

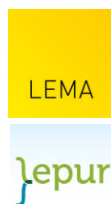


# Diagnostic de vulnérabilités pour augmenter la résilience wallonne à travers l'adaptation aux changements climatiques

## Agriculture

## Indicateurs agronomiques de vulnérabilité, partie élevage

Rapport méthodologique



Pouvoir adjudicateur :





## Auteurs

Christophe Lacroix, doctorant en plant sciences Gembloux Agro-Bio Tech Uliège – [christophe.lacroix@uliege.be](mailto:christophe.lacroix@uliege.be)

Jérôme Bindelle, Professeur ordinaire à Gembloux Agro-Bio Tech Uliège axe animal sciences- [Jerome.Bindelle@uliege.be](mailto:Jerome.Bindelle@uliege.be)

Benjamin Dumont, Professeur à Gembloux Agro-Bio Tech Uliège axe plant sciences – [benjamin.dumont@uliege.be](mailto:benjamin.dumont@uliege.be)

## Comité de relecture

Manu Harchies - [mha@icedd.be](mailto:mha@icedd.be)

## Personne de contact

Benjamin Dumont, Professeur à Gembloux Agro-Bio Tech Uliège axe plant sciences – [benjamin.dumont@uliege.be](mailto:benjamin.dumont@uliege.be)

Jérôme Bindelle, Professeur ordinaire à Gembloux Agro-Bio Tech Uliège axe animal sciences- [Jerome.Bindelle@uliege.be](mailto:Jerome.Bindelle@uliege.be)

## Comment citer ce rapport

Lacroix, C., Bindelle, J., Harchies, M., Dumont, B. (2025). *Risques climatiques en Wallonie. Indicateurs de stress thermique dans l'élevage face aux changements climatiques*. Service Public de Wallonie (SPW) - Agence Wallonne de l'Air et du Climat (AWAC).

Photo de couverture : Jonas Jaeken from Unsplash

Gembloux, le 19/12/2024



## Table des matières

1. Introduction .....	4
2. Résumé .....	4
3. Définition de l'indicateur et périmètre .....	5
4. Matériel et méthode .....	5
5. Résultats .....	6
6. Discussion .....	19
7. Bibliographie : .....	21



## 1. Introduction

Ce rapport présente la méthodologie et les résultats d'indicateurs de vulnérabilité des animaux d'élevage face aux changements climatiques en Wallonie. En effet, le changement climatique risque d'impacter le bien-être ainsi que la productivité des animaux d'élevage par l'effet de stress thermique (Thornton et al., 2021). Selon le niveau de stress et la spéculation d'élevage, les conséquences peuvent être plus ou moins importantes. Le stress thermique impacte le bien-être de l'animal, mais aussi les performances en termes de production, reproductions, le système immunitaire et peuvent même conduire jusqu'à des risques de mortalité (Atkins et al., 2015; Collier et al., 2012; Roland et al. 2016). Dans ce rapport, il a été décidé de se focaliser sur le stress thermique (THI – *Temperature Humidity Index*) des ruminants, porcs, poulets et poules pondeuses dans la période historique (1980 à 2010) et dans un scénario climatique à +2°C, +3°C ou +4°C.

## 2. Résumé

Afin d'avoir une idée de la vulnérabilité des animaux d'élevage en Wallonie face aux changements climatiques, un indicateur de stress thermique a été calculé. Cet indicateur nommé le THI (*temperature humidity index*) se base sur la température de l'air et l'humidité relative de celui-ci. Ces équations sont propres à chaque catégorie d'animal d'élevage. Les valeurs de THI calculées de manière journalière à l'échelle de 5km\*5km peuvent, selon la valeur, être groupées dans différentes catégories de stress thermique. Dans ce rapport, le nombre de jours moyens par an dans chaque catégorie de stress a été calculé pour différents scénarios climatiques (+2, +3 et +4°C) ainsi que pour la référence historique (1980 à 2010). Grâce à cette étude, la vulnérabilité des ruminants, des porcs, des poules pondeuses et enfin des poulets de chair a été établie. Un stress thermique même faible impacte directement le bien-être animal et sa productivité. Plus la classe de stress est importante, plus l'animal est affecté par le stress. Les stress thermiques des différentes espèces d'animaux d'élevage vont selon les prédictions des modèles climatiques augmenter plus le réchauffement est important. Pour certaines espèces comme le porc, les risques de mortalité deviendront en moyenne fréquents (jusqu'à un mois à +4°C) si aucune mesure d'adaptation n'est réalisée (aération des bâtiments...). Les poulets de chair ainsi que les poules pondeuses seront aussi sujets aux risques de mortalité accrue due au stress thermique dans le futur. Cependant, pour les ruminants, aucun risque de mortalité n'a été recensé. Les ruminants subiront néanmoins des stress importants impactant directement le bien-être animal et sa productivité (chute de production laitière, chute de fertilité). La période des stress thermiques faibles et modérés des ruminants sera de plus d'un mois respectivement dans le scénario à +4°C. Les zones géographiques de la Wallonie ne vont pas subir cette augmentation de stress de la même manière. Ainsi, la région ardennaise et de haute Ardenne, de par son altitude plus importante, est la zone où le nombre de jours de stress (tous animaux confondus) est la plus faible. Par contre, la Lorraine belge et une partie de la Hesbaye sont les régions qui vont subir le plus les méfaits du réchauffement climatique sur le stress thermique des animaux d'élevage. Un ensemble de mesures d'adaptabilité tel que l'ombrage en prairie, l'isolation et l'aération des bâtiments d'élevages sont à mettre en place pour diminuer l'impact de ces changements climatiques sur les animaux d'élevages wallons.



### 3. Définition de l'indicateur et périmètre

**Indicateur bien-être animal:**

**THI : Temperature humidity index**

Le THI est un indicateur permettant de monitorer le bien-être animal lié au stress thermique, et à l'humidité de l'air associée. Pour chaque type d'animaux, des classes de THI sont réalisées afin de savoir si l'animal est en stress ou non, ainsi que la sévérité de son stress (jusqu'à mort possible de l'animal). Les équations peuvent varier selon l'espèce animale.. La prise en compte de l'humidité reflète la température ressentie. En cas de forte humidité, l'évaporation de la transpiration produite par l'animal est moins bonne, ce qui diminue la capacité à bien refroidir le corps. Avec les changements climatiques, on peut s'attendre à arriver plus fréquemment dans des classes de THI engendrant des stress importants pour l'animal, ce qui impacte le bien-être de l'animal, mais aussi la production de celui-ci.

Ces indicateurs sont calculés à l'échelle journalière. Dans une optique d'étude de vulnérabilité au changement climatique, pour traduire à des échelles temporelles plus large des stress ponctuels, i.e. à l'échelle de l'année ou à des échelles interannuelles, la méthodologie employée consiste à calculer le nombre de jour par an passé dans chaque catégorie de niveau de stress.

### 4. Matériel et méthode

**Bien-être animal**

**THI : Thermal heat index**

Suite à la recherche bibliographique, plusieurs équations du THI ont été trouvées. Celles-ci dépendent de la catégorie d'animaux. Pour les ruminants (bovin, ovin, caprin), l'équation suivante est calculée à l'échelle journalière (Lallo et al, 2018) :

$$\text{THI ruminant} = (1.8 T_{\max} + 32) - ((0.55 - 0.0055 \text{ RH})(1.8 T_{\max} - 26.8))$$

où  $T_{\max}$  est la température maximale de la journée.

Une fois les THI calculés, il est possible de les classer en différentes catégories, selon leurs intensités de stress (Atkins et al., 2015):

- De 0 à 68 : absence de stress.
- De 68 à 72 : stress légers
- De 72 à 80 : stress légers à modérés
- De 80 à 90 : stress modérés à sévères
- Supérieur à 90 : stress sévères à risque de mortalité

Plus l'intensité de stress est importante, plus l'animal est impacté par celui-ci.

À partir d'un stress léger, les premiers signes de stress thermique sont visibles et peuvent déjà impacter la productivité de l'animal ainsi que la fertilité.

Concernant les autres catégories d'animaux, leurs équations sont présentées ci-dessous (Lallo et al, 2018).

$$\text{THI porc} = T_{\max} - (0.55 - (0.0055 \text{ RH}))(T_{\max} - 14.5)$$

$$\text{THI poulet} = 0.85 T_{\max} + 0.15 T_{\min}$$

$$\text{THI poule pondeuse} = 0.60 T_{\max} + 0.40 T_{\min}$$

Ceux-ci sont classés en quatre catégories selon leurs intensités de stress (Lallo et al, 2018):

- De 0 à 27,8 : absence de stress.
- De 27,8 à 28,8 : stress modéré
- De 28,9 à 29,9 stress sévère



- Supérieur à 29,9 : risque de mortalité

Les indicateurs de THI sont calculés à l'échelle wallonne sur base des données climatiques réalisées par l'équipe climatologique de l'Uliège (cfr [rapport méthodo climatique Xavier Fettweys pour plus d'informations](#)) sur base du modèle régional MARv3.14. Les niveaux de réchauffement global de +2, +3 et +4°C ont été utilisés sur base de 6 modèles climatiques différents (CMCC-CM2-SR5, EC-Earth3-Veg, IPSL-CM6A-LR, MIROC6, MPI-ESM1-2-HR et NorESM2-MM). Pour la période de référence, le modèle historique ERA5 a été utilisé. Les données historiques sont réparties sur la période 1980-2010 tandis que les scénarios futurs s'écoulent de 2015 à 2100.

