

Changement climatique : vers une augmentation du risque lié aux coups de chaleur en poulet de chair.

Quantifier les occurrences futures de stress thermique en région Bretagne, Pays de la Loire et Auvergne-Rhône-Alpes

Y. GUYOT¹

Contact : guyot@itavi.asso.fr

¹ ITAVI, 7 rue du Faubourg Poissonnière, 75009 PARIS



Etude financée par :



Résumé

L'intensification du changement climatique représente un défi croissant pour le secteur avicole. L'augmentation des températures et des épisodes de fortes chaleurs peut nuire au confort thermique et au bien-être des volailles, dégrader les performances et entraîner une surmortalité. Afin d'anticiper les conséquences du changement climatique sur les productions avicoles, des projections de stress thermiques pour les années à venir ont été effectuées à l'aide de l'Indice de Température-Humidité (THI). En utilisant des projections climatiques françaises et un modèle de calcul basé sur l'équilibre thermodynamique des bâtiments, les occurrences de coups de chaleur pour les régions Bretagne, Pays de la Loire et Auvergne-Rhône-Alpes ont été simulées, à la fois à l'extérieur et à l'intérieur des bâtiments d'élevage. Quelle que soit la région, les résultats révèlent une augmentation des occurrences de stress thermique dans un horizon proche (2030-2060), et des conditions encore plus dégradées dans un horizon plus lointain (2070-2100).

1. Contexte

D'après le 6^{ème} rapport d'évaluation (2023) du groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), la hausse des températures s'est accentuée, ainsi, la décennie 2011-2020 a été la plus chaude depuis environ 125 000 ans, et ce phénomène va s'accroître dans les années à venir. Dans ce contexte, le nombre de journées chaudes (température maximale > 25°C) en métropole est en forte augmentation (www.ecologie.gouv.fr) et va continuer d'augmenter. Les fortes températures (combinées avec l'humidité relative) sont le premier facteur environnemental générateur de stress thermique sur les animaux d'élevage et en particulier les volailles. Le stress thermique a des conséquences négatives sur les volailles en termes de performances et de confort (Andretta *et al* 2021, Kumar *et al* 2021, Carabeno *et al* 2016, May *et al* 2001, Purswell *et al* 2012) et peut entraîner de la surmortalité (Saeed *et al* 2019, Kang *et al* 2020). Afin de guider au mieux les politiques d'adaptation de l'aviculture française face au changement climatique,

il est impératif d'avoir une idée de l'ampleur de l'évolution des coups de chaleurs pour les années qui viennent (Lallo *et al* 2018, Rahimi *et al* 2021). La présente étude propose de fournir des prévisions des occurrences futures de coups de chaleur à l'aide de l'indicateur THI (Thermal Humidity Index, voir encadré) à l'extérieur et à l'intérieur des bâtiments, pour les régions Bretagne, Pays de la Loire et Auvergne-Rhône-Alpes.

2. Matériel et méthode

2.1. Scénario de référence et projections climatiques

2.1.1. Scénario de référence

Afin de coordonner les actions d'adaptation au changement climatique, le ministère de la transition écologique fournit une trajectoire de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC). Cette trajectoire prévoit un réchauffement mondial de +3°C en 2100 par rapport à l'ère préindustrielle, se traduisant par une hausse de +4°C en France

métropolitaine. Cette hausse sera de +2°C en 2030 et 2.7°C en 2050.

