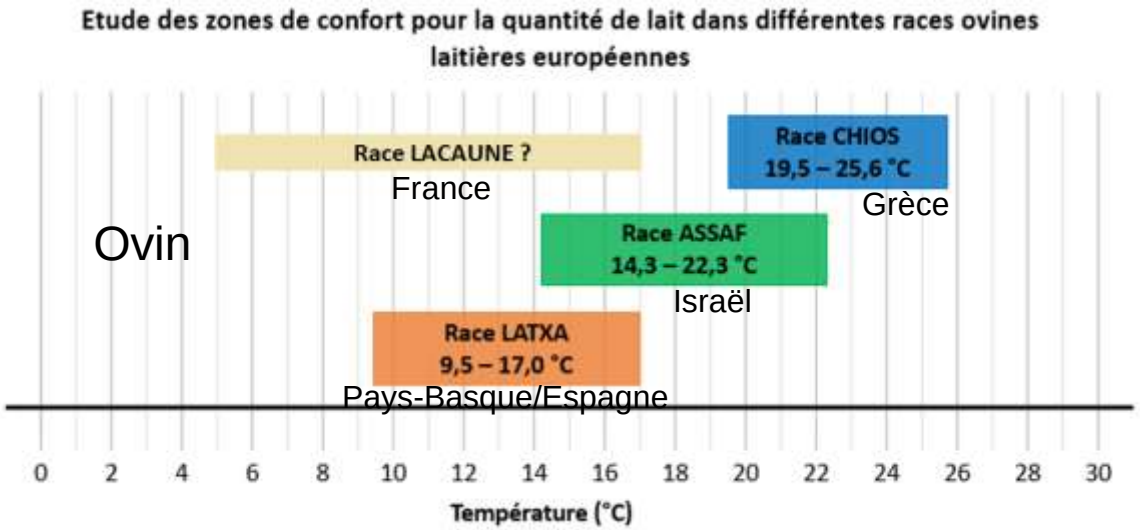
Thermo-tolérance

Des populations plus ou moins sensibles

- **Réaction à la chaleur, THI = f(T°C et %Humidité), mesurée sur des variations zootechniques** (lait, croissance, fertilité…)
- **Mise en relation de bases de données météo et zootechniques/génétiques**

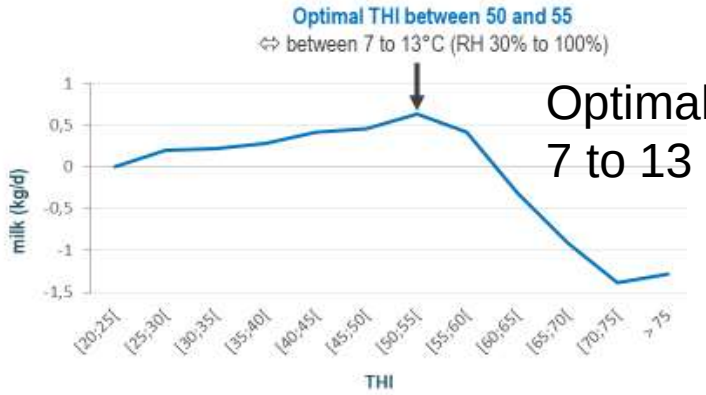
→ **Des plages de température de confort (~THI) variables entre populations mais déjà régulièrement dépassées**

(L'adaptation des bâtiments est indispensable mais ne peut être suffisante)



Buisson et Palhière, 2020 (H2020 iSAGE)

Bovin



Optimal THI :
7 to 13 °C

Vinet A., EAAP 2021

Thermo-tolérance

Une variabilité inter-individuelle / intra-race exploitable

- **Mise en évidence d'une variabilité génétique intra-population très significative**
- **Mais des investigations approfondies sont nécessaires :**
  - Micro-météo, conditions réelles en bâtiment, sur parcours, au pâturage?
  - Faire la part entre influence directe et indirecte (ex. qualité de l'herbe pâturée, qualité des fourrages → impacte quelques jours à quelques mois plus tard)
  - Quels sont les mécanismes d'adaptation?
  - Quel est le meilleur compromis pour une zone et un élevage donné?