La période historique ainsi que les scénarios à +2 et +3°C se déroulent sur une période de 30 ans tandis que le scénario à +4°C est composé de 20 années. La résolution de ces tuiles climatiques est de 5km\*5km.

Les THI ont été calculés à l'échelle de la tuile climatique par jour pour les différentes spéculations d'élevages (ruminant, porc, poule pondeuse et poulet) par modèle pour chaque scénario de réchauffement climatique ainsi que pour la période historique (uniquement modèle ERA5).

Une fois les THIs calculés, ils ont été regroupés en catégorie de stress (cf. ci-dessus) et une somme de jours de stress par catégorie par an a été calculée. Ensuite, la moyenne du nombre de jours par an par catégorie de stress à l'échelle de la tuile climatique a été calculée par modèle et par scénario.

Ces résultats ont enfin été moyennés par scénario (moyenne de tous les résultats des différents modèles) et représentés sous forme de cartes pour l'ensemble de la Wallonie.

## 5. Résultats

### Bien-être animal

#### THI : Temperature humidity index

Les cartes de THI présentées ci-dessous par animaux d'élevage ne représentent que les catégories de stress. La catégorie sans stress n'est pas représentée. Toutefois, il s'agit simplement du nombre de jours total d'une année (365) dont on a soustrait la somme de jours de stress dans chacune des catégories.

#### Ruminants

##### Historique

Sur la Figure 1, la situation historique est représentée. C'est la catégorie de jour de stress faible qui est la plus présente (entre 4 et 20 jours). Les zones d'altitude sont les zones avec le nombre de jours de stress par an le plus faible. Les jours de stress sévère ainsi que le risque de mortalité pour les bovins sont inexistantes pour le scénario historique.



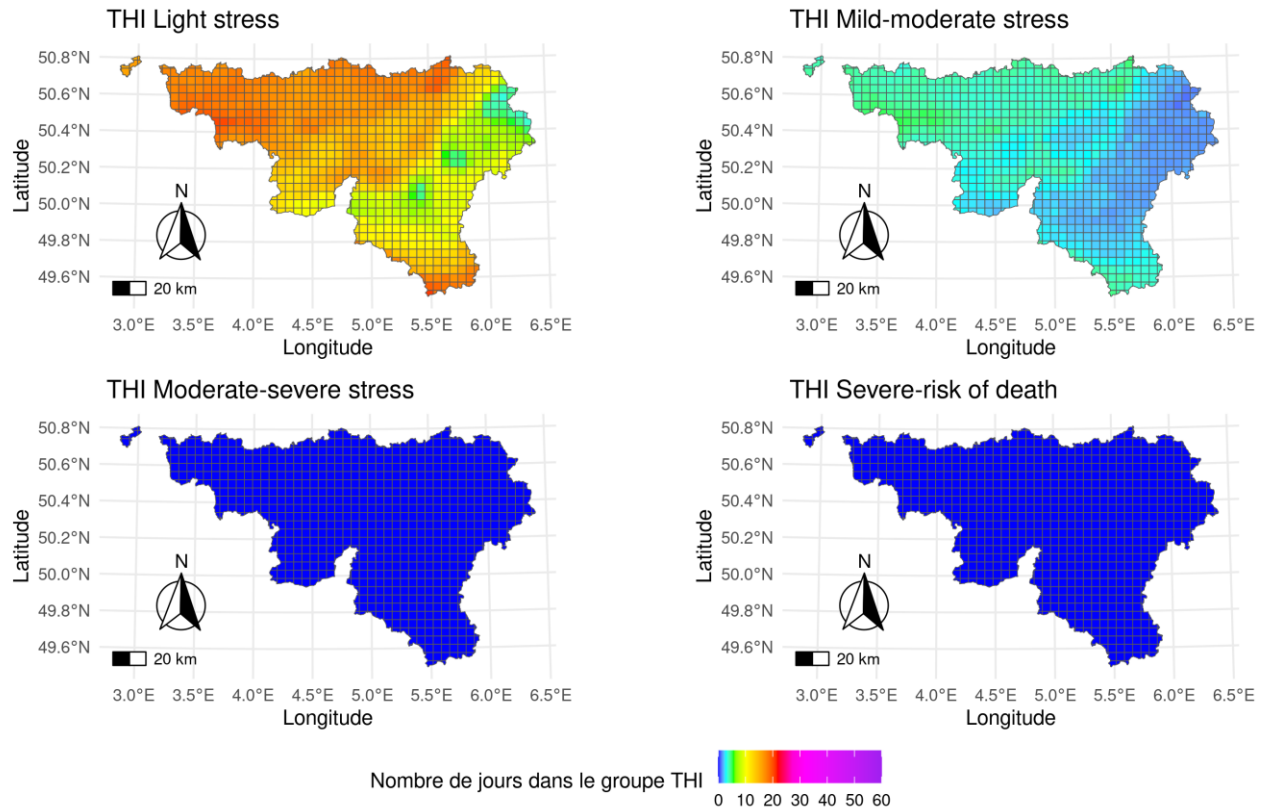


Figure 1: Nombre moyen de jours par an du scénario historique ERA en Région wallonne pour la catégorie de stress faible (en haut à gauche), la catégorie de stress faible à modéré (en haut à droite), la catégorie de stress modéré à sévère (en bas à gauche) et enfin pour la catégorie de stress sévère à risque de mortalité (en bas à droite). Les pixels ont une dimension de 5km\*5km.

### Scénario à +2°C

Les THIs dans le scénario à +2°C ont tendance à augmenter par rapport à la situation historique. Toutes les catégories ont tendance en moyenne à avoir plus de jours/an, excepté pour le risque de mortalité qui reste nul et certaines zones (zones d'altitude) qui n'ont pas de jour de stress modéré à sévère. Comme illustré par la Figure 2, dans les régions les plus touchées, le stress faible atteindra en moyenne un peu plus de 30 jours dans cette catégorie. Le nombre de jours en catégorie de stress modéré va atteindre dans les régions les plus impactées une dizaine de jours (contre 3-4 dans les zones les moins touchées). Enfin, les jours de stress modéré à sévère qui étaient inexistants en moyenne dans le passé seront parfois d'un dans certaines zones.

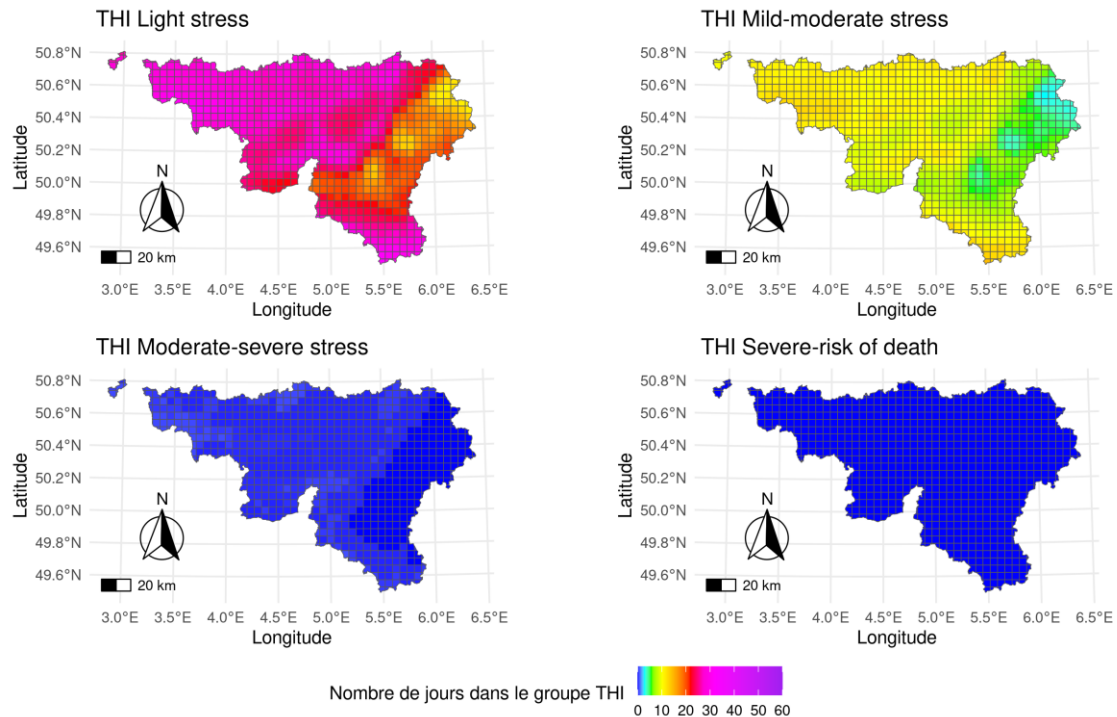


Figure 2: Nombre moyen de jours par an de la moyenne des six modèles sous le scénario à +2°C en Région wallonne pour la catégorie de stress faible (en haut à gauche), la catégorie de stress faible à modéré (en haut à droite), la catégorie de stress modéré à sévère (en bas à gauche) et enfin pour la catégorie de stress sévère à risque de mortalité (en bas à droite). Les pixels ont une dimension de 5km\*5km.