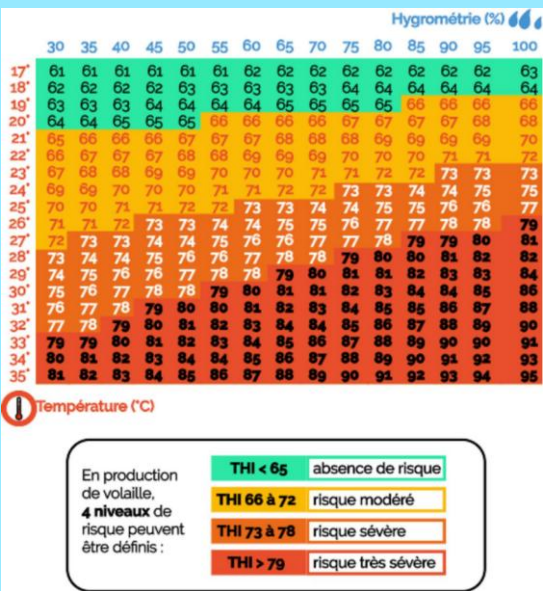
2.1.2. Projections climatiques

En parallèle de la TRACC, des projections climatiques régionalisées (échelle 8x8km) sont disponibles sur le portail Drias (www.drias-climat.fr). Parmi ces projections plusieurs modèles sont disponibles. Ces modèles, communément appelés couples GCM/RCM (les modèles climatiques régionaux (RGM) permettent d'affiner les modèles climatiques mondiaux (GCM)), peuvent donner des résultats différents, notamment en termes de températures prédites. La TRACC se base sur 17 couples GCM/RCM pour donner les prédictions climatiques. Parmi ces modèles, qui sont tous sous l'hypothèse RCP8.5 (les émissions de GES continuent d'augmenter au rythme actuel), 10 sont disponibles sur le portail Drias. Tous les résultats présentés dans cette étude sont calculés comme la médiane des 10 modèles dont la liste est donnée en annexe 1.

THI : Thermal Humidity Index

Le THI est calculé à l'aide de formules basées sur la température (T) et l'humidité relative (RH). Une formule couramment utilisée est la suivante :

$$THI=(1,8*T+32)(1 - (0,55-0,0055*RH))$$



Source : <https://climatbat.chambres-agriculture.fr/volailles/stress-thermique-en-volaille>

2.2. Calcul des occurrences de coups de chaleur

A partir des prévisions de températures maximales et humidités spécifiques journalières collectées sur le portail Drias, le THI maximal quotidien peut être estimé, en appliquant la formule de l'encadré. A titre indicatif, une interprétation des niveaux de risques serait que modéré correspond à un inconfort pour les animaux, sévère à une baisse de performances et très sévère à l'apparition de mortalité importante. Afin d'avoir une idée des occurrences de stress thermique, le nombre de jours où le THI dépasse un certain seuil ont été additionnés par saison estivale (Juin-Sept), et ce pour chaque modèle et chaque année jusque en 2100. Les seuils définissant un certain niveau de stress sont listés ci-dessus. Enfin, les résultats ont été moyennés sur 3 périodes représentant un futur proche (2030-2060), un futur lointain (2070-2100) et une période historique (1976-2005).

2.3. Projection à l'intérieur des bâtiments

2.3.1. Modélisation du bâtiment d'élevage

Même si la méthode de calcul décrite précédemment permet d'estimer les occurrences de stress chez les animaux ayant accès à l'extérieur, elle ne prend pas en considération le rôle du bâtiment d'élevage en tant qu'outil de régulation de l'ambiance les élevages où les animaux sont claustrés. Pour traiter cette question, un modèle thermodynamique stationnaire similaire à (Gates et al 1995) a été implémenté, réalisant un bilan d'énergie et d'humidité et prenant en compte les chaleurs latente et sensible émises par les animaux, les niveaux de ventilation et de brumisation ainsi que les conditions extérieures. Un tel modèle permet également à l'utilisateur d'appréhender l'incidence de tel ou tel paramètre (plus de brume, moins d'animaux) sur les occurrences de stress. Il convient de noter que le modèle thermodynamique utilisé dans cette étude ne prend pas en compte la vitesse d'air, paramètre important pour l'évaluation précise du confort thermique en bâtiment clos. Bien que des approches plus sophistiquées existent, notamment la modélisation par dynamique des fluides numérique (CFD) qui permettrait d'intégrer finement les vitesses d'air et les systèmes de refroidissement évaporatif, celles-ci augmenteraient considérablement la complexité du modèle, rendant difficile leur application à l'échelle régionale sur des horizons

temporels longs. Le choix d'un modèle thermodynamique stationnaire basé sur le THI constitue un compromis acceptable pour une première évaluation du risque à l'échelle des régions étudiées.

