

Note rédigée par Roxane VALLEE (Service Phénotypages et collecte des données,
dans le cadre de ses activités pour le CNIEL
Février 2019



Evaluation génétique de la résistance à la chaleur des bovins laitiers Synthèse bibliographique

Dans le cadre du programme Climalait (changement climatique et adaptation des élevages laitiers), de nombreuses questions sont posées par les éleveurs et les conseillers sur l'adaptation des animaux face à la chaleur.



Cette synthèse bibliographique reprend les 4 principaux articles publiés entre 2016 et 2017 concernant le développement d'une évaluation génétique de la résistance à la chaleur des bovins laitiers en Australie.

Des travaux préliminaires ont été menés aux Etats Unis (essentiellement), dans les années 2000 puis 2010, et ont mis en avant l'intérêt de l'index température – humidité (THI) et permis une première caractérisation génétique du caractère « résistance à la chaleur » ; cependant ils n'ont pas abouti à une évaluation génétique.

A l'occasion de deux séminaires internationaux ayant eu lieu en 2018, deux nouveaux articles (références ci-dessous) ont été publiés ; ils résument les travaux menés en Australie autour de la résistance à la chaleur et reprennent les points développés ci-après.

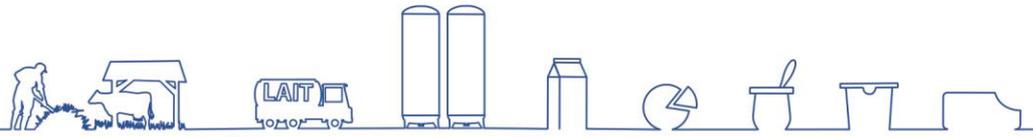
T. T. T. Nguyen, J. Garner, P.J. Bowman, M. Haile-Mariam, B.J. Hayes, J.E. Pryce. 2018. Breeding for heat tolerance in Australian dairy cattle: From development to implementation. Proceedings of the World Congress on Genetics Applied to Livestock Production

T. T. T. Nguyen, J. Garner, J.E. Pryce. 2018. Breeding Focus 2018 - Reducing Heat Stress : A tool to breed for heat tolerant dairy cattle. Animal Genetics and Breeding Units

Ce qu'il faut retenir.

Une évaluation génétique de la résistance à la chaleur est réalisée en routine en Australie depuis décembre 2017 pour les races Holstein et Jersiaise.

Cet index génomique a pu être obtenu grâce à la prise en compte simultanée de données météorologiques et de productions laitières journalières (425 000 Holsteins, 85 000 Jersiaises), permettant d'identifier des baisses de production en période de forte chaleur dans une large population de taureaux et de femelles génotypés. Les femelles dont l'index « résistance à la chaleur » est favorable présentent une baisse limitée de leur production laitière et une hausse limitée de leur



température corporelle par rapport aux femelles dont l'index est défavorable, validant ainsi cette estimation.

Un outil d'aide à la décision a été développé pour permettre aux éleveurs d'anticiper la sélection de leurs animaux sur ce caractère.

Il est prévu que l'évaluation génétique de la résistance à la chaleur soit étendue à d'autres prédictors (comme les variations de composition du lait en période de forte chaleur à partir des spectres MIR) et d'autres races.

A/ Sélection génomique pour la résistance à la chaleur dans les troupeaux laitiers australiens

T.T.T. Nguyen, P.J. Bowman, M. Haile-Mariam, J.E. Pryce, B.J. Hayes (2016) Genomic selection for heat tolerance to heat stress in Australian dairy cattle. *J. Dairy Sci.* **99**:2849–2862

L'objectif de l'étude était de développer en Australie un index génomique de la résistance à la chaleur pour les vaches laitières. Cette résistance a été définie en étudiant le taux de diminution de la production laitière (lait et matières utiles) en période de fortes chaleurs. Ils ont utilisé les données élémentaires de contrôles laitiers de 366 835 vaches Holsteins et 76 852 vaches Jersiaises. Des données météorologiques de températures et d'humidité étaient également disponibles (période étudiée : 2003-2013).

Deux types de populations de référence (animaux génotypés et phénotypés) ont été utilisés pour réaliser les prédictions génomiques 1/ une population composée uniquement de taureaux (2 300 Holsteins et 575 Jersiais) et 2/ une population composée de taureaux et de vaches (2 189 vaches Holsteins et 1 188 vaches Jersiaises).

