



INRAE



La tolérance à la chaleur des bovins

21 novembre 2024

Contexte

Evolution du climat :



Pour les bovins, l'exposition à des températures ++
+ :



Objectifs

- 1.** Effet du stress de chaleur sur les **performances des vaches laitières** en FR
 - Effets directs et à court terme
 - Effets indirects du stress subi *in utero*

- 2.** **Variabilité individuelle** de la réponse au stress de chaleur



Mesures indirectes du stress de chaleur

Données zootechniques

Données de la base nationale

Performances collectées en ferme (2010 – 2020) :

- Contrôles laitiers mensuels (quantités, taux, score de cellules somatiques)
- Inséminations et leurs résultats (présence/absence de vêlage)

Données génomiques

Données de la base nationale

Données de puces à ADN (environ 50k marqueurs génomiques (=SNP) / animal)

Données de séquences complètes

Données météorologiques

températures et humidités quotidiennes

grille de 9892 carrés 8x8km



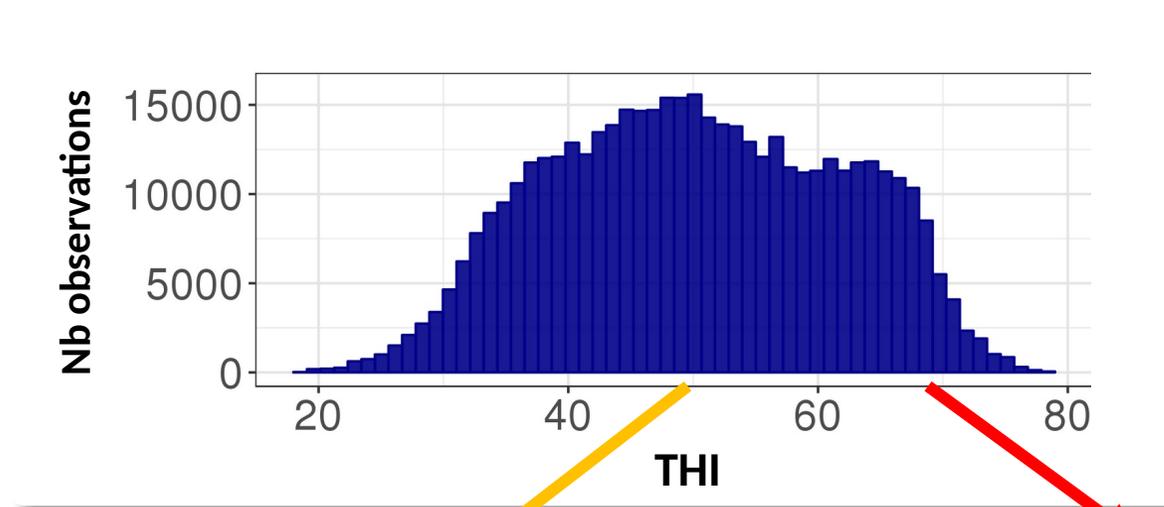
AGROCLIM,
INRAE

Indice température-humidité

(THI)

Le THI

Distribution des THI moyens sur la période des 3 jours précédant le jour de contrôle (2016-2020)

$$\text{THI} = (1,8 * \text{Tmoy} + 32) - (0,55 - 0,0055 * \text{RH}) * (1,8 * \text{Tmoy} - 26)$$


Régions d'élevages,
dans 95% des cas, un

THI = 50 ⇔

Tmoy (24h) = 9-10°C

Tmin (nocturne) = 3-9°C

Régions d'élevages,
dans 95% des cas, un

THI = 70 ⇔

Tmoy (24h) = 22-24°C

Tmin (nocturne) = 15-20°C

Tmax (diurne) = 26-

Tmax (diurne) = 11-

Objectifs

1. Effet du stress de chaleur sur les performances des vaches laitières en FR

- Effets directs et à court terme
- Effets indirects du stress subi *in utero*

2. Variabilité individuelle de la réponse au stress de chaleur



Effets directs et à court terme du THI : modèle

$$y = \text{Effets FIXES spécifiques du caractère} + \text{THI} + g + pe + e$$

Performance

Le THI est considéré comme un effet fixe

Effet estimé = **Effet moyen du THI sur les performances de toutes les femelles**

Production & santé de la mamelle (SCS) = moyenne des THI des **3 jours précédant** le contrôle (J-2 à J0)

Fertilité (taux conception) = moyenne des THI des **8 jours après** l'insémination (J0 à J7)

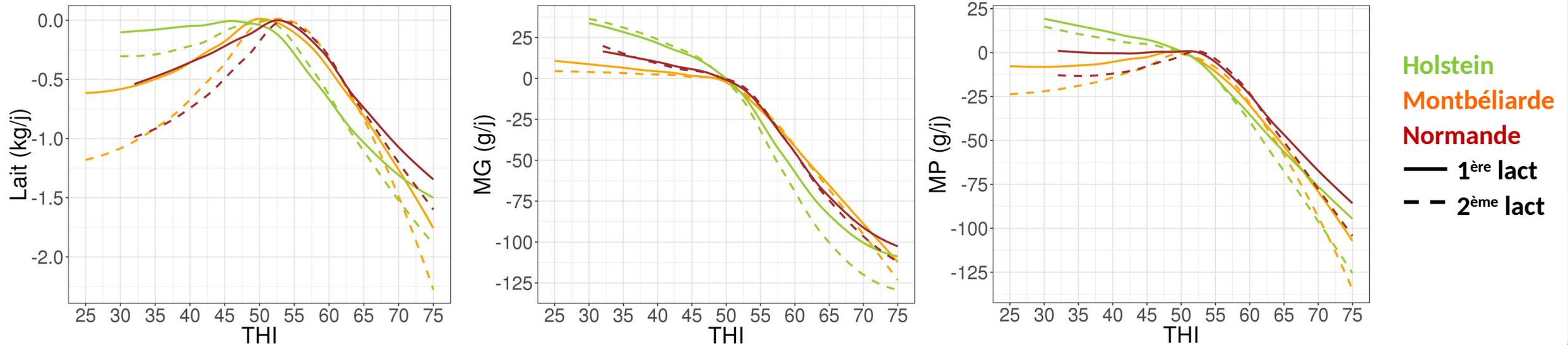
Effets directs et à court terme du THI

Effet sur les quantités de lait et de matières grasses et protéiques

! Mesures indirectes ne permettant pas d'estimer précisément le début du stress thermique

THI 47-55 (5-13°C)