2.3.1. Cas illustratifs

Un bâtiment de type Colorado en poulet standard a été sélectionné car représentatif d'une certaine partie du parc français. Ses caractéristiques sont :

PV (kg)	1,9
Densité (anx/m ²)	22
Surface (m ²)	1200
Brume (l/h)	500
Débit d'air (m ³ /h/m ²)	230

Enfin, des leviers d'adaptation ont été testés comme la réduction de la densité (15 anx/m²) et l'augmentation de la brumisation (750 l/h) et leur effet sur les occurrences de coups de chaud est présenté.

3. Résultats et discussion

3.1. Evaluation des stress thermiques extérieurs

Les occurrences de stress thermique sévères vont significativement augmenter pour les productions avec accès extérieur (Figure 1 et 2) pour les trois régions. La Bretagne est la région qui historiquement souffre le moins des coups de chaud et qui continuera d'être la région la moins touchée par les conséquences du changement climatique (Figure 2). En revanche, cette dernière verra tout de même les occurrences augmenter avec notamment le nombre de jours de stress sévère passer de presque 0% à 10 % dans un futur lointain. La région Pays de la Loire est quant à elle plus touchée, de part son climat plus continental. A l'instar de la Bretagne, les occurrences de stress très sévère passeront de 2% à 23% à l'horizon 2070. D'après la figure 2, la région AURA semble être moins critique que la région Pays de la Loire. Cette région comporte de fortes différences topographiques, comme la présence de l'auvergne et des alpes (région vastes et plus froides) et la vallée du Rhône (région plus chaude). Cette disparité vient mécaniquement réduire la moyenne des coups de chauds, alors que la vallée du Rhône apparaît comme celle la plus touchée dans cette étude (Figure 1). Les projections climatiques correspondent aux températures sous abris, donc dans des conditions ombragées. Pour les productions avec accès extérieur, les conditions réellement vécues par les animaux sur les parcours dépendront effectivement de l'aménagement des parcours (arbres, haies, ...). Les valeurs de THI présentées pour les conditions extérieures correspondent donc à un minimum observé à l'ombre, les conditions en plein soleil pouvant être significativement plus sévères.

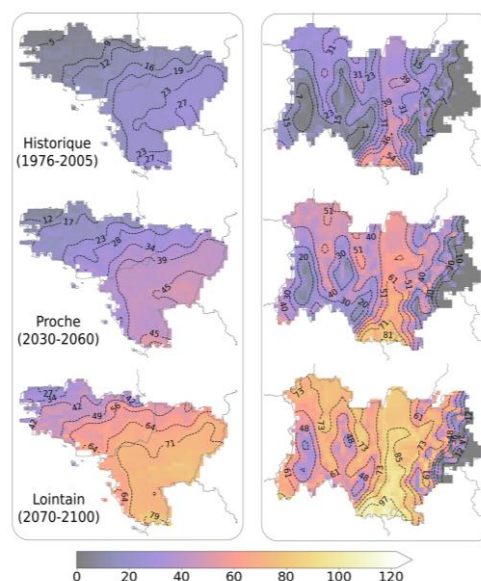


Figure 1 : Evolution des occurrences de stress thermique sévère et très sévère (nombre de jours où le THI > 73) en été (Juin-sept, 122 jours) en Bretagne et Pays de la Loire (gauche) et AURA (droite).