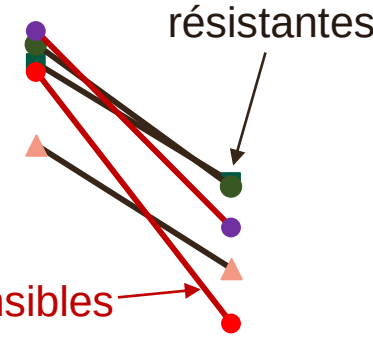
→ **Une piste d'adaptation confirmée mais à**

→ **Développer/préciser**

→ **Puis démultiplier sur la diversité des populations**

Porcins

Mêmes types génétiques sous 2 latitudes (Ingéré/j/famille)



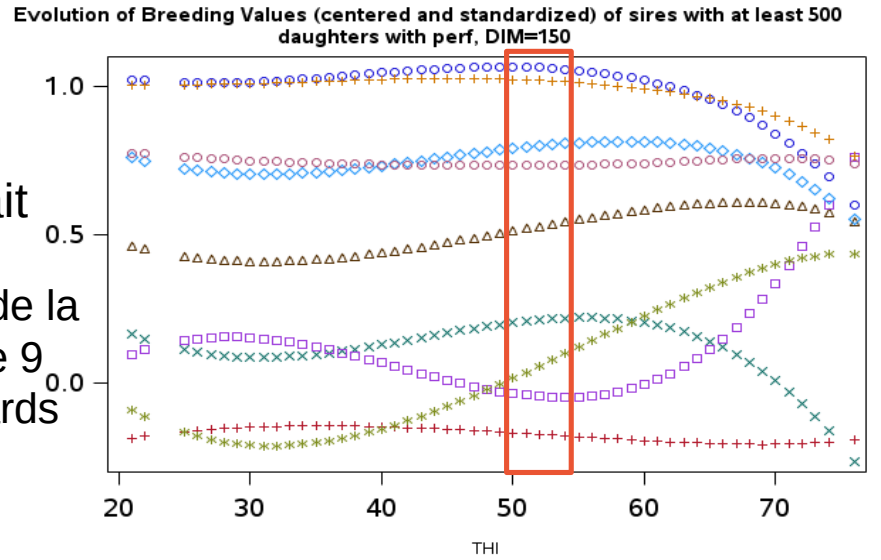
TEMP INRAE-GENESI

TROP INRAE-PETA

Moréno et Gilbert, 2021.

Bovins lait

Potentiel laitier de la descendance de 9 pères montbéliards



Vinet A., 2021. CAICalor

Caractérisation « fine » d'une diversité de contextes d'élevage (E)?

- Bien connaitre l'animal (G) **ET bien connaitre son milieu (E) pour**
  - caractériser le potentiel d'adaptation de chaque population et chaque individu
  - demain, conseiller l'éleveur pour des choix génétiques personnalisés (G fonction de E)
  - (informations importantes aussi pour adapter les pratiques d'élevage)
- **Mais aujourd'hui on a bien peu d'info précises sur les milieux de vie** (ex. : T°C récupérée par l'adresse sur un maillage SAFRAN de 8km/8km → zones de relief, bâtiments, exposition…?)

Tester différents milieux en aquaculture

FORTIOR Genetics
Une collaboration Sysaaf - Anses

Plateforme dédiée aux challenges biotiques ou abiotiques (T°C, O2…).

→ **Potentiellement beaucoup de sources de données ou dispositifs mesures**

→ **Mais un énorme effort de standardisation-calibrage-stabilité des informations** (ex. : caractérisation des systèmes fourragers) **et d'enregistrement dans des bases de données à grande échelle et disponibles pour la recherche, est nécessaire**

Eclairer les choix génétiques en élevage vis-à-vis de l'adaptation?

Choisir, c'est intégrer différentes informations et construire un compromis

Une expérience solide en matière technico-économique, mais des nouveaux compromis plus complexes :

- Elaborer des optimisations multi-dimensionnelles : technique-économique-sociétal et environnemental

- Passer d'1 reproducteur = 1 potentiel à 1 reproducteur = n potentiels pour n milieux d'élevage!

- Valoriser mieux la diversité génétique disponible intra-, inter-races et inter-espèces

Sélection multi-critères?