⇔ **conditions optimales** permettant une production maximale de lait

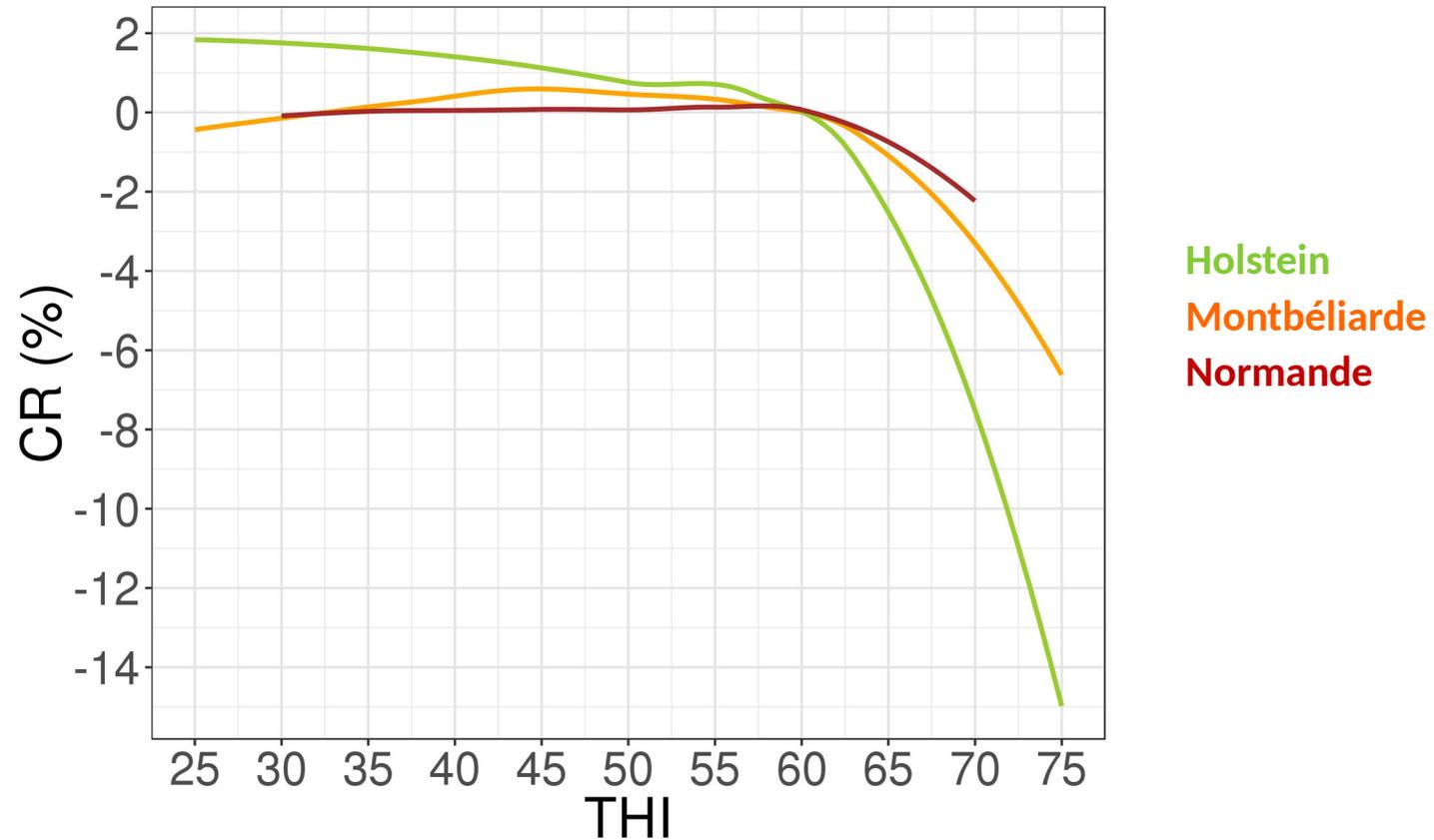


-5 à -6% entre THI50-55 et THI70

-10 à -12% entre THI50-55 et THI70 pour les quantités de matières

Effets directs et à court terme du THI

Effet sur le taux de conception à la première insémination (1^{ère} lactation)



Objectifs

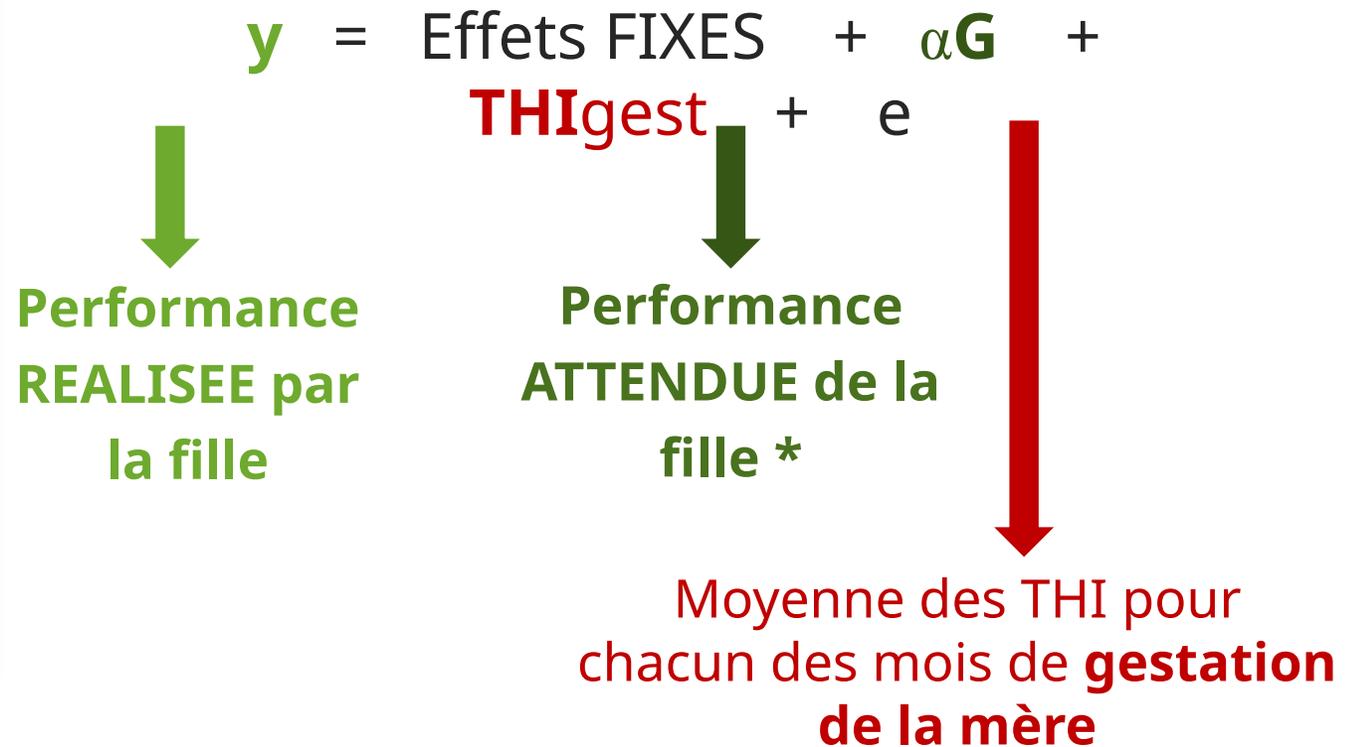
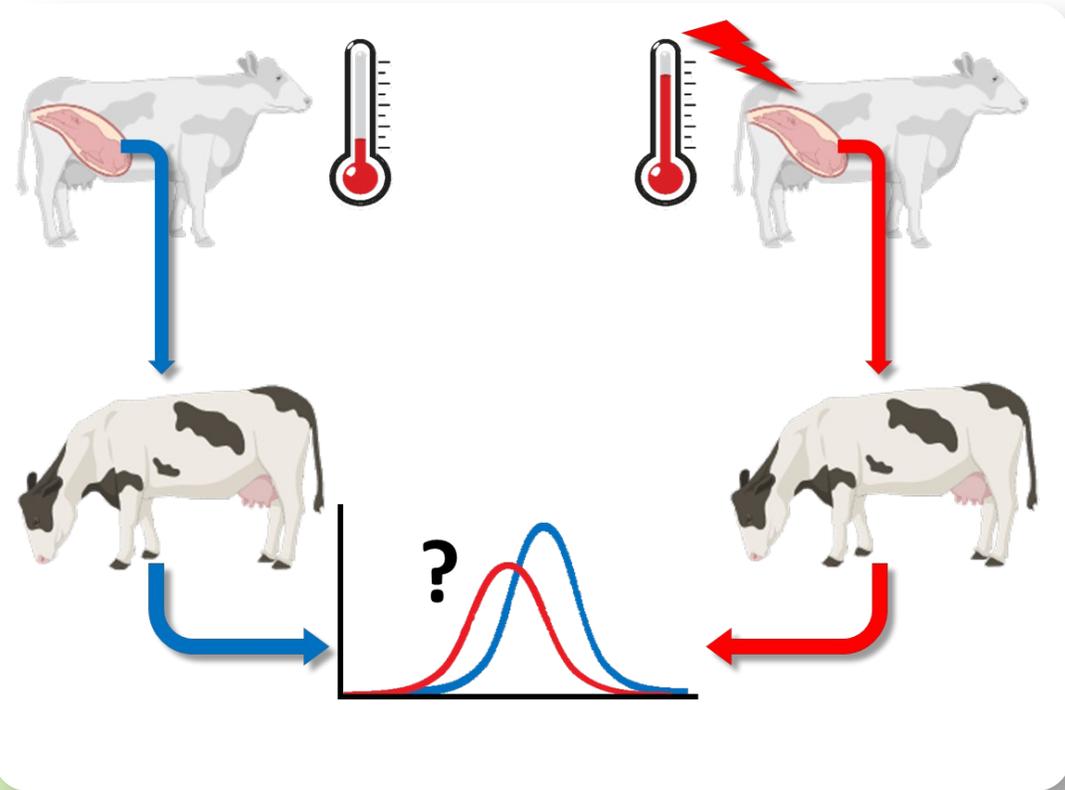
1. Effet du stress de chaleur sur les performances des vaches laitières en FR