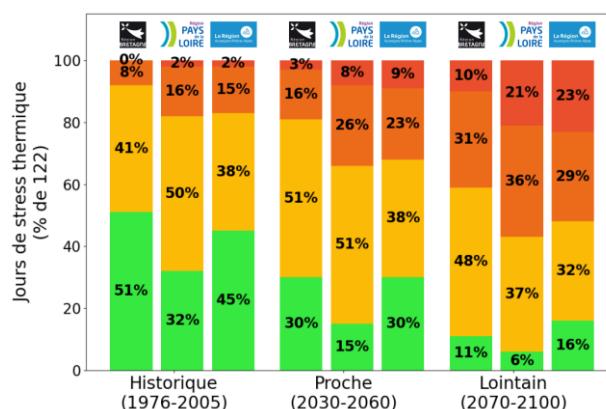


Figure 2 : Pourcentage des occurrences de risque de stress thermique par région et par horizon. Vert : absence de stress (THI < 65), Jaune : risque modéré (66 < THI < 72), Orange : risque sévère (73 < THI < 78), Rouge : risque très sévère (THI > 78)

3.2. Conséquences sur les ambiances intérieures

La tendance pour les occurrences de risques sévère et très sévère (orange et rouge, Figure 2 et 3) est similaire pour les animaux avec accès extérieur et ceux en claustration. Ces occurrences sont néanmoins plus élevées en bâtiment du fait de la chaleur émise par les animaux. La brume permet de contrebalancer l'augmentation de température due à l'activité métabolique des animaux mais augmente mécaniquement l'humidité ambiante. Ce phénomène conduit inexorablement vers une augmentation du THI (voir figure dans encart). Ce transfert vers des seuils de THI différents est particulièrement visible pour les occurrences de risque modéré (Figure 3) qui sont bien plus élevées que pour les productions avec accès extérieurs.

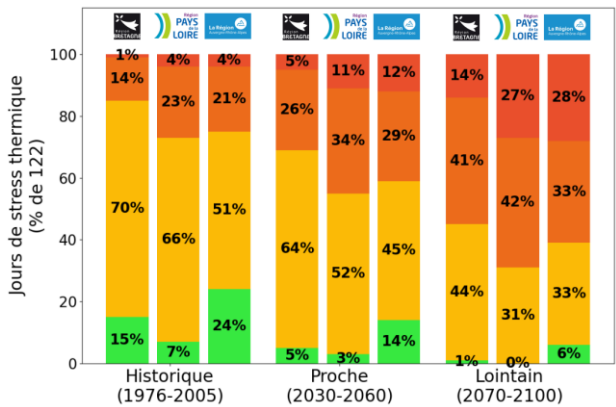


Figure 3 : Pourcentage des occurrences de risque de stress thermique par région et par horizon. Vert : absence de stress (THI < 65), Jaune : risque modéré (66 < THI < 72), Orange : risque sévère (73 < THI < 78), Rouge : risque très sévère (THI > 78)

3.3 Leviers d'adaptation

Dans le but d'évaluer l'influence de tel ou tel paramètre sur les risques, deux leviers pouvant avoir une influence directe sur les conditions d'ambiance ont été testés. Le premier consistait à augmenter le taux de brume de 50 %, le deuxième de réduire la densité animale d'un peu plus de 30 %.

Le premier levier consistant à augmenter la brume jusqu'à 750 l/h permet de réduire les occurrences de risque sévère et très sévère d'environ 22% toutes régions confondues dans un horizon proche. En revanche, en raison du phénomène de refroidissement évaporatif évoqué plus haut, ce levier ne permet pas d'augmenter significativement la probabilité d'absence de risque. Bien que pouvant s'avérer efficace pour réduire le risque de coup de chaud, le levier brumisation est à manipuler avec

précaution, et ne doit pas entraîner une humidité ambiante au-delà de 70-75%. Cette précaution est d'autant plus importante si l'air extérieur est déjà humide, comme cela peut être le cas près des côtes bretonnes. L'ajout de brumisation peut également s'avérer problématique dans un contexte de raréfaction de la ressource, comme lors de sécheresses ou des restrictions en eau peuvent être mises en place par les pouvoirs publics. A titre indicatif, une telle augmentation pourrait faire passer la consommation d'eau pour la brumisation en région AURA de 28000 m3/an à 43000 m3/an (Ottmann 2024).