### Scénario à +3°C

La tendance d'augmentation du nombre de jours de stress par rapport à l'historique est la même en +3°C. Le nombre de jours de stress léger par an s'accroît sur toute la Belgique avec des durées moyennes totales pouvant dépasser le mois. De plus, le stress léger à modéré continue de s'accroître ; montant à 6-7 jours dans les endroits les moins touchés (zones d'altitude) et jusqu'à 20 jours dans la région la plus touchée (Lorraine belge). Le nombre de jours de stress modéré à sévère reste inexistant pour une faible zone de la Belgique (haute Ardenne) et certains endroits peuvent atteindre jusqu'à 2 jours de stress sévère (Figure 3). Enfin, le nombre de jours dans la catégorie de risque de mortalité reste à zéro.



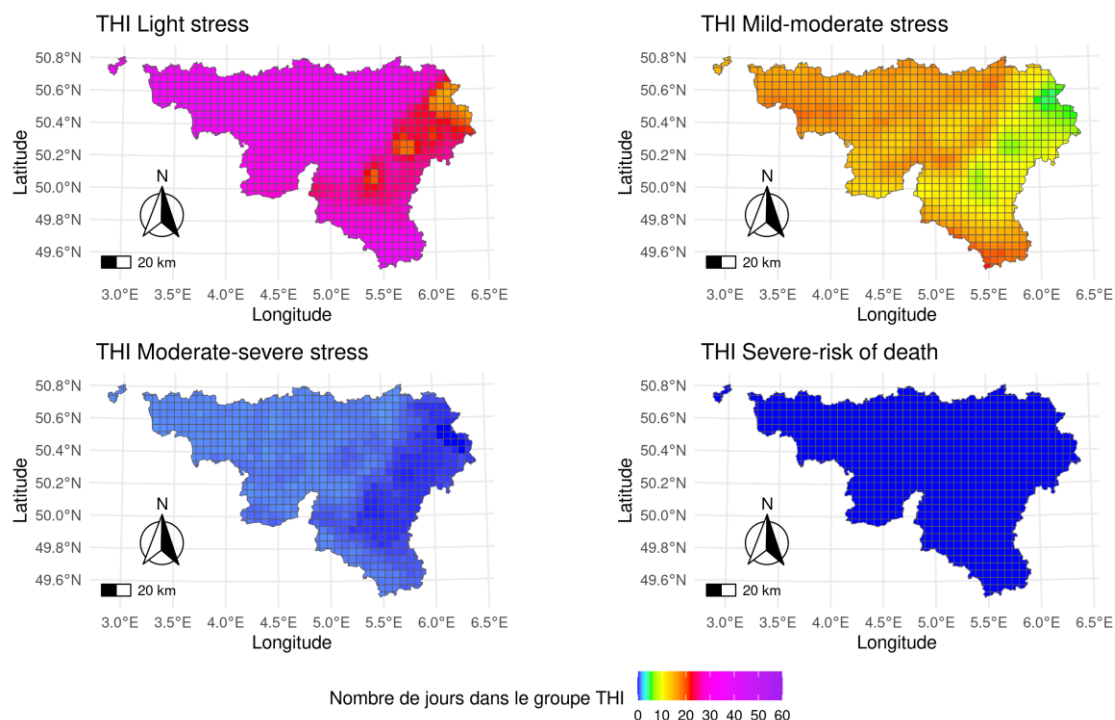


Figure 3 : Nombre moyen de jours par an de la moyenne des six modèles sous le scénario à +3°C en Région wallonne pour la catégorie de stress faible (en haut à gauche), la catégorie de stress faible à modéré (en haut à droite), la catégorie de stress modéré à sévère (en bas à gauche) et enfin pour la catégorie de stress sévère à risque de mortalité (en bas à droite). Les pixels ont une dimension de 5km\*5km.

### Scénario à +4°C

A +4°C, les jours de stress pour les ruminants s'accroissent encore davantage. Le nombre de jours de stress faible sera d'environ un mois et demi pour presque l'ensemble du territoire tandis que le nombre de jours de stress léger à modéré sera d'une dizaine de jours en Ardenne et d'une trentaine dans les zones les plus chaudes (Figure 4). Le nombre de jours de stress modéré à sévère reste inexistant pour une faible zone de la Belgique (haute Ardenne) et certains endroits peuvent atteindre jusqu'à 3-4 jours de stress sévère (Figure 3). Enfin, même dans le scénario le plus élevé, le nombre de jours dans la catégorie de risque de mortalité reste à zéro.

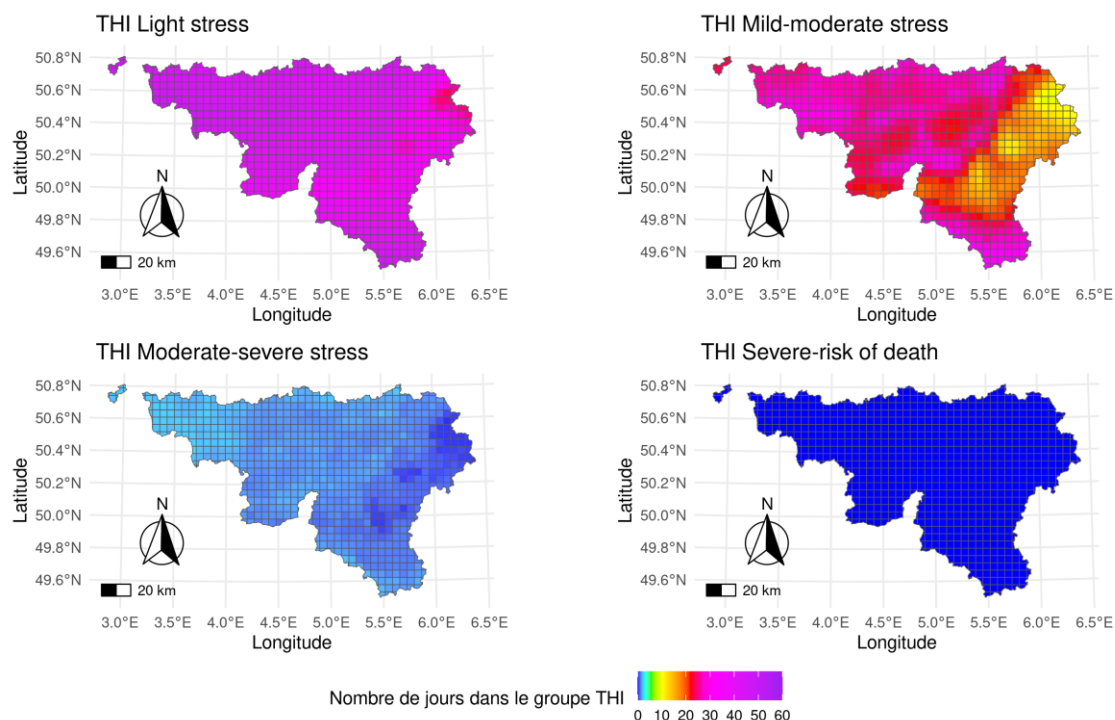


Figure 4 : Nombre moyen de jours par an de la moyenne des six modèles sous le scénario à +4°C en Région wallonne pour la catégorie de stress faible (en haut à gauche), la catégorie de stress faible à modéré (en haut à droite), la catégorie de stress modéré à sévère (en bas à gauche) et enfin pour la catégorie de stress sévère à risque de mortalité (en bas à droite). Les pixels ont une dimension de 5km\*5km.

## Porcs

### Historique

Le stress thermique du porc en situation historique a, pour chaque niveau de stress (modéré, sévère, risque de mortalité), un nombre de jours environ équivalent dans chacune des catégories allant de zéro à 5-6 jours de stress/an. Par contre, déjà actuellement sans adaptation (excepté pour l'Ardenne), le porc a jusqu'à 5-6 jours par an où celui-ci pourrait mourir Figure 5).