La population 2/ a permis une légère amélioration de la précision des index génomiques, en Holstein seulement, avec des précisions autour de 0,50 en Holstein et en Jersiaise, sur les taureaux de validation (ce qui est relativement faible).

D'après cette étude, la résistance à la chaleur peut être sélectionnée (héritabilité de 0,19 pour les 1^{ière} lactation en Holstein, et 0,24 en Jersiaise). Il y a un lien favorable entre la fertilité et la résistance à la chaleur, en revanche un lien défavorable entre production laitière et résistance à la chaleur. Pour l'instant, aucune décision n'a été prise quant à l'intégration de ce nouveau caractère dans les objectifs de sélection des races laitières en Australie.

NB. Héritabilité des cellules : 0,15 ; héritabilité de la production laitière : 0,30 à 0,40

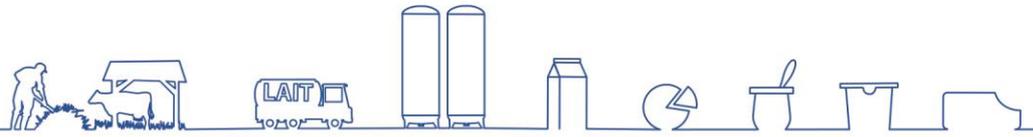
B/ La sélection génomique améliore la résistance à la chaleur des bovins laitiers

J.B. Garner, M.L. Douglas, S.R.O. Williams, W.J. Wales, L.C. Marett, T.T.T. Nguyen, C.M. Reich, B.J. Hayes (2016) Genomic selection improves heat tolerance in dairy cattle. *Nature Scientific Reports* **6**:1-8

Cette étude fait suite à celle décrite au point A.

Son objectif : **valider empiriquement les prédictions génomiques** de la résistance à la chaleur selon le mode opératoire suivant :

- 400 vaches primipares Holsteins australiennes ont été génotypées et classées selon leur index de résistance à la chaleur ; les **24 plus résistantes (HT = heat tolerant)** et les **24 moins résistantes à la chaleur (HS = heat susceptible)** ont été retenues (2 écart type entre l'index moyen des HT et l'index moyen des HS) et réparties en 8 cohortes suivant leur stade de lactation et leur poids ;



- Chaque cohorte a été suivie sur 26 jours :
 - o 7 jours de « référence » en conditions ambiantes ;
 - o 4 jours de challenge thermique en chambres climatisées individuelles (indice de chaleur THI > 72, allant de 72 à 82, T° allant de 23,3°C à 31,6°C et humidité relative allant de 42 à 71%) ;
 - o 14 jours de récupération en conditions ambiantes.
- Ont été relevés sur cette période la production laitière, la production laitière corrigée pour l'énergie (ECM, production calculée pour présenter un même niveau énergétique), l'ingestion d'eau, la note d'état corporel, le nombre de respirations par minute, l'« indice d'halètement » (panting score) et les températures rectale, vaginale et cutanée (flanc, cou et pis).

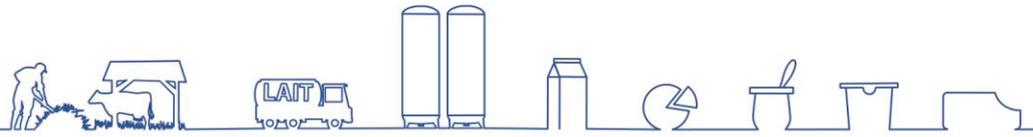
Conclusion : Les vaches dont la résistance à la chaleur (HT) a été prédite via les index génomiques présentent, au cours de la simulation d'une vague de chaleur, une baisse limitée de la production laitière et une hausse limitée de la température corporelle. La sélection génomique pourrait donc permettre l'amélioration de la résilience et du bien-être des vaches laitières et de la productivité des fermes dans un futur où les vagues de chaleur seront de plus en plus fréquentes et intenses.

Détails des résultats de l'expérimentation.

Remarque : on estime que les besoins d'entretien de vaches en lactation augmentent jusqu'à 25% en cas de forte chaleur afin de réguler leur température corporelle, et que seulement 35 à 50% de la baisse de production pourrait être attribuée à une baisse de l'ingestion.