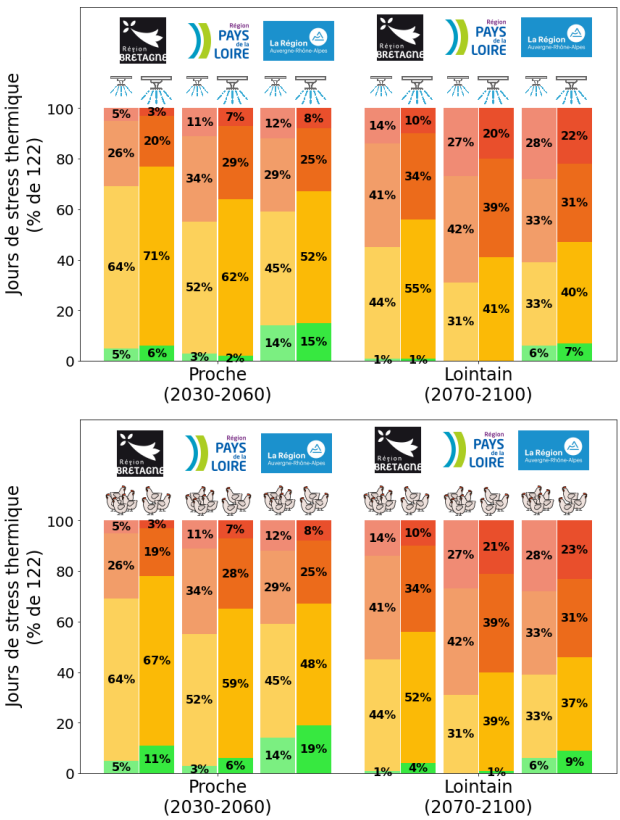


Figure 4 : Occurrences du risque de stress avant (clair) et après (foncé) application de levier. Haut : augmentation du niveau de brumisation de 500 l/h à 750 l/h, Bas : diminution de la densité de 22 anxm² à 15 anxm², Vert : absence de stress (THI < 65), Jaune : risque modéré (66 < THI < 72), Orange : risque sévère (73 < THI < 78), Rouge : risque très sévère (THI > 78)

La réduction de la densité de 22 à 15 animaux/m² permettrait de diminuer d'environ un tiers la probabilité de risque très sévère. Cependant, cette approche présente des limites : l'effet n'est probablement pas linéaire car la croissance individuelle supérieure à densité réduite peut diminuer la capacité de thermorégulation des animaux. De plus, les coûts économiques significatifs

associés à cette réduction (baisse du volume de production, coûts fixes tels que la consommation de gaz répartis sur moins d'animaux) suggèrent que les investissements dans l'amélioration des infrastructures (ventilation, refroidissement) pourraient être plus rentables à long terme que la réduction de densité.

4. Conclusion

La présente étude présente les évolutions du risque de coups de chaleur associés au changement climatique via la quantification des occurrences de stress thermique futures dans 3 régions productrices de poulet de chair. Quelque que soit la région, les occurrences de stress thermique vont significativement augmenter au cours des années qui

viennent, et ce pour les productions avec accès plein-air ainsi que celles sans. Le bâtiment et ses équipements constituent un outil précieux pour le contrôle de l'ambiance et pour évacuer la chaleur émise par les animaux. Cependant, en cas de condition relativement extrême (canicules, forte humidité), certaines limites physiques peuvent être atteintes ne pouvant permettre un refroidissement suffisant de l'ambiance.