- Effets directs et à court terme
- Effets indirects du stress subi *in utero*

2. Variabilité individuelle de la réponse au stress de chaleur



Effets indirects du THI (*In utero*) : modèle

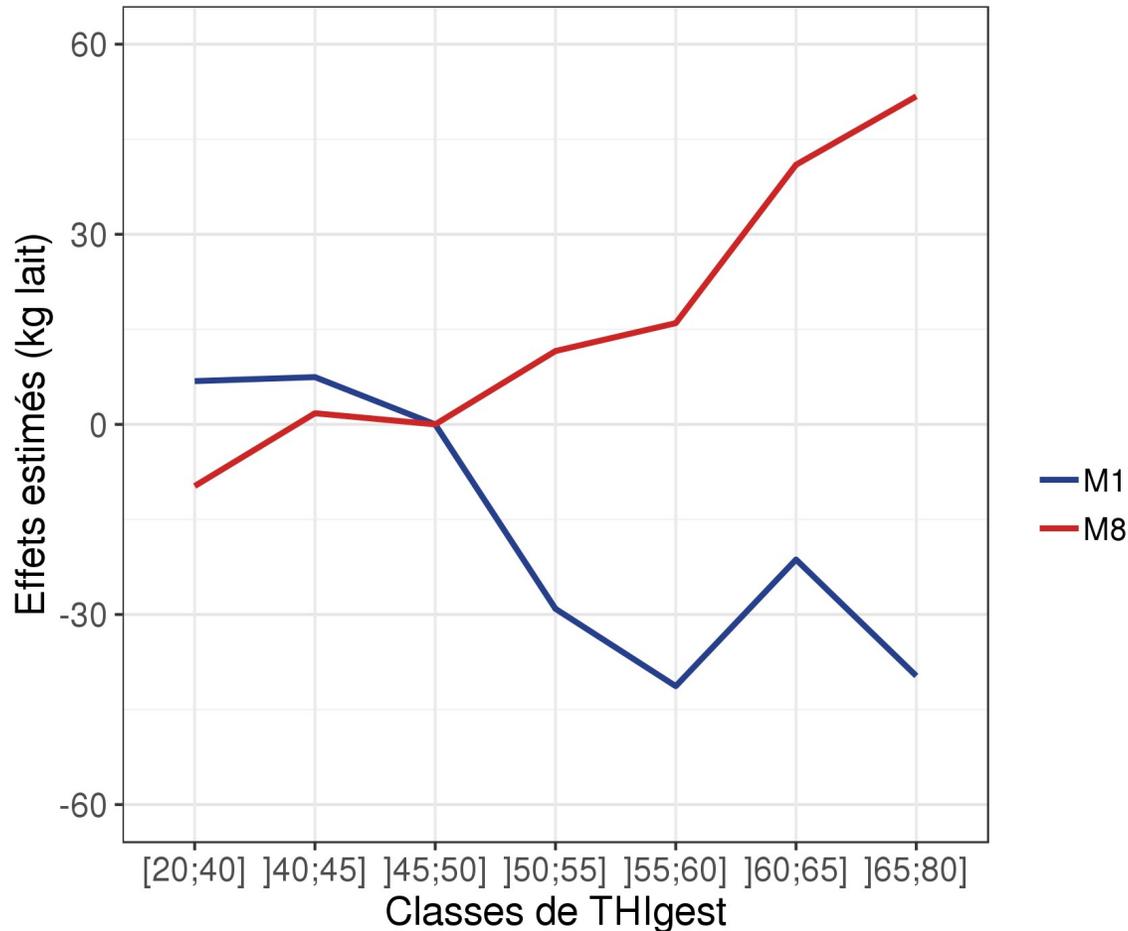


* Valeur Génétique Directe (issue de l'évaluation génétique nationale) = Somme des effets des

Effets indirects du THI (*In utero*) : modèle



Effet du THI pendant la **gestation de la mère** (THIgest) sur la **quantité de lait 305j de la fille**



Effet max \approx 1% production moyenne totale

- Ces effets ne reflètent pas un stress aigu
- Trop peu de températures contraignantes qui permettraient d'observer des effets importants
- Performances éloignées du stress

L'effet des **THI élevés est négatif** quand il intervient au cours des **trois premiers mois** de la gestation de la mère