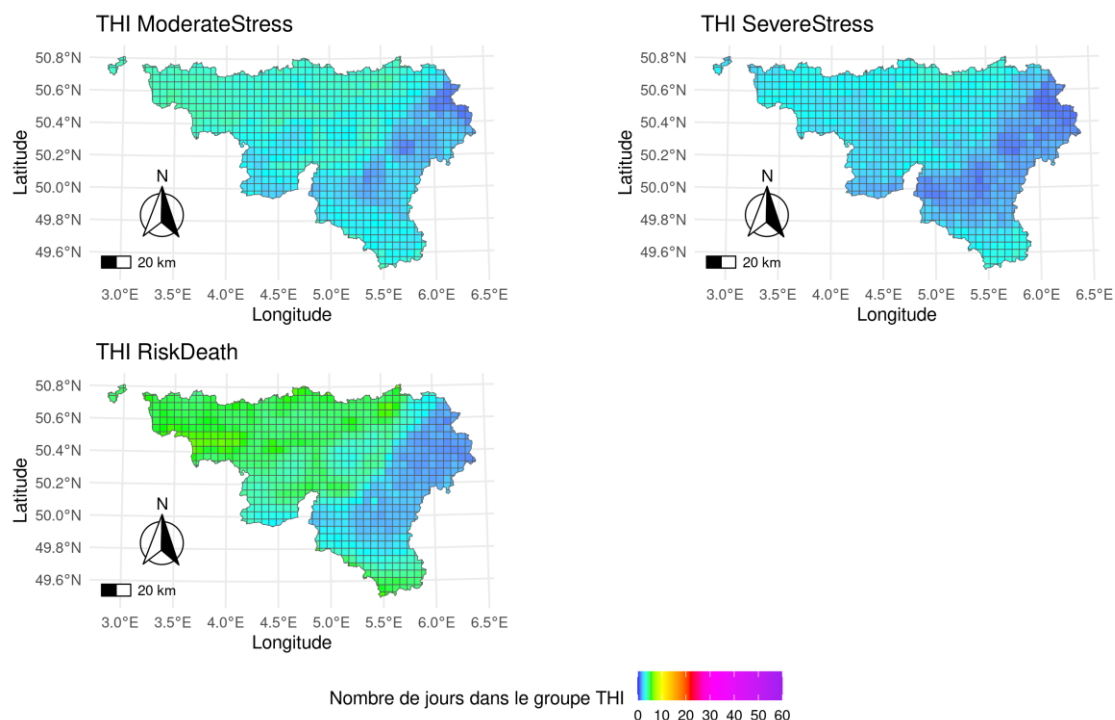


Figure 5: Nombre moyen de jours par an du scénario historique ERA en Région wallonne pour la catégorie de stress modéré (en haut à gauche), la catégorie de stress sévère (en haut à droite) et enfin la catégorie de risque de mortalité (en bas à gauche). Les pixels ont une dimension de 5km\*5km.

### Scénario à +2°C

Les THIs dans le scénario à +2°C ont tendance à légèrement augmenter par rapport à l'historique pour le stress modéré à sévère. Le stress modéré à sévère est compris en moyenne entre 3 et 6 jours par an. Par contre, la catégorie de risque de mortalité des porcs va fortement augmenter allant de 3 jours/an en moyenne dans la haute Ardenne à une vingtaine de jours/an dans la Hesbaye et la Lorraine belge (Figure 6).

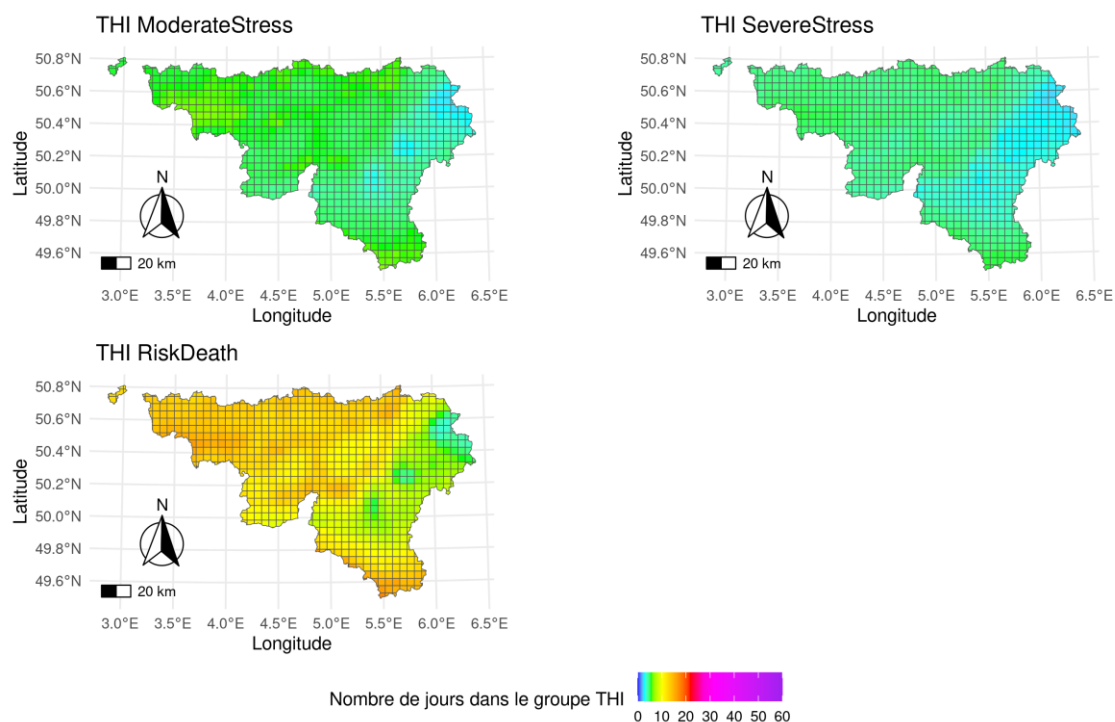


Figure 6: Nombre moyen de jours par an de la moyenne des six modèles sous le scénario à +2°C en Région wallonne pour la catégorie de stress modéré (en haut à gauche), la catégorie de stress sévère (en haut à droite) et enfin la catégorie de risque de mortalité (en bas à gauche). Les pixels ont une dimension de 5km\*5km

### Scénario à +3°C

Les stress modérés à fort des porcs ne vont pas beaucoup évoluer par rapport au scénario à +2°C (+2°C: Figure 6 Figure 7). Par contre, ceci n'est pas le cas pour la catégorie de risque de mortalité. Celle-ci va atteindre dans quelques régions plus de 25 jours de risque en moyenne par an. L'Ardenne et plus particulièrement la haute Ardenne, reste la région la plus épargnée même si le risque de mortalité atteint en moyenne 5 à une dizaine de jours par an.

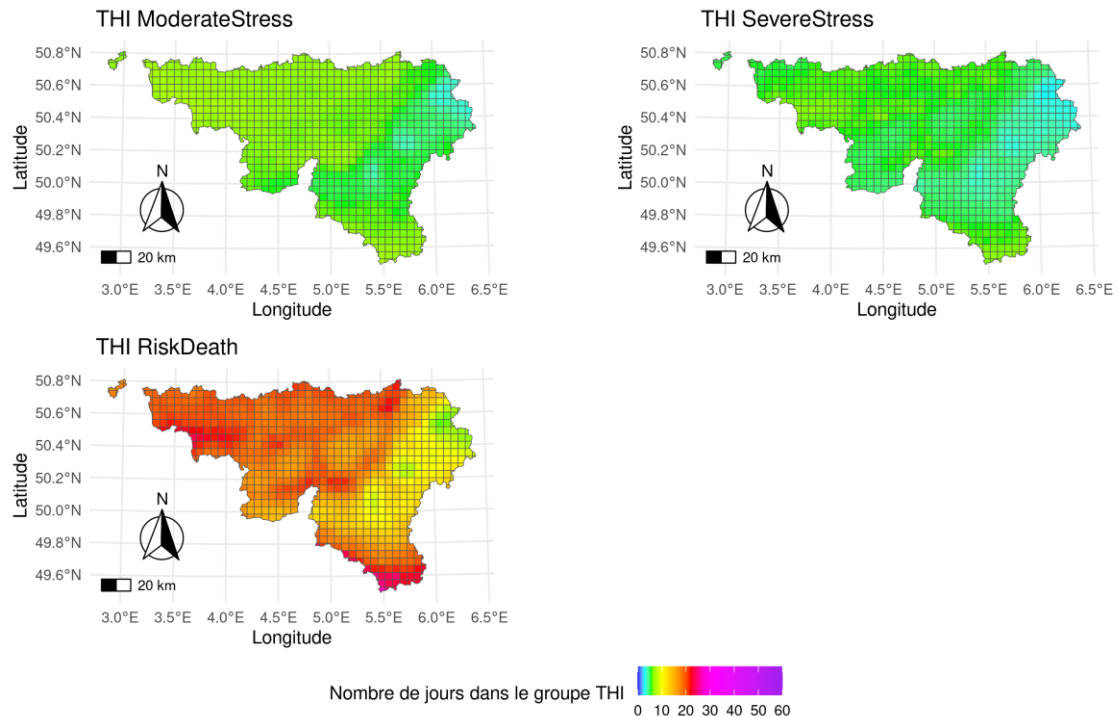


Figure 7: Nombre moyen de jours par an de la moyenne des six modèles sous le scénario à +3°C en Région wallonne pour la catégorie de stress modéré (en haut à gauche), la catégorie de stress sévère (en haut à droite) et enfin la catégorie de risque de mortalité (en bas à gauche). Les pixels ont une dimension de 5km\*5km.

### Scénario à +4°C

À + 4°C, la situation se dégrade encore avec une légère augmentation du stress modéré et du stress sévère (autour de 10 jours par an). Le risque de mortalité par an va, quant à lui, dépasser en moyenne le mois dans toutes les zones, excepté l'Ardenne (Figure 8).