1. Pendant le challenge

- a) **La baisse de production laitière** (corrigée ou non) observée durant le challenge thermique **a été plus limitée pour les vaches HT** (-12,5% et -8,1% par rapport à la quantité non corrigée et corrigée en période « référence », respectivement) que pour les vaches HS (-17,4% et -15,7% par rapport à la quantité non corrigée et corrigée en période « référence », respectivement) et en adéquation avec le déclin estimé via les prédictions génomiques. Cette différence suggère **un métabolisme énergétique différent entre HT et HS**.
- b) La température interne (vaginale et rectale) **moyenne était plus basse pour les HT que pour les HS** au cours du challenge. Les **capacités de thermorégulation des HT semblent donc meilleures** que celles des HS.
Quant aux différentes températures cutanées, elles étaient globalement supérieures chez les HT que chez les HS, ce qui indique une **meilleure dissipation de la chaleur** et pourrait expliquer les plus faibles températures internes observées.
- c) De la même façon, la **fréquence respiratoire est plus faible chez les HT** que chez les HS.
- d) **La baisse d'ingestion durant le challenge thermique a été plus limitée pour les vaches HT que pour les vaches HS**. Une plus grande quantité ingérée associée à une température interne plus faible suggère que les différences de température entre HT et HS ne serait pas uniquement due à la chaleur produite par la fermentation ruminale.
- e) **La quantité d'eau ingérée pendant le challenge a été plus faible pour les HT que pour les HS**. Les HT n'ayant pas consommé plus d'eau, leur température interne plus faible et leur plus faible baisse de production laitière ne peut pas être attribuée à une différence de consommation d'eau (puisque moins d'eau devrait correspondre à T° interne plus élevée et quantité de lait plus faible).



2. Après le challenge (14 jours de récupération)

- a) La prise alimentaire des vaches soumises au challenge est revenue au niveau de référence au 6^{ème} jour de récupération pour les HT et au 9^{ème} jour pour les HS, avec une prise alimentaire plus élevée que la quantité de référence pendant ce laps de temps (+4,3% pour les HT, + 3,5% pour les HS).
- b) **Cette reprise normale de l'alimentation n'a pas entraîné une reprise de production laitière au niveau de référence**, avec une baisse de 5,1% et de 10,2% (par rapport à la période de référence) de la quantité de lait (non corrigée) produite par les HT et HS, respectivement. On suppose qu'il y a une **période de récupération métabolique** suite à la vague de chaleur et que les vaches HT sont moins affectées que les vaches HS.

C/ Une application web pour combiner la sélection sur la résistance à la chaleur avec l'objectif de sélection national des bovins laitiers australiens

T.T.T. Nguyen, B.J. Hayes, J.E. Pryce (2017) A web-based application to assist selection for heat tolerance in combination with the balanced performance index in Australian dairy cattle. *Proc. Assoc. Advmt. Anim. Breed. Genet.* **22**:69-72

L'objectif de cette étude est de développer un **outil d'aide à la décision** en combinant l'index génomique pour la résistance à la chaleur BV_HT (breeding value for heat tolerance) avec l'index de synthèse national BPI (Balanced Performance Index).

L'index BV_HT a été estimé pour 12.062 vaches (10 680 Holsteins et 1 382 Jersiaises) et 10 981 taureaux (9 306 Holsteins et 1 675 Jersiais) génotypés en utilisant l'équation de prédiction pré établie (*cf. résumé article A*).

Des données prédictives de températures et d'humidités journalières moyennes ont été utilisées pour calculer des index journaliers température-humidité (THI) futurs pour chaque troupeau.

La résistance à la chaleur étant considérée comme un taux de baisse de production laitière (lait et matières utiles) lors de vagues de chaleur, une estimation de la valeur économique de l'index BV_HT d'un animal a été calculée en multipliant les valeurs génétiques d'un animal de résistance à la chaleur pour la production de lait, de matière grasse et de matière protéique, par leurs poids économiques respectifs utilisés dans le BPI. Le tout a été pondéré par la « charge thermique » (heat load) de la zone considérée, c'est-à-dire le nombre de fois par an où le THI moyen sur cinq jours consécutifs dépasse un seuil de 60 (*5 jours avec THI > 60 = vague de chaleur impactant la production*).