Compromis zootechniques, économiques, sociétaux, environnementaux

- **Aujourd'hui construit sur l'élevage cible « moyen » français :**
  - potentiel synthétique = a€ * caract.a + b€ * caract.b…
  - {a€, b€…} = poids économique estimé par une **variation de marge brute du cheptel** induite par une variation unitaire de chaque caractère

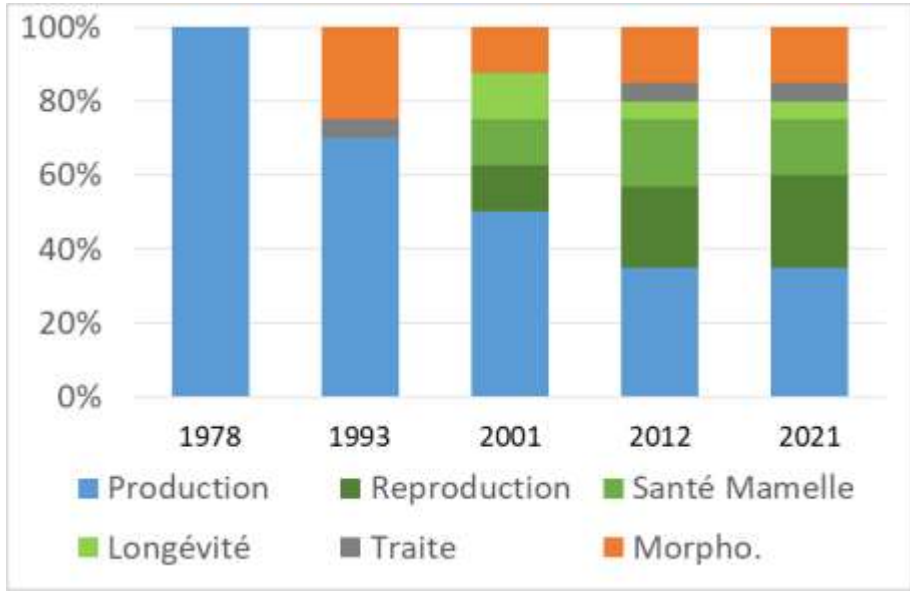
→ **Efficacité économique à l'échelle du cheptel France**

→ **MAIS comment intégrer des caractères :**

- → **Sans incidence économique à court ou moyen terme**
- → **Avec une incidence économique mais non estimable**
- → **Avec une incidence économique pour la société mais pas pour le cheptel (à court ou moyen terme)**

Et la diversité des contextes d'élevage?

Index de synthèse Holstein (France) 1978-2021



Rôle déterminant des
- Organismes de Sélection
- Pouvoirs publics
- Filières d'élevage & consommateurs
- R&D pour objectiver-éclairer-accompagner

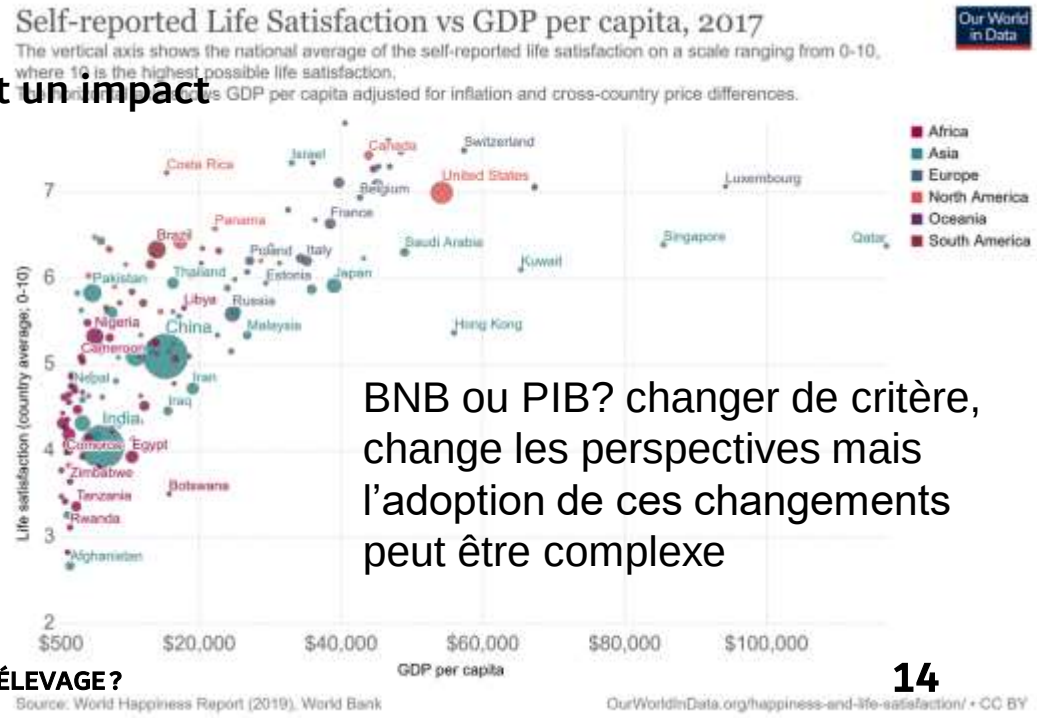
Sélection multi-critères & changement climatique - défis