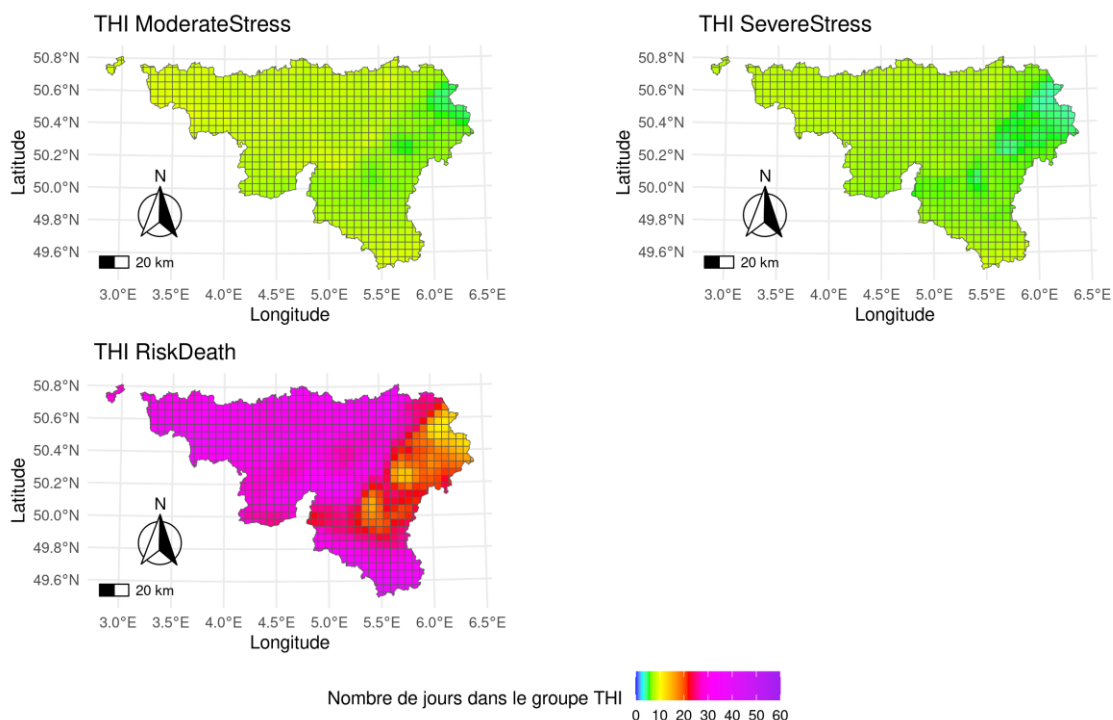


Figure 8: Nombre moyen de jours par an de la moyenne des six modèles sous le scénario à +4°C en Région wallonne pour la catégorie de stress modéré (en haut à gauche), la catégorie de stress sévère (en haut à droite) et enfin la catégorie de risque de mortalité (en bas à gauche). Les pixels ont une dimension de 5km\*5km.

## Poules pondeuses

### Historique

Le stress thermique de la poule pondeuse en situation historique n'a que très peu de jours de stress par an avec moins de 5 jours/an en moyenne par catégorie. La zone ardennaise n'a pas de jour de stress dans la catégorie risque de mortalité et la haute Ardenne n'a également pas de jour de stress sévère (Figure 9).

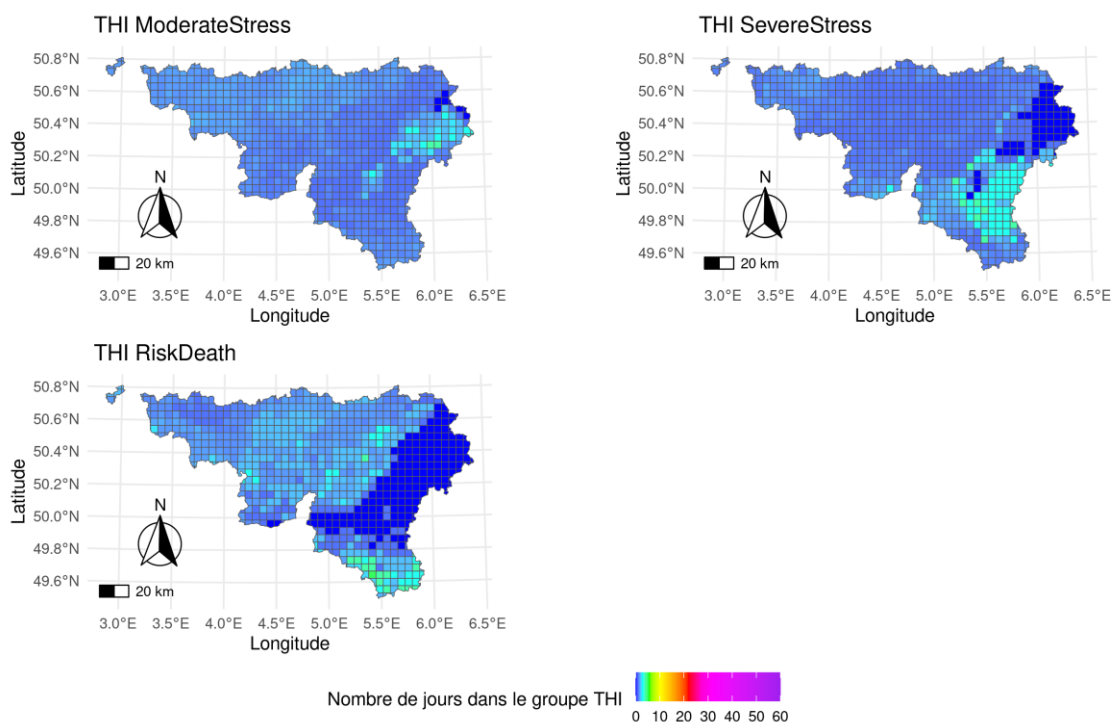


Figure 9: Nombre moyen de jours par an du scénario historique ERA en Région wallonne pour la catégorie de stress modéré (en haut à gauche), la catégorie de stress sévère (en haut à droite) et enfin la catégorie de risque de mortalité (en bas à gauche). Les pixels ont une dimension de 5km\*5km.

### Scénario à +2°C

Les THIs dans le scénario à +2°C ont tendance à légèrement augmenter par rapport à l'historique pour l'ensemble des niveaux de stress. Ceux-ci sont compris en moyenne entre 0 et 3 jours par an (Figure 10).

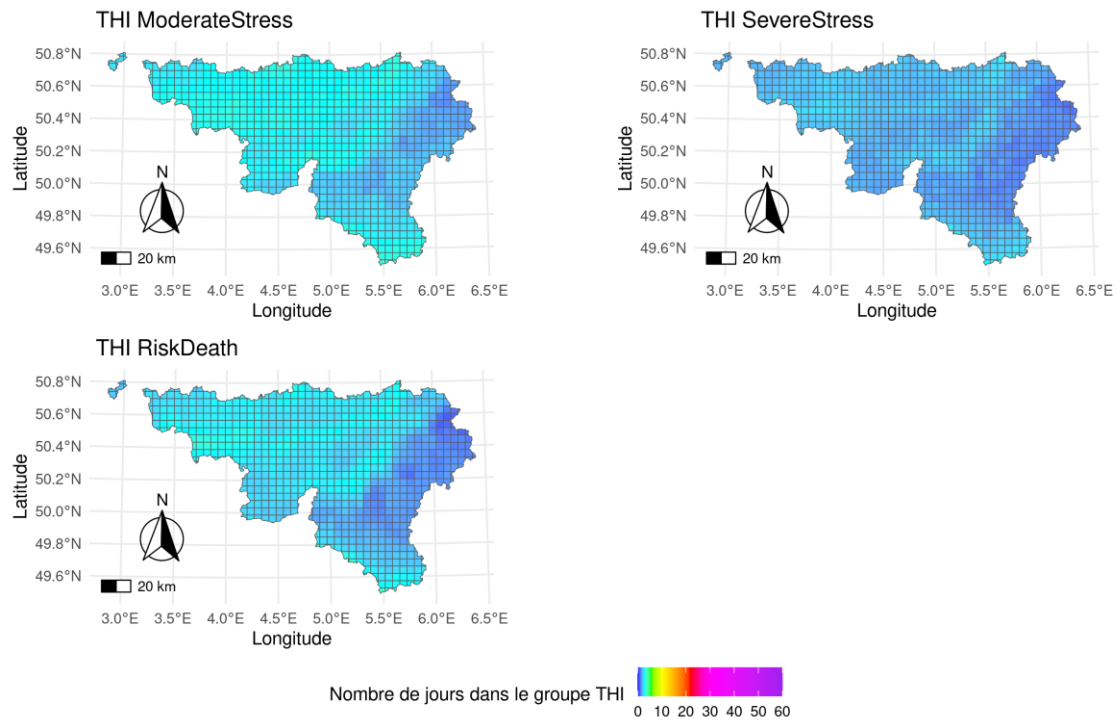


Figure 10: Nombre moyen de jours par an de la moyenne des six modèles sous le scénario à +2°C en Région wallonne pour la catégorie de stress modéré (en haut à gauche), la catégorie de stress sévère (en haut à droite) et enfin la catégorie de risque de mortalité (en bas à gauche). Les pixels ont une dimension de 5km\*5km.

### Scénario à +3°C

Sous +3°C, les poules pondeuses vont voir le nombre de jours de stress dans chaque catégorie augmenter légèrement. Le nombre de jours moyen pour l'ensemble de la Belgique variera entre 1 à 6 jours de stress pour chacune des catégories (Figure 11). La région des Ardennes reste la région avec le risque le plus faible avec des poules pondeuses en situation de stress moins de 5 jours/an toutes catégories confondues.