Objectifs

1. Effet du stress de chaleur sur les performances des vaches laitières en FR
 - Effets directs et à court terme
 - Effets indirects du stress subi *in utero*
2. Variabilité individuelle de la réponse au stress de chaleur
 - ≡ Effets directs et à court terme



Variabilité individuelle : modèle

$$y_{i_t} = \text{Effets fixes} + \sum z_t g_i + e_{i_t}$$

Performance de l'animal (i),
mesurée au **THI (t)**

La performance de l'animal (i) est reliée au pedigree,
mais aussi au **THI (t)** auquel elle est mesurée

Variabilité individuelle : modèle

$$y_{i,t} = \text{Effets fixes} + \sum z_t g_i + e_{i,t}$$

Performance de l'animal (i),
mesurée au THI (t)

La performance de l'animal (i) est reliée au pedigree,
mais aussi au THI (t) auquel elle est mesurée

Valeurs génétiques

20 30 40 50 60 70 80

THI

Valeurs génétiques

20 30 40 50 60 70 80

THI

Un caractère différent à chaque
valeur de THI

Corrélation génétique < 1 pour
le même phénotype à différents
THI = interactions GxE

Variabilité individuelle : interactions GxE

Pour un même caractère à différents THI : corrélations génétiques très élevées

- Production et SCS , les valeurs mini > 0.80 (la plupart sont > 0.90)
- Fertilité, les valeurs mini ≈ 0.75

⇒ **Peu ou pas d'interactions entre génotype et THI**

Peu de reclassements entre animaux



Variabilité individuelle : interactions GxE

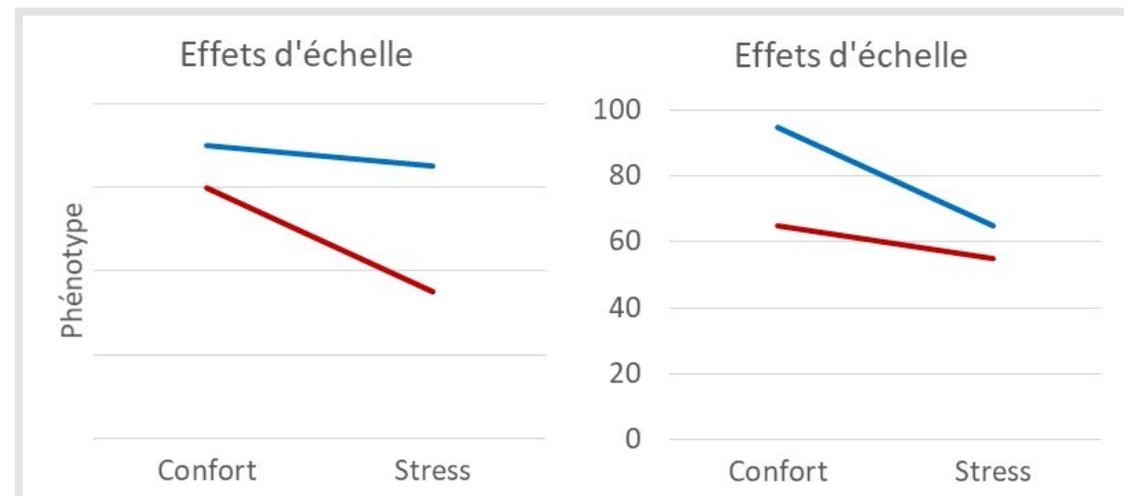
Pour un même caractère à différents THI : corrélations génétiques très élevées

- Production et SCS , les valeurs mini > 0.80 (la plupart sont > 0.90)
- Fertilité, les valeurs mini ≈ 0.75