5. Remerciements

Ce projet a été conduit dans le cadre du projet région Bretagne Fermadapt et du projet CASDAR ClimaTerra

Annexe 1

Liste des couples GCM/RCM utilisés dans l'étude

CNRM-CM5/ALADIN63	HadGEM2-ES/RegCM4-6
-------------------	---------------------

EC-EARTH/RACMO22E	MPI-ESM-LR/CCLM4-8-17
-------------------	-----------------------

EC-EARTH/RCA4	MPI-ESM-LR/REMO
---------------	-----------------

IPSL-CM5A-MR/RCA4	NorESM1-M/HIRHAM5
-------------------	-------------------

HadGEM2-ES/CCLM4-8-17	NorESM1-M/REMO
-----------------------	----------------

Références bibliographiques

- Andretta, I., Kipper, M., Schirmann, G. D., Franceschina, C. S., & Ribeiro, A. M. L. (2021). Modeling the performance of broilers under heat stress. *Poultry science*, 100(9), 101338.
- Carabano, M. J., Logar, B., Bormann, J., Minet, J., Vanrobays, M. L., Diaz, C., ... & Hammami, H. (2016). Modeling heat stress under different environmental conditions. *Journal of dairy science*, 99(5), 3798-3814.
- Gates, R. S., Zhang, H., Colliver, D. G., & Overhults, D. G. (1995). Regional variation in temperature humidity index for poultry housing. *Transactions of the ASAE*, 38(1), 197-205
- Kang, S., Kim, D. H., & Lee, S. (2020). An acute, rather than progressive, increase in temperature-humidity index has severe effects on mortality in laying hens. *Front Vet Sci* 2020; 7: 568093.
- Kumar, M., Ratwan, P., Dahiya, S. P., & Nehra, A. K. (2021). Climate change and heat stress: Impact on production, reproduction and growth performance of poultry and its mitigation using genetic strategies. *Journal of thermal biology*, 97, 102867.
- Lallo, C. H., Cohen, J., Rankine, D., Taylor, M., Cambell, J., & Stephenson, T. (2018). Characterizing heat stress on livestock using the temperature humidity index (THI)—prospects for a warmer Caribbean. *Regional Environmental Change*, 18, 2329-2340.
- May, J. D., & Lott, B. D. (2001). Relating weight gain and feed: gain of male and female broilers to rearing temperature. *Poultry Science*, 80(5), 581-584.
- Ottmann L. La consommation d'eau des poulaillers déborde l'été en Auvergne Rhône-Alpes. REUSSIR Volailles, août 2024
- Purswell, J. L., Dozier III, W. A., Olanrewaju, H. A., Davis, J. D., Xin, H., & Gates, R. S. (2012). Effect of temperature-humidity index on live performance in broiler chickens grown from 49 to 63 days of age. In 2012 IX International Livestock Environment Symposium (ILES IX) (p. 3). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Rahimi, J., Mutua, J. Y., Notenbaert, A. M., Marshall, K., & Butterbach-Bahl, K. (2021). Heat stress will detrimentally impact future livestock production in East Africa. *Nature Food*, 2(2), 88-96.
- Saeed, M., Abbas, G., Alagawany, M., Kamboh, A. A., Abd El-Hack, M. E., Khafaga, A. F., & Chao, S. (2019). Heat stress management in poultry farms: A comprehensive overview. *Journal of thermal biology*, 84, 414-425.
- TRACC, Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, 2023. La trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique, 31pp
- <https://www.ecologie.gouv.fr/actualites/publication-du-6e-rapport-synthese-du-giec>
- <https://climatbat.chambres-agriculture.fr/>

Abstract : Climate Change: Towards an Increased Risk of Heat Stress for Broilers

The intensification of climate change presents a growing challenge for the poultry sector. Rising temperatures and extreme heat events can negatively impact thermal comfort and animal welfare, reduce performance, and lead to increased mortality. To anticipate the consequences of climate change on poultry production, thermal stress projections for the coming years have been carried out using the Temperature-Humidity Index (THI). By leveraging French climate projections and a calculation model based on the thermodynamic balance of buildings, heat stress occurrences were simulated both indoors and outdoors for the regions of Brittany, Pays de la Loire, and Auvergne-Rhône-Alpes. Regardless of the region, the results indicate an increase in thermal stress occurrences in the near future (2030-2060), with even more severe conditions expected in the longer term (2070-2100).