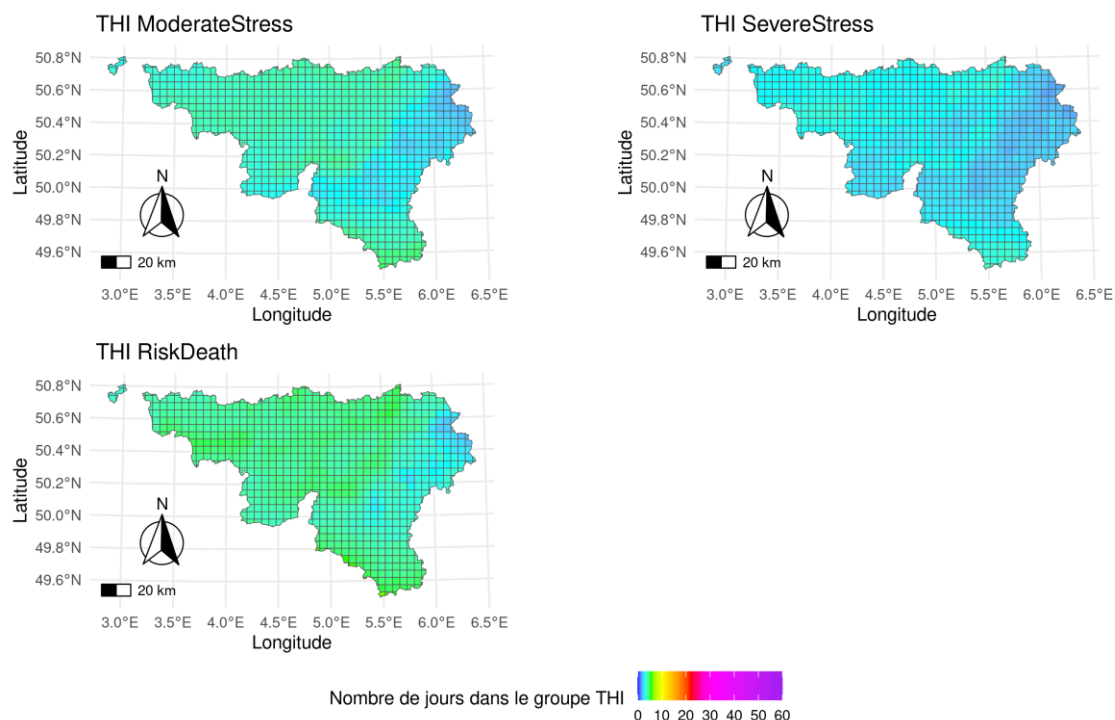


Figure 11: Nombre moyen de jours par an de la moyenne des six modèles sous le scénario à +3°C en Région wallonne pour la catégorie de stress modéré (en haut à gauche), la catégorie de stress sévère (en haut à droite) et enfin la catégorie de risque de mortalité (en bas à gauche). Les pixels ont une dimension de 5km\*5km.

### Scénario à +4°C

A + 4°C, la situation se dégrade légèrement avec un stress modéré et sévère qui reste sous la barre des 10 jours par an en moyenne. Par contre, le risque de mortalité va, dans certaines rares zones, dépasser légèrement les 10 jours de mortalité par an (Lorraine belge et certaines zones de la Hesbaye, Condroz, Famenne) tandis que la zone ardennaise aura en moyenne entre 3 et 6 jours de risque de mortalité par an Figure 12.



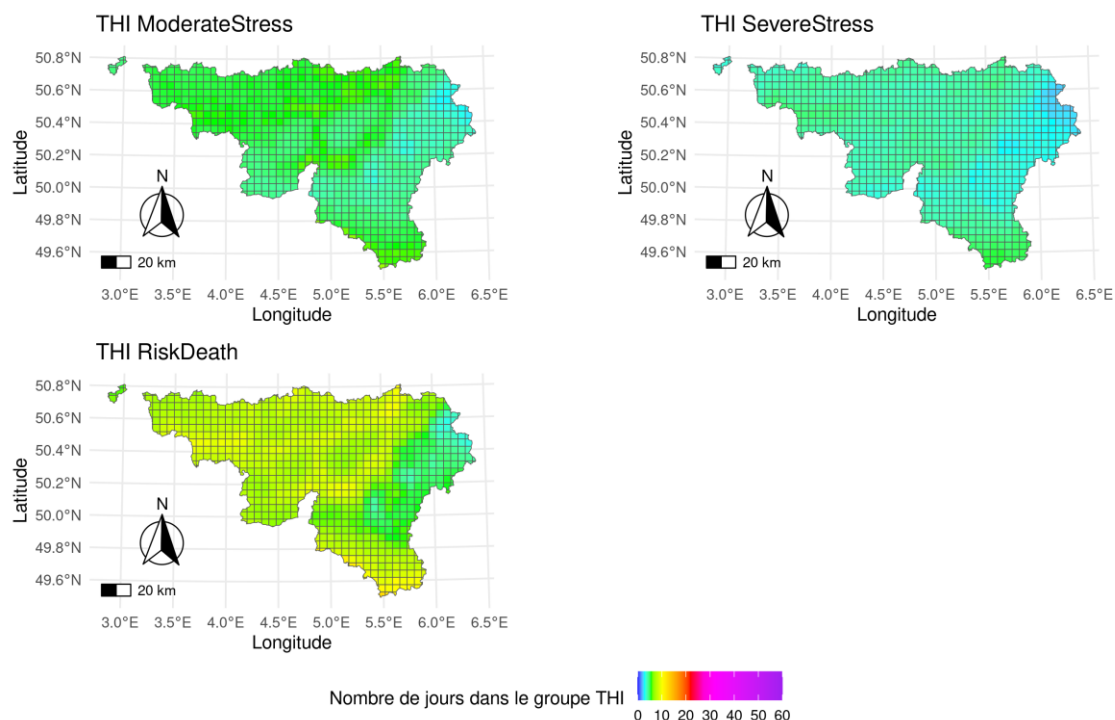


Figure 12: Nombre moyen de jours par an de la moyenne des six modèles sous le scénario à +4°C en Région wallonne pour la catégorie de stress modéré (en haut à gauche), la catégorie de stress sévère (en haut à droite) et enfin la catégorie de risque de mortalité (en bas à gauche). Les pixels ont une dimension de 5km\*5km.

## Poulets

### Historique

Le stress thermique du poulet en situation historique a pour chaque niveau de stress (modéré, sévère, risque de mortalité) un nombre environ équivalent dans chacune des catégories allant de zéro à 5-6 jours de stress/an Figure 13).

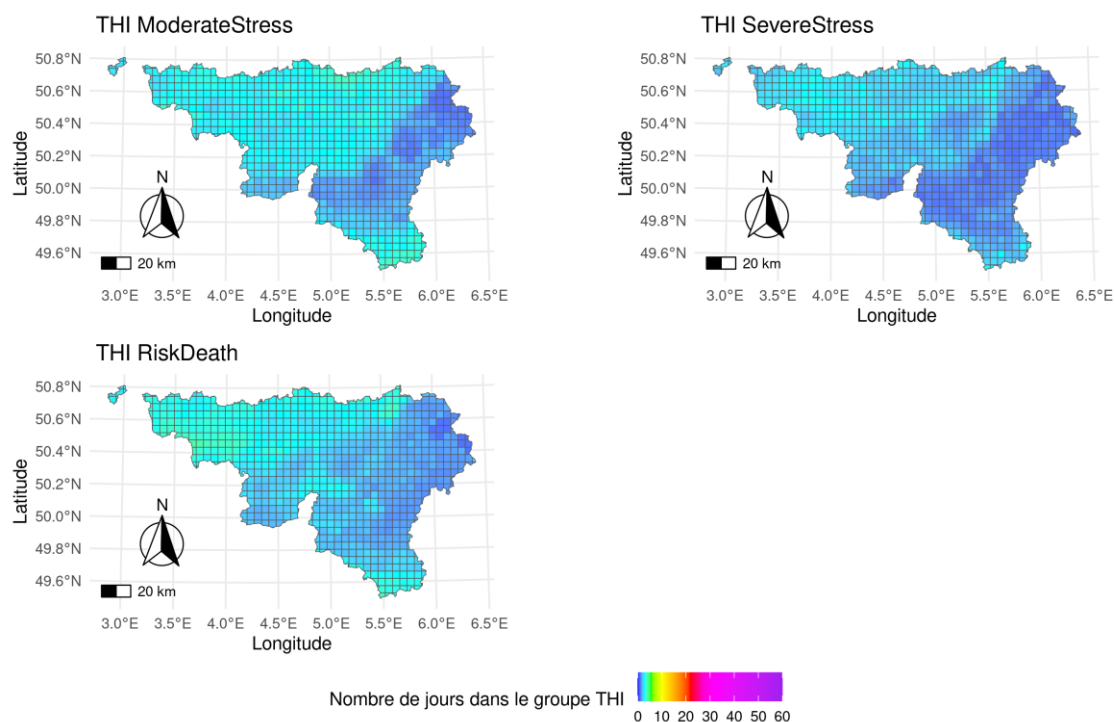


Figure 13: Nombre moyen de jours par an du scénario historique ERA en Région wallonne pour la catégorie de stress modéré (en haut à gauche), la catégorie de stress sévère (en haut à droite) et enfin la catégorie de risque de mortalité (en bas à gauche). Les pixels ont une dimension de 5km\*5km.