⇒ Peu ou pas d'interactions entre génotype et THI

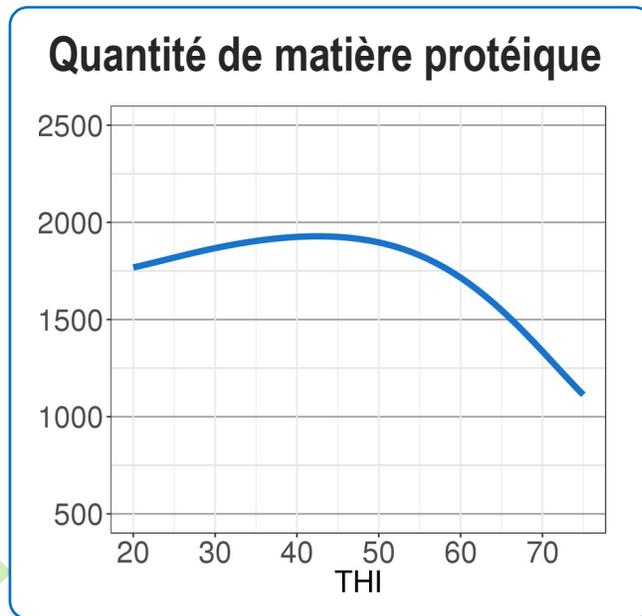
Peu de reclassements entre animaux

Peu de reclassements ... Mais des effets d'échelle

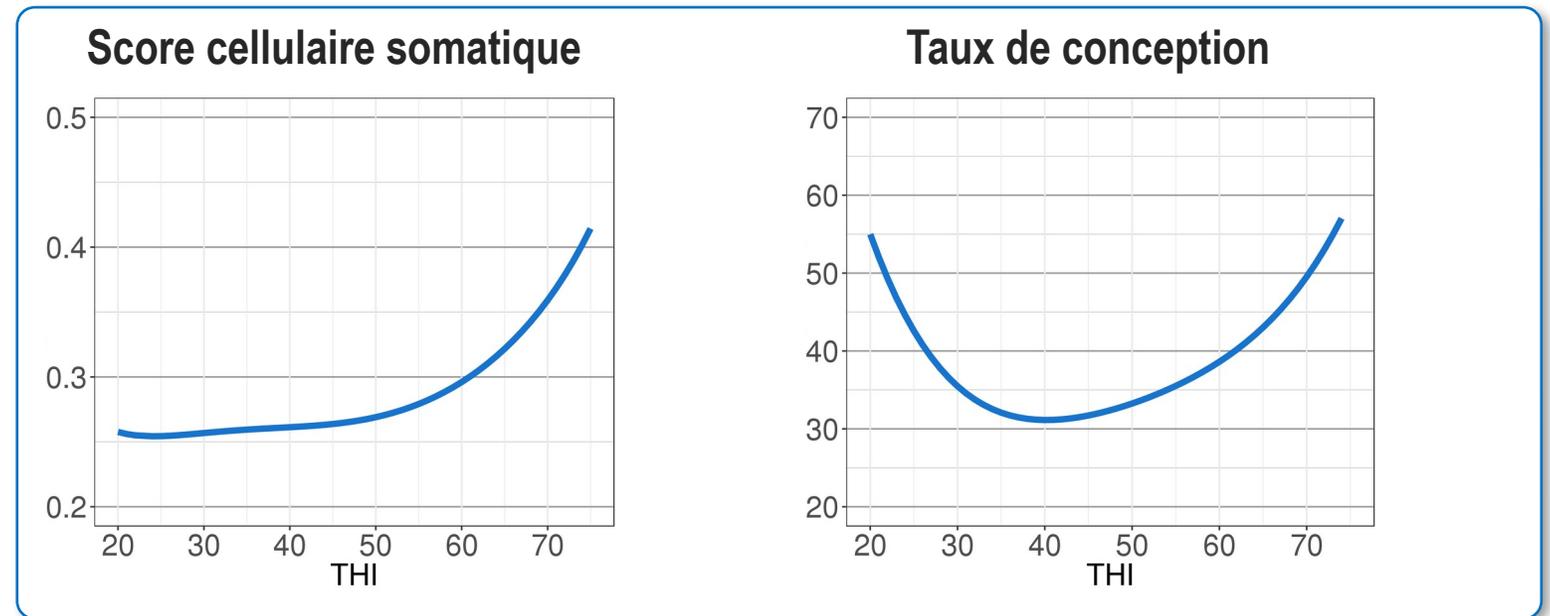


Variabilité individuelle : interactions GxE

Evolution des variances génétiques en fonction du THI, ex Montbéliarde



Production : ↘ des différences entre animaux quand THI élevés



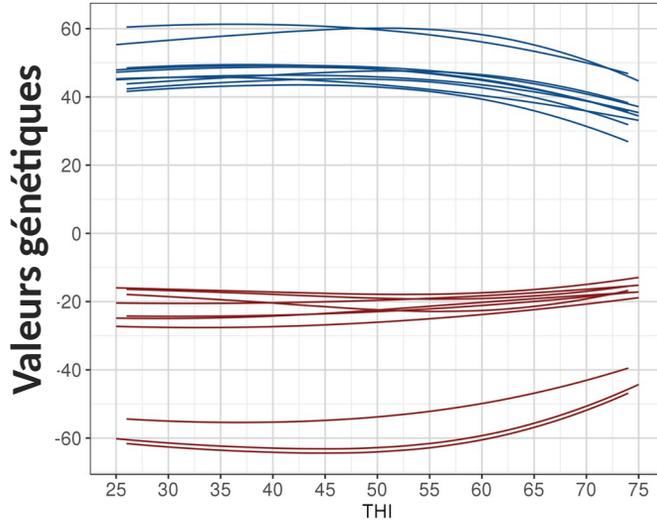
Fonctionnels : ↗ des différences entre animaux quand THI élevés

Variabilité individuelle : valeurs génétiques

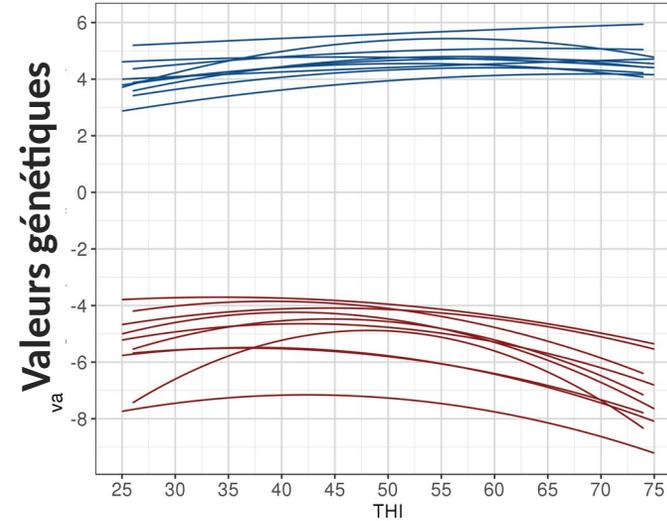


Evolution des valeurs génétiques en fonction du THI, ex : TOP/FLOP à THI50 de taureaux Montbéliards

Matières protéiques (g/j)



Taux de conception (%)

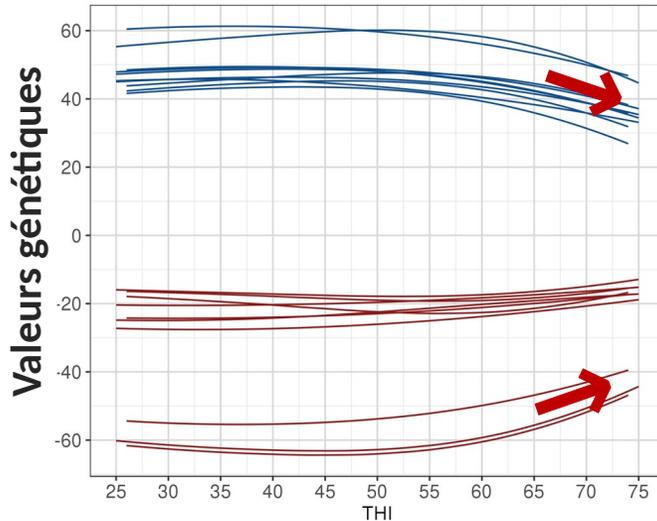


Variabilité individuelle : valeurs génétiques

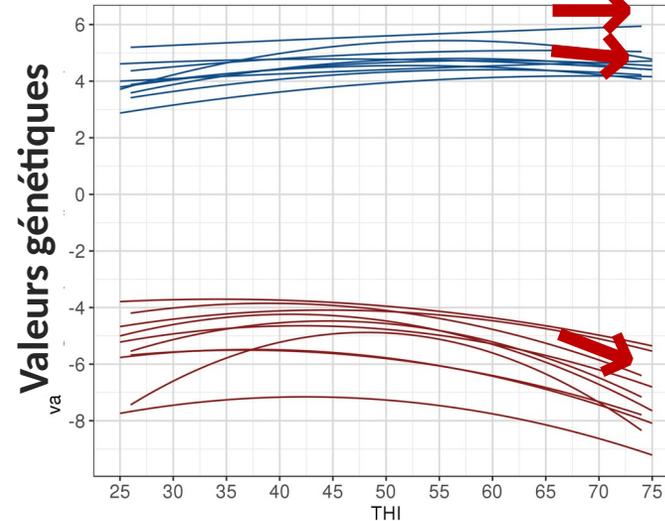


Evolution des valeurs génétiques en fonction du THI, ex : TOP/FLOP à THI50 de taureaux Montbéliards

Matières protéiques (g/j)



Taux de conception (%)