Compromis zootechniques, économiques/filières, sociétaux, environnementaux

- **Multiplier les modélisations cheptels-type?** → Adaptation à différents milieux d'élevage ou des conditions futures, mais compromis entre
  - qualité de chaque modélisation vs
  - gain d'adaptation permis par des modélisations spécifiques

  Sachant que les références produites et appliquées aujourd'hui auront un impact dans 5 à 10 ans.

- **Changer de critère global cible?** marge-brute → critères d'adaptation/qualité d'élevage ; critères environnementaux ;
  - Gérer les éventuels antagonismes entre types de critères
  - Convaincre les éleveurs et leurs organisations? Sans incidence ou négatif pour la marge brute du cheptel? Court-terme vs long-terme?... (ex. Beef Data Genomics Programme – Irlande pour les GES)



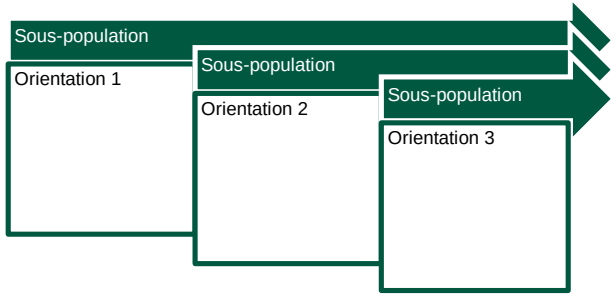
BNB ou PIB? changer de critère, change les perspectives mais l'adoption de ces changements peut être complexe

Sélection multi-critères & changement climatique - défis

Compromis zootechniques, économiques/filières, sociétaux, environnementaux

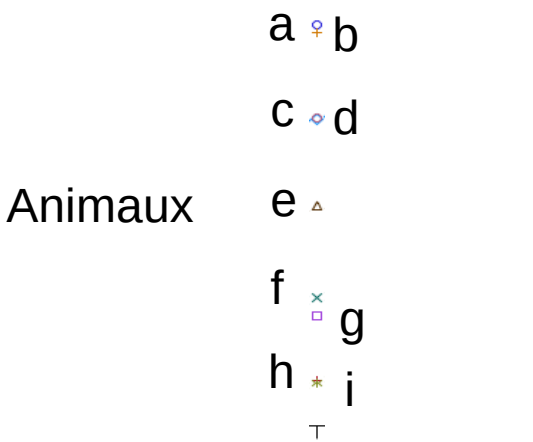
- **Et pour la gestion des populations et programmes de sélection?**
  - 1 orientation de sélection « moyenne » ou des programmes de sélection pour chaque « environnement »?
  - **Plasticité ou spécialisation?** Echelle individuelle, échelle collective (diversité raciale)?
  - Tout en préservant davantage **la diversité allélique** pour conserver des capacités d'adaptation?

Un dilemme : études de modélisation



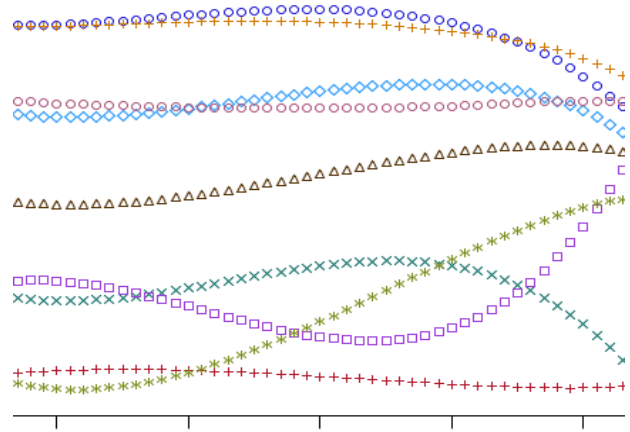
Des valeurs génétiques par milieu d'élevage?