### Scénario à +2°C

Dans un scénario à +2°C, l'augmentation de stress chez le poulet est déjà importante. La catégorie avec le nombre de jours de stress le plus important est observée pour le risque de mortalité. Celle-ci est autour de 10 jours/an pour une bonne partie de la Belgique, excepté pour l'Ardenne (Figure 14

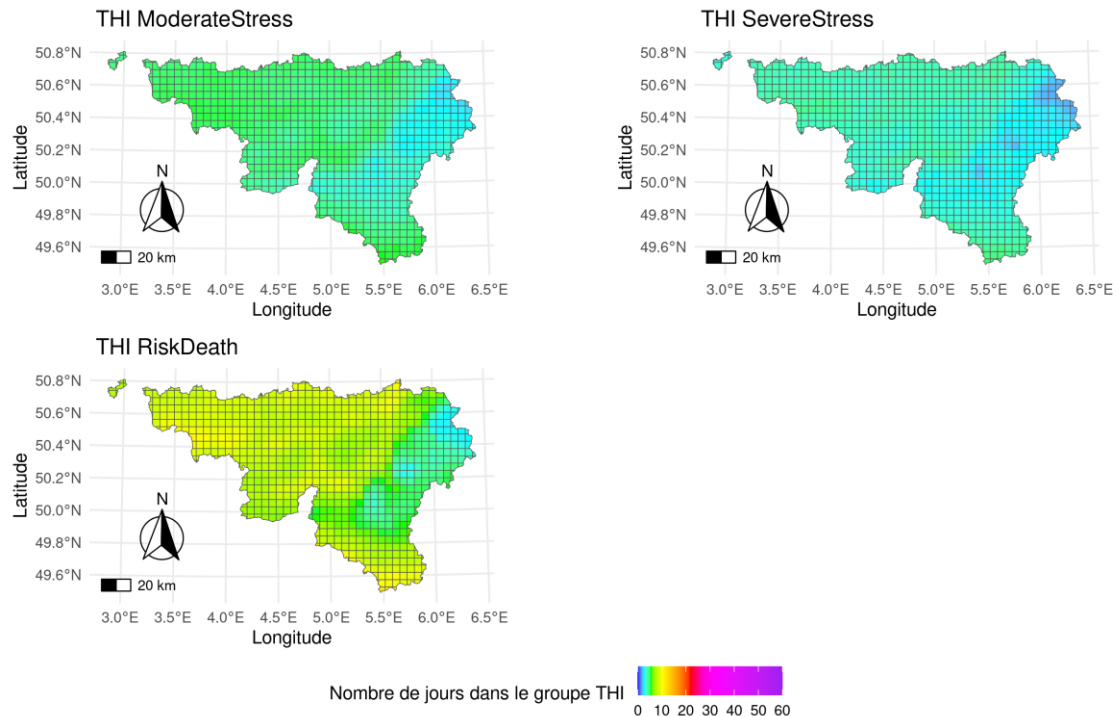


Figure 14: Nombre moyen de jours par an de la moyenne des six modèles sous le scénario à +2°C en Région wallonne pour la catégorie de stress modéré (en haut à gauche), la catégorie de stress sévère (en haut à droite) et enfin la catégorie de risque de mortalité (en bas à gauche). Les pixels ont une dimension de 5km\*5km.

### Scénario à +3°C

Dans un scénario à +3°C, la situation s'aggrave pour les poulets de chair et principalement pour le risque de mortalité. Celui-ci va atteindre 20 jours en moyenne par an pour une partie du territoire wallon. Par contre, les stress modérés et sévères vont rester peu fréquents ; moins de 10 jours en moyenne par an dans chacune de ces deux catégories (Figure 15).

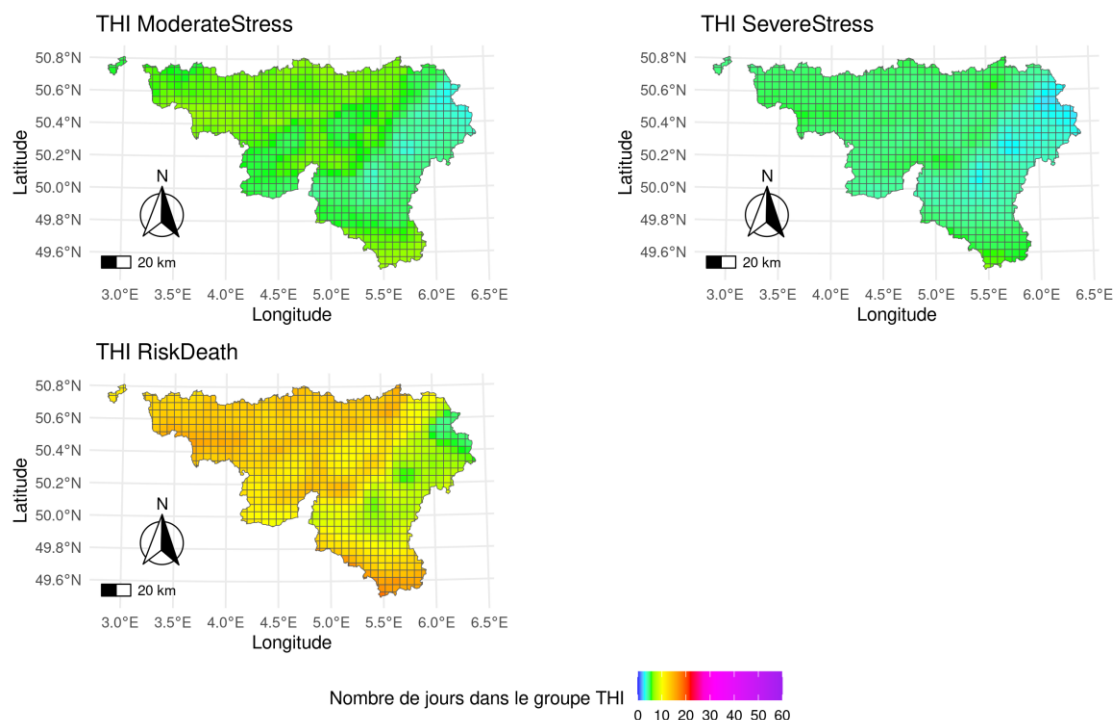


Figure 15: Nombre moyen de jours par an de la moyenne des six modèles sous le scénario à +3°C en Région wallonne pour la catégorie de stress modéré (en haut à gauche), la catégorie de stress sévère (en haut à droite) et enfin la catégorie de risque de mortalité (en bas à gauche). Les pixels ont une dimension de 5km\*5km.

### Scénario à +4°C

Le scénario à +4°C va avoir un impact important sur le nombre de jours de risque de mortalité moyen en Wallonie. Celui-ci frôle les 30 jours par an en moyenne dans les régions les plus exposées. C'est la région ardennaise et la haute Ardenne qui sont les moins touchées avec moins de 10 jours/an en haute Ardenne et entre 10 et 20 dans le reste de l'Ardenne. Le nombre de jours de stress modéré et sévère va continuer d'augmenter très légèrement par rapport à un scénario à +3°C, mais restera pour une grande partie du territoire wallon autour de 10 jours/an en moyenne (Figure 16).

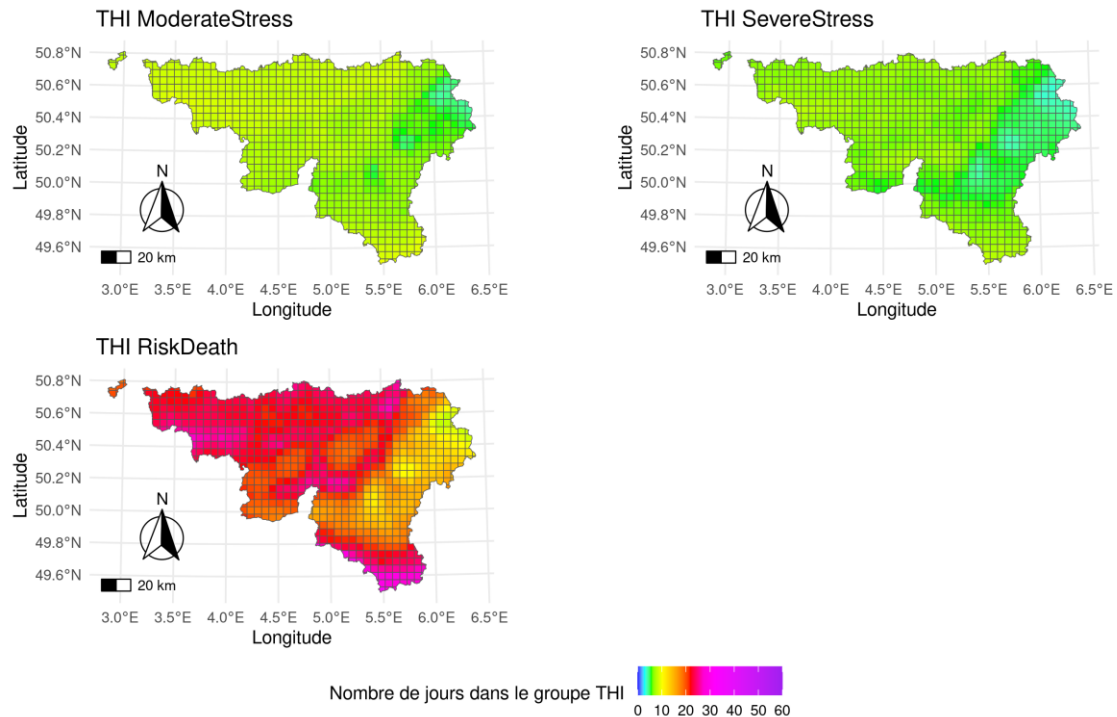


Figure 16: Nombre moyen de jours par an de la moyenne des six modèles sous le scénario à +4°C en Région wallonne pour la catégorie de stress modéré (en haut à gauche), la catégorie de stress sévère (en haut à droite) et enfin la catégorie de risque de mortalité (en bas à gauche). Les pixels ont une dimension de 5km\*5km.