Niveau à THI=50, niveau à THI=70

Valeur génétique à un THI donné

Pente à THI=70

Valeur génétique qui reflète la diminution des performances à THI 70

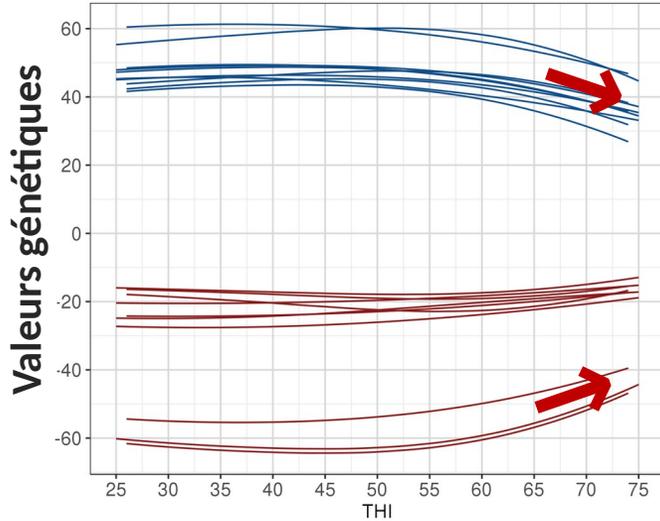
Critères de tolérance à la chaleur

Variabilité individuelle : valeurs génétiques

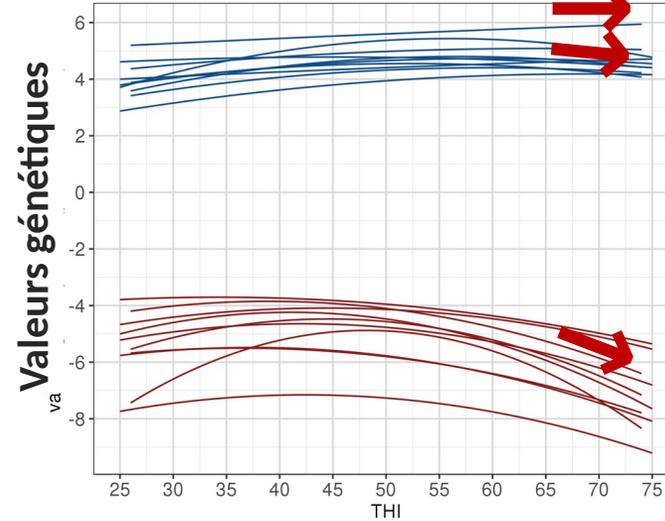


Evolution des valeurs génétiques en fonction du THI, ex : TOP/FLOP à THI50 de taureaux Montbéliards

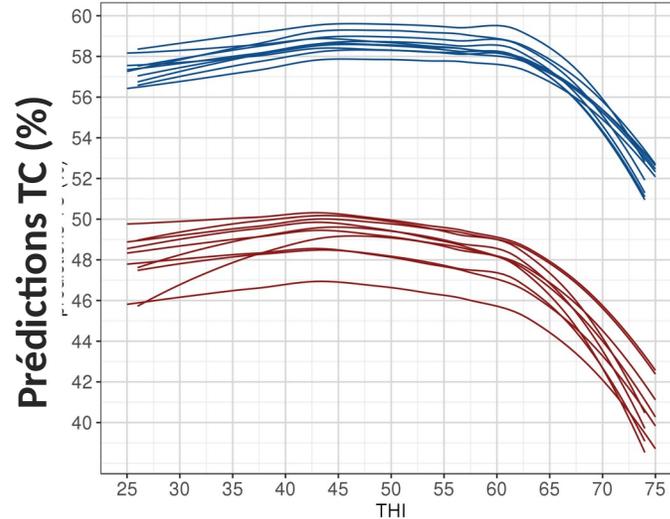
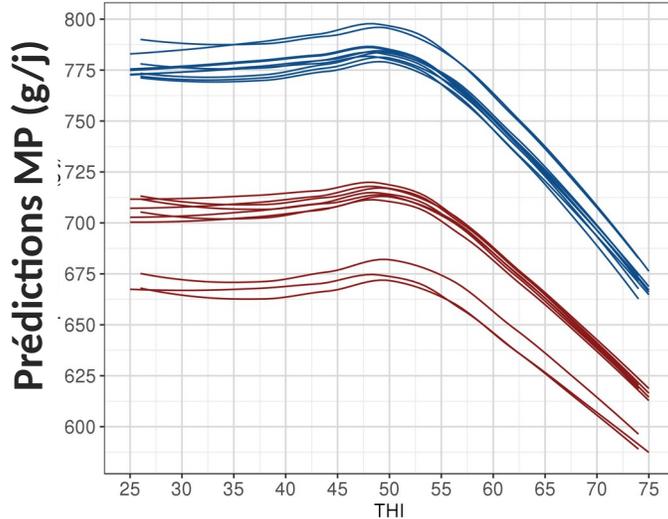
Matières protéiques (g/j)



Taux de conception (%)



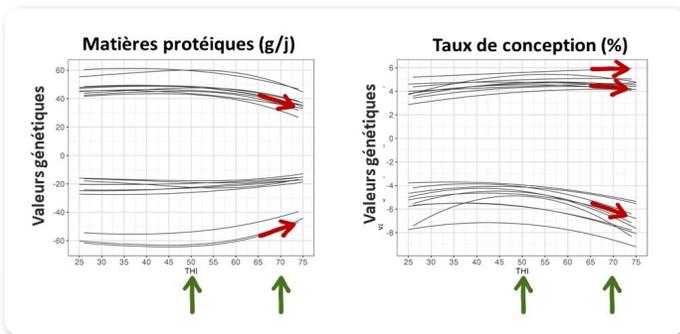
! **Phénotypiquement** tous les animaux vont voir leurs performances diminuer