La valeur génétique pour la résistance à la chaleur a été intégrée à la synthèse nationale comme suit : $BPI_{HT} = BPI + BV_{HT}$, c'est-à-dire qu'on considère un « BPI amélioré » prenant en compte la résistance à la chaleur.

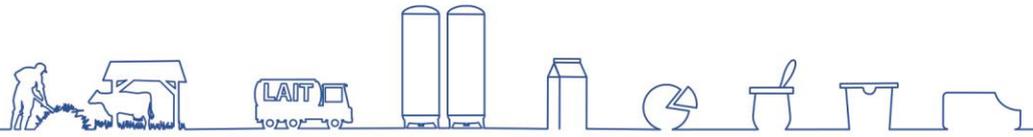
Une application web a été développée pour permettre aux éleveurs de prédire les futures « charges thermiques » auxquelles seront soumis leurs troupeaux afin de viser une amélioration génétique des futures générations vis-à-vis de la résistance à la chaleur en sélectionnant les taureaux et les femelles aux « BPI améliorés » les plus élevés.

Remarques :

* Toutes les grandes régions laitières sont concernées par la hausse de la charge thermique, le nombre de jours pour lesquels le THI est supérieur à 60 variant d'une région à l'autre, allant de 120 à 313 jours par an !

* Etant fonction de la charge thermique, le poids économique de la résistance à la chaleur varie en fonction de celle-ci, suivant la région (et l'année) considérée. Cela signifie que l'importance de la résistance à la chaleur d'un animal dépend de la localisation de l'élevage : plus l'élevage est soumis à des vagues de chaleurs importantes (en nombre et/ou en intensité) plus il sera important d'en sélectionner les animaux sur leur capacité de résistance.

* Cependant, la corrélation de 0.95 entre BPI et BPI_HT (pour une région avec THI élevé) ne justifie pas d'avoir des index par région.



D/ Mise en œuvre d'un index pour la résistance à la chaleur des bovins laitiers australiens

T.T.T. Nguyen, P.J. Bowman, M. Halie-Mariam, G.J. Nieuwhof, B.J. Hayes, J.E. Pryce (2017) Short communication: Implementation of a breeding value for heat tolerance in Australian dairy cattle. *J. Dairy Sci.* **100**:7362-7367

Cet article détaille la **mise en place d'une sélection génétique** pour la tolérance à la chaleur des bovins laitiers Australiens (races Holstein et Jersiaise).

C'est 46 726 SNP, des performances enregistrées dans 2481 troupeaux (1 927 Holsteins et 554 Jersiais) et une population de référence de 2 236 taureaux et 11 853 vaches Holsteins et 506 taureaux et 4 268 vaches Jersiais qui ont été utilisés à cette fin.

L'index génomique pour la résistance à la chaleur (HT ABVg, Australian genomic breeding value for heat tolerance) a été estimé comme étant la **baisse de production de lait, de matière grasse et de matière protéique par hausse d'une unité de THI au-dessus du seuil de 60** (22°C et 45% d'humidité relative), chacune pondérées par leurs **valeurs économiques** respectives, supposées équivalentes à celles appliquées au lait et aux matières dans l'index de synthèse national Australien (BPI). L'index est donc exprimé en AUD/THI.

Pour chaque race, l'index a été standardisé pour obtenir une moyenne de 100 et un écart type de 5 (comme pour la plupart des index Australiens). **Les index pour la résistance à la chaleur vont de - 4 à +3 écarts-types (de 84 à 112) en Holstein de - 3 à +4 écarts-types (de 86 à 117) en Jersiaise. Le CD moyen est de 0,38 pour les deux races** (allant de 0,15 à 0,54).

La variabilité des index et leur CD suggèrent une amélioration possible de la résistance à la chaleur en utilisant la sélection génomique.

Etant donnée la baisse du progrès génétique constatée pour la résistance à la chaleur (0,3% par an entre 1990 et 2011, étant corrélé négativement aux caractères de production), **il serait souhaitable d'inclure cet index HT ABVg dans un index de synthèse économique (BPI actuellement)** avec d'autres caractères contribuant au bénéfice des exploitations.

L'index « résistance à la chaleur » doit être **mise en production** par DataGene (équivalent de GenEval en France) **fin 2017** (première sortie réalisée en décembre 2017).