Passer d'1 reproducteur = 1 potentiel à 1 reproducteur = n potentiels pour n milieux d'élevage



Pour exploiter cela sur le terrain :

- Savoir placer l'élevage de façon précise sur l'échelle « E »?
- Produire le classement génétique adapté et exploiter cette information aux différentes étapes de l'élevage



E1	E2	E3	E4	E5
a-b	a	a	a	b
	b	b	b	a
c	c-d	d	d	c
d		c	c	d
e	e	e	e	e
g	f	f	f-i	i
f	g	i		g
h	h-i	g	g	f
i		h	h	h

→ **Rénovation en profondeur des outils d'aide à la décision**

→ Outils génétiques devant disposer de E

→ Gérer la multitude de classements G=f(E)

→ Puis intégration multi-critères

Valoriser mieux la diversité ~~génétique,~~ allélique

L'adaptation à court terme est avant tout l'utilisation de la diversité allélique existante

- **Un potentiel sous-exploité (en France)?**
  - >30 espèces en sélection (ruminants, monogastriques, volaille, poissons, insectes…)
  - ~500(1) races, souches ou lignées dont environ 150(1) (sans les équins) avec des stratégies d'amélioration génétique
  - Et au sein de chaque population une variabilité génétique malgré une érosion forte dans quelques populations très sélectionnées

  → **Une très grande diversité de combinaisons disponibles (accouplements, croisements, associations)**
- **Mais pour cela il faut**
  - **Caractériser** : phénotyper les différentes populations yc les plus petites, les plus particulières…
  - **Outiller** : **références génétiques en croisement**, et sur les **gains de résilience face aux aléas de stratégies basées sur la variabilité allélique intra-élevage** : pluri-espèces, pluri-races, variabilité génétique intra-race
  - **Préserver** : **gestion durable de la diversité allélique** (observatoires génomiques, préservation ex-situ/in-situ, intégration de la diversité allélique dans les stratégies de sélection…)

(1) Estimation en combinant les données FAO, Moreno et Gilbert, 2021, Phocas et al., 2015

La génétique est un levier incontournable pour faire face aux enjeux climatiques

Une amplification est nécessaire autour de 4 axes :

1. La **caractérisation génomique et phénotypique de toutes nos populations** et races dans leurs conditions d'élevage
2. **Caractériser l'adaptation** (robustesse, efficience, thermo-tolérance, santé…) et sa variabilité
3. **« Phénotyper » les milieux d'élevage** afin de pouvoir identifier les interactions GxE et en déduire les combinaisons (inter- et intra-race) favorables
4. Référencer les **différentes stratégies génétiques et systèmes pour gagner en résilience**

La **vitesse des changements** est en soit un défi majeur,

La gestion **durable des ressources** est indispensable,

L'orientation par la seule « marge-brute » de l'éleveur ne sera pas suffisante,

ni pour motiver l'investissement et les prises de risques,

ni pour englober l'ensemble des enjeux sociétaux

La génétique est un levier incontournable pour faire face aux enjeux climatiques

Pour relever le défi climatique, il faut certes relever les défis scientifiques et techniques

MAIS il faut aussi relever un défit de transfert et appropriation par les éleveurs, les techniciens et leurs organisations

Hier – aujourd'hui	Demain
1 animal = 1 génome = 1 potentiel génétique	Un potentiel génétique selon « l'élevage » et « les conditions pédoclimatiques »
1 évaluation génétique « additive » → descendant ~ (Père+Mère)/2	Génomique de précision, voire prédictive, épigénétique, méta-génomique et microbiotes
Améliorer G + améliorer E (les pratiques) → amélioration du résultat global	Raisonner la combinaison G et E
Améliorations zootechniques, et priorisations économiques globales valables sur le moyen-long termes	Résilience, aléas, environnement et société

MERCI

M Brochard, Resp. du département Génétique et Gestion des Populations Animales à l'Institut de l'Elevage (ruminants)

Webinaire QUELLE CONTRIBUTION DE LA SÉLECTION GÉNÉTIQUE POUR L'ADAPTATION DE L'AGRICULTURE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ? 8 novembre 2021