Prédictions des performances en fonction du THI

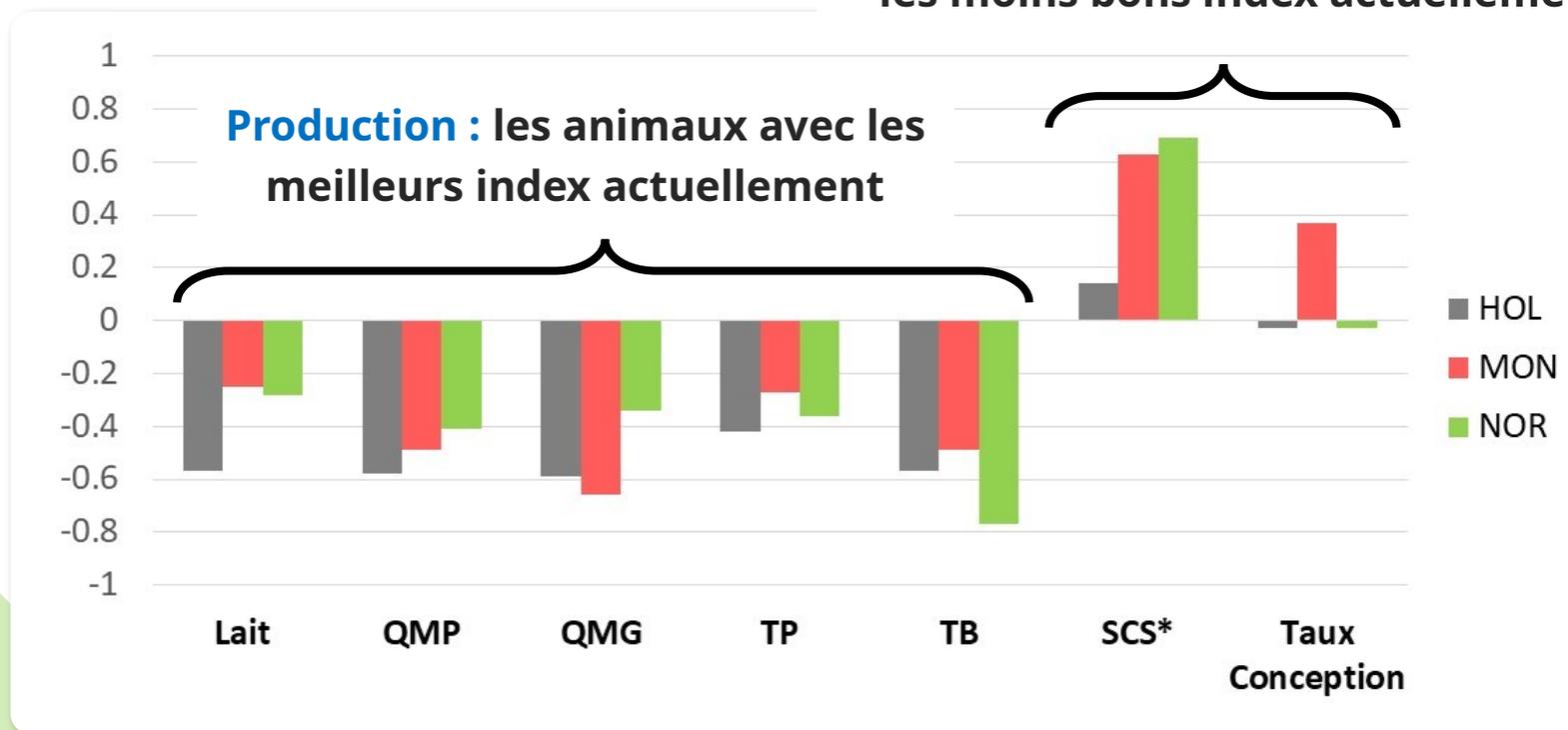
Variabilité individuelle : valeurs génétiques

Corrélations génétiques entre Niveau à THI50 et Pente à THI70



Quels sont les animaux qui seront les plus pénalisés par l'augmentation des températures ?

Fonctionnels (SCS) : les animaux avec les moins bons index actuellement



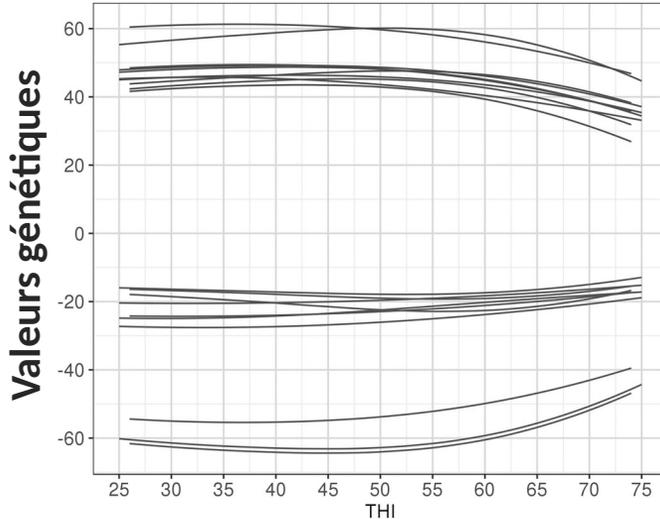
*SCS : Niveaux à THI50 élevés + de cellules; Pentés à THI70 fortement positives animaux pour lesquels les cellules augmentent le plus

Variabilité individuelle : valeurs génétiques

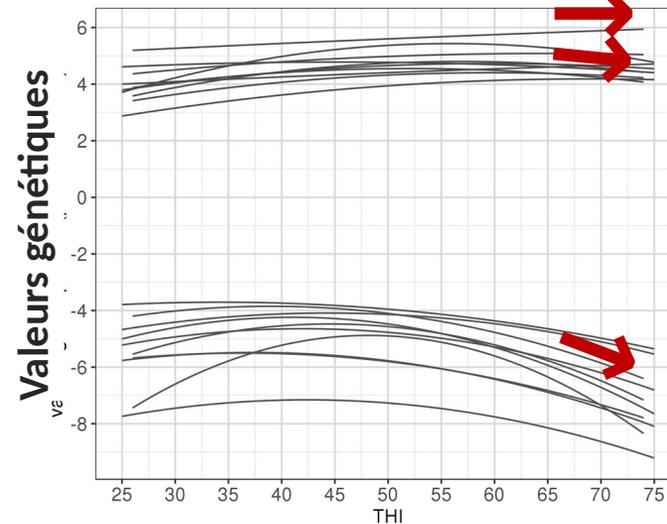


Evolution des valeurs génétiques en fonction du THI, ex : TOP/FLOP à THI50 de taureaux Montbéliards

Matières protéiques (g/j)



Taux de conception (%)



Corrélations génétiques < 0 entre Niveaux à THI50 pour la production et Pente à THI70 pour la fertilité

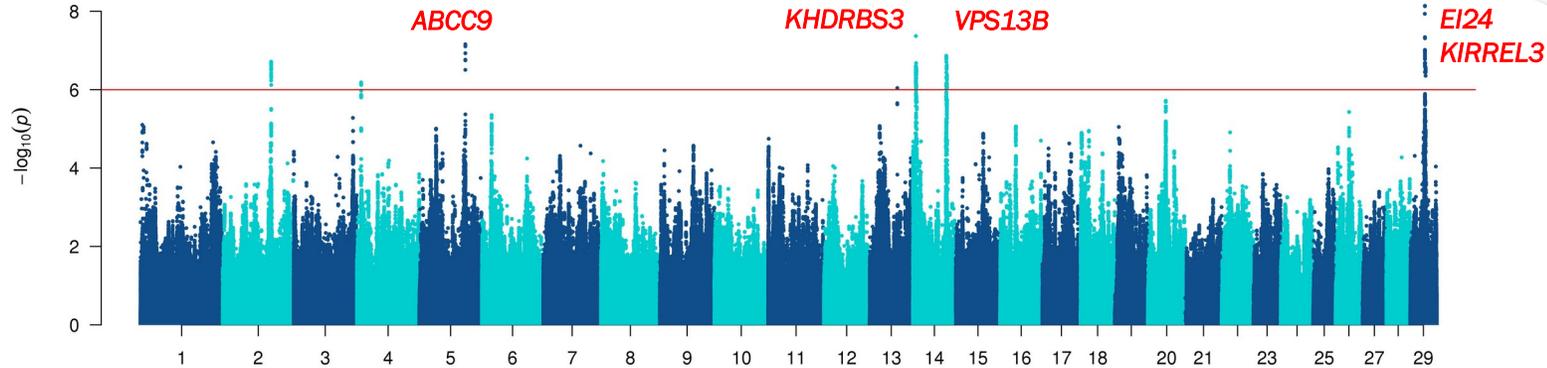
⊆ **Les plus productives** seront non seulement celles qui auront les plus fortes baisses de production mais seront aussi **les plus pénalisées pour la reproduction**