## 6. Discussion

Les prévisions du réchauffement climatique auront un impact réel sur le bien-être des animaux des différents types d'élevages wallons (objet d'étude ici), et, de ce fait, sur les productions des différentes spéculations (non évalué directement dans cette étude). De manière générale, plus le scénario climatique est élevé, plus l'impact sera fort sur une réduction du bien-être animal. Au sein même de la Wallonie, les stress thermiques pour les animaux d'élevages ne sont pas identiques. L'Ardenne et plus spécifiquement la haute Ardenne seront les zones dans lesquelles les stress thermiques resteront les plus faibles. A contrario, les zones de Lorraine belge et une partie de la Hesbaye sont celles où le stress thermique sera le plus intense. Ces prévisions n'impactent pas de la même façon chaque espèce. Les ruminants sont les seuls animaux qui ne devraient pas avoir de risque de mortalité tandis que les porcs sont les animaux qui auront un risque de mortalité le plus élevé, passant par exemple, plus d'un mois en moyenne dans la catégorie du risque de mortalité pour le scénario à +4°C.

### Ruminants

Malgré le fait qu'il ne devrait pas avoir de risque de mortalité du ruminant dans les scénarios futurs, cela ne signifie en rien que l'animal ne va pas être impacté sur son bien-être, et de ce fait sur son niveau de production. En effet, dès un stress léger, le niveau de production de la vache laitière peut être impacté. Celui-ci le sera d'autant plus que la durée de stress est importante. Pour éviter un stress thermique trop sévère dans les périodes sensibles, il est important de mettre en place des dispositifs, pour aider les ruminants à réguler leur température interne. Par exemple, dans les prairies, l'ombrage (par la présence d'arbres) est un moyen important pour éviter un échauffement trop important du ruminant. De plus, les ruminants, pour arriver à descendre la température corporelle, ont besoin de boire une quantité d'eau plus importante. Si les ruminants sont à l'extérieur, avoir à disposition plusieurs points d'eau est primordial. Une adaptation des périodes de pâturage, en favorisant un pâturage tôt à



la levée du jour et tard en fin de journée, permet au ruminant de se nourrir dans des périodes plus fraîches. Rentrer les ruminants dans les stabulations pendant les heures chaudes permet de réduire le stress. Toutefois, au sein même du bâtiment, le stress peut aussi être important. La mise en place de dispositifs tels qu'une bonne ventilation, une brumisation, .... seront toutes des techniques nécessaires à mettre en place pour éviter les stress thermiques des ruminants, permettant ainsi d'augmenter leurs bien-être et de diminuer l'impact sur leurs niveaux de productions.

### Porcs, poules pondeuses et poulets

Les espèces telles que le porc, la poule pondeuse et le poulet de chair vont avoir des risques de mortalités qui pourront être importants dans les scénarios climatiques futurs. C'est le porc qui souffrira le plus de la chaleur, suivi du poulet de chair et enfin de la poule pondeuse. Par contre, ces animaux étant élevés principalement en intérieur, ce ne sont pas forcément la température et l'humidité relative de l'air extérieur qui vont influencer le stress thermique de l'animal, mais bien les conditions régnant à l'intérieure des bâtiments, celles-ci dépendant des systèmes de régulation (e.g. système de ventilation, isolation). Toutefois, même si la température intérieure dépend des caractéristiques du bâtiment, on peut facilement imaginer que lors des journées chaudes, un besoin de refroidissement du bâtiment devra nécessairement se faire. Pour éviter des mortalités importantes et des chutes de productions drastiques, les bâtiments d'élevage vont devoir être adaptés pour ces types d'élevage afin de diminuer les risques lors de journées chaudes. En cas de stress thermiques majeurs, les lignes de nourrissage doivent être absentes et une disponibilité en eau doit être plus importante. De plus, afin de diminuer l'effet de la chaleur et de l'humidité, des systèmes de ventilation (avec un dimensionnement prenant en compte les risques de températures futures) devront être installés. Enfin, un dernier point important reste l'isolation des bâtiments. Un ensemble de mesures adaptatives est donc à prévoir par le secteur s'il ne veut pas pâtir du stress thermique subi par ces animaux d'élevages.

Zones/élevages à risques
<p><b>Zones à risques:</b></p> <p>De manière générale, les zones les plus à risques sont les zones de basses altitudes. L'Ardenne est donc la région la plus épargnée tandis que la campine hennuyère ainsi que la région jurassique sont les plus touchées.</p> <p><b>Animaux les plus à risques.</b></p> <p>Les poulets de chair, suivi des porcs et des poules pondeuses sont les spéculations les plus à risques, avec des risques de mortalité qui sont de plus en plus nombreux. Toutefois ces spéculations sont souvent dans des bâtiments et non pas en extérieur. Des adaptations de ceux-ci sont à prévoir.</p> <p>Bien que les ruminants n'ont pas de risque de mortalité, ceux-ci vont tout de même subir des stress impactant directement le bien-être animal, la santé de ceux-ci et leurs niveaux de productions. L'impact n'est donc pas à négliger.</p>

### Limites et perspectives

Ce travail constitue à notre connaissance le tout premier diagnostic explicite à l'échelle territoriale des effets du changement climatique pour le secteur de l'élevage en Wallonie. A ce titre, il s'est concentré sur l'évaluation du bien-être animal à travers l'indicateur THI. Cependant, des pistes d'améliorations pour de futures études peuvent être énumérées.

L'équation du THI utilisée pour ces différents animaux d'élevages est un index intéressant pour essayer de diagnostiquer l'apparition d'un stress induit par le climat. Toutefois, ces calculs de THI ne prennent pas en compte la radiation solaire ainsi que la vitesse du vent. Ces deux composantes peuvent avoir un impact important sur la régulation de la température interne de l'animal (Mader et al., 2006). Une vitesse de vent importante en cas de forte chaleur va permettre, à même humidité relative et température de l'air, d'augmenter la quantité de chaleur dissipée par l'animal. À contrario, une radiation



solaire élevée va, quant à elle, engendrer une plus forte augmentation de la température du corps de l'animal. Favoriser la ventilation et l'ombrage est donc crucial pour, à même niveau de THI, arriver à diminuer le stress (Atkins et al., 2015).

Un second point qui n'a pas été pris en compte dans cette étude est le nombre de jours de stress consécutifs. En effet, la durée du stress a un impact fort sur le bien-être, la production, la reproductivité, etc. des animaux. Les vagues de chaleur peuvent perdurer un certain temps, parfois très important, et donc avoir des conséquences d'autant plus fortes. Par ailleurs, les résultats représentés sont des moyennes de jours de stress par catégorie sur 30 ans (excepté le scénario à +4 degrés qui est réalisé sur 20 ans). Etant une moyenne, il ne faut pas oublier que certaines années le nombre de jours de stress peut être bien plus conséquent et avoir des impacts très forts sur les éleveurs avec des risques de mortalités importantes ou des chutes importantes de rendement sur les différentes spéculations impactant fortement les éleveurs wallons.

Finalement, les travaux ultérieurs d'étude de vulnérabilité du secteur de l'élevage au changement climatique devraient à notre avis se concentrer sur l'impact sur les productions animales. Deux éléments peuvent toutefois être limitants pour de futures études sur ce troisième axe :

- Si l'impact de l'indicateur THI sur des productions journalières (lait, œufs) est relativement bien documenté dans la littérature scientifique, très peu d'étude permettant d'évaluer un impact sur des productions cumulées (viande) ont été trouvées, et sont souvent très spécifiques au contexte d'étude.
- Par ailleurs, pour les animaux dont l'élevage se fait principalement en bâtiment, il conviendrait de poser des hypothèses pour mieux prendre en compte les conditions internes des bâtiments, et évaluer le bien-être animal au regard de ces conditions.

## 7. Bibliographie :

Atkins, I.K., Choi, C., & Holmes, B. (2015). Dairy Cooling : The Benefits and Strategies.

Collier, Robert & Hall, Laun & Rungruang, Supapit & Zimbelman, Rosemarie. (2012). Quantifying Heat Stress and Its Impact on Metabolism and Performance. Proc. Florida Ruminant Nutrition Symp.

Lallo, C.H.O., 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. Reg. Environ. Change 18, 2329–2340. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1359-x>

Mader, T. L., Davis, M. S., Brown-Brandl T., Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle, (2006). Journal of Animal Science 84, 712–719. <https://doi.org/10.2527/2006.843712x>

Roland L, Drillich M, Klein-Jöbstl D, Iwersen M. Invited review: Influence of climatic conditions on the development, performance, and health of calves. J Dairy Sci. (2016) 99:2438–52. doi: 10.3168/jds.2015-9901

Thornton P, Nelson G, Mayberry D, Herrero M. Increases in extreme heat stress in domesticated livestock species during the twenty-first century. Glob Chang Biol. 2021 Nov;27(22):5762-5772. doi: 10.1111/gcb