Variabilité individuelle : GWAS

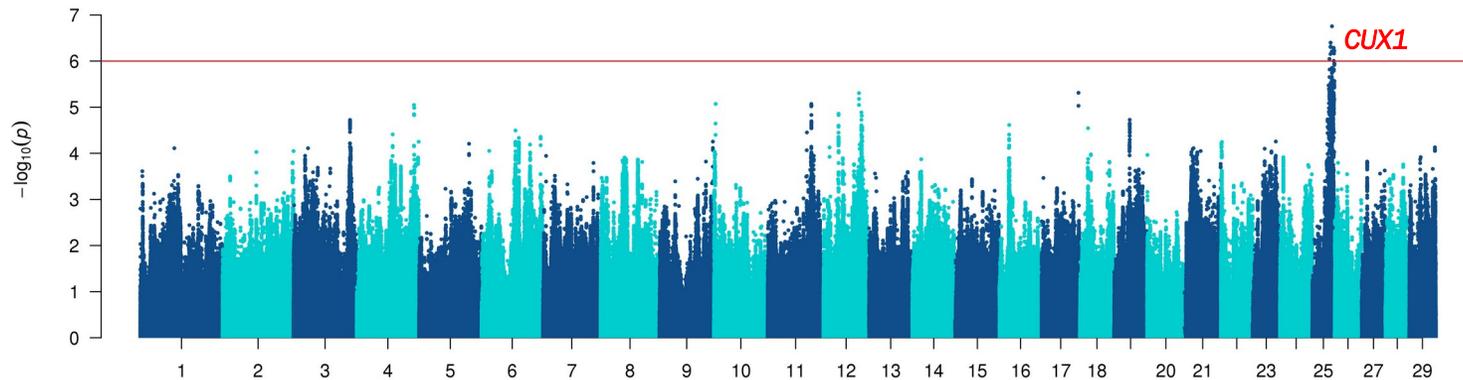


Association statistique entre les variants SNP et les caractères Pentes à THI70, ex Holstein

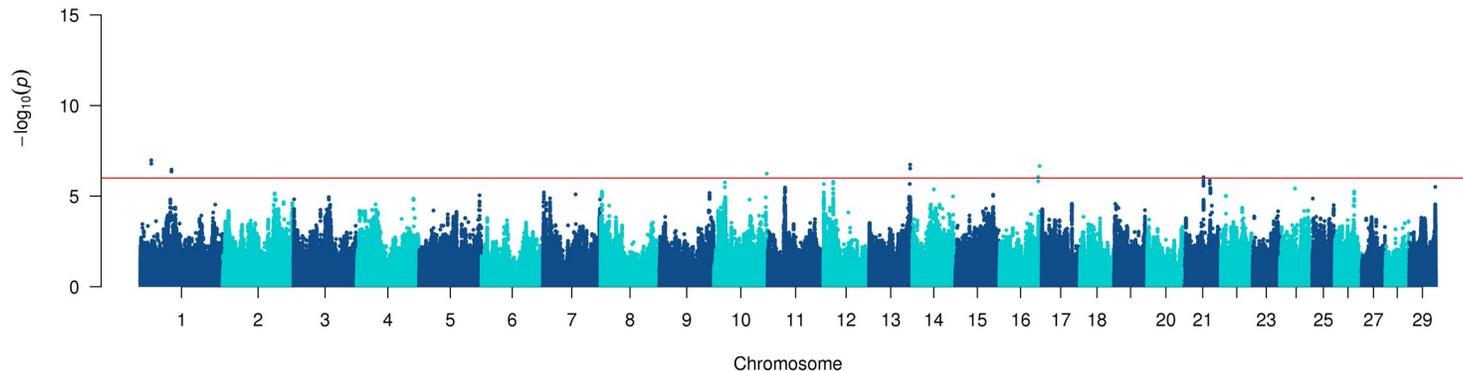
Pente à THI 70
Quantité de
lait



Pente à THI 70
SCS



Pente à THI 70
Taux de
conception



Aucune région commune
entre les caractères
« pente à THI 70 »

Peu de variants dans des
gènes connus comme
étant impliqués dans la
tolérance à la chaleur

**Mais des régions
distinctes de celles
identifiées pour les
Niveaux à THI50**

- ↗ températures $\hat{=}$ ↘ des performances (prod, santé, repro)
- Considérer que les pertes de production pourront être compensées par la sélection sans prendre en compte les interactions GxTHI ($\frac{5}{8}$ Niveaux THI50) ✎ ne pas anticiper un possible « point de rupture »

! fertilité, santé, voire mortalité

- Les efforts de sélection réalisés aujourd'hui sur la fertilité et le SCS permettent d'anticiper les baisses de performances dues aux fortes chaleurs

Intra-caractère : corr génétiques fortes entre Niveau THI50 et Niveau THI70

SCS et fertilité Montbéliarde : corr génétiques >0 entre Niveau THI50 et Pente THI70

- La sélection sur les Niveaux et les Pentes à THI élevés (THI70) permettrait afin :
 - d'anticiper les THI >>70 et d'écarter les animaux les plus sensibles
 - d'alléger le travail des éleveurs et diminuer les risques de pertes liés à la subfertilité ou à la santé

Merci !



contact@umt-e-bis.com



CAICal
or

- **Vinet A., Mattalia S., Vallée R., Bertrand C., Bertuzzi P., Cuyabano B.C.D, and Boichard D., 2022.**
Etude de la tolérance à la chaleur des bovins par l'étude des interactions entre génotype et indice température-humidité sur la production et la santé de la mamelle en race Montbéliarde. *26^{èmes} Journées 3R.*
- **Mattalia S, Vinet A., Vandenplas J., Carabaño M.J., Diaz C., Ramon M., Aguerre S., Cuyabano B.C.D., Boichard D., Pailhoux E. and Mulder H.A., 2022.**
Towards new breeding tools in a context of climate change first results of the RUMIGEN project on new phenotypes for heat tolerance traits. *ICAR Meeting, Montréal, Canada, May 30-June 3, 2022.*
- **Vinet A., Mattalia S., Vallée R., Bertrand C., Cuyabano B.C.D., and Boichard D., 2023.**
Estimation of genotype by temperature-humidity index interactions on milk production and udder health traits in the Montbeliarde cows. *Genet Sel Evol 55, 4.*
- **Vinet A., Mattalia S., Vallée R., Bertrand C., Barbat A., Promp J., Cuyabano B.C.D., and Boichard D., 2024.**
Effect of temperature-humidity index on the evolution of trade-offs between fertility and production in dairy cattle. *Genet Sel Evol 56, 1.*
- **Vinet A., Fouéré C., Cuyabano B.C.D., Mattalia S., Vallée R., Barbat A., Bertrand C., Hozé C., and Boichard D., 2024.**
Long-lasting effects of in utero heat stress on subsequent performances of heifers and primiparous cows. *J Dairy Sci.* <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25168>