Le changement climatique influence le bien-être des vaches laitières

Jürg Fuhrer et Pierluigi Calanca
Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zurich
Renseignements: Jürg Fuhrer, e-mail: juerg.fuhrer@art.admin.ch, tél. +41 44 377 75 05

Le risque d'hyperthermie pour les animaux au pâturage va augmenter avec le changement climatique. (Photo: ART)

Introduction

L'évolution climatique au cours des dernières décennies indique des températures en nette hausse pour la Suisse. De 1981 à 2010, suivant les régions, les moyennes annuelles ont augmenté de 0,9 à 1,4 °C (Ceppi *et al.* 2010). D'après les dernières projections climatiques pour les trois régions de Suisse (Nord-Est, Nord-Ouest, Sud), il faut s'attendre à une nouvelle hausse à l'avenir. Par rapport aux trente dernières années, la hausse d'ici à la fin du siècle oscillera entre 3,2 et 4,8 °C (scénario d'émission A2) ou entre 2,7 et 4,1 °C (scénario d'émission A1B; CH2011 2011). Cette tendance à des températures plus élevées et des extrêmes toujours plus fréquents a de lourdes conséquences pour l'homme, l'animal et l'environnement. En outre, à plusieurs endroits, les conditions climatiques se détériorent pour les animaux de rente dans l'agriculture (IPCC 2007). Mais jusqu'à présent, peu d'importance a été accordée à cet aspect du changement climatique.

La température et l'humidité de l'air exercent une influence directe sur le bien-être des animaux et leurs performances. Pour les vaches laitières, la hausse des températures accompagnée d'une humidité de l'air élevée se traduit par une baisse de la consommation de fourrage et de la production laitière et par une altération de la qualité du lait (West 2003). De plus, le besoin de liquides s'accroît. D'autres conséquences des longues périodes de canicule concernent la reproduction, la croissance et la santé (Kadzere *et al.* 2002). Tandis que

dans les systèmes de stabulation fermés, il est possible de réguler les conditions climatiques à l'aide de moyens techniques et de les adapter de manière optimale à chaque espèce animale, ceci est impossible dans les systèmes de stabulation ouverts et en cas de détention au pâturage. Des questions se posent: les conditions environnementales vont-elles se détériorer pour les animaux de rente en Suisse sous l'effet du changement climatique? Si oui, dans quelle mesure? A quel point faut-il s'attendre à une dégradation du bien-être animal?

Dans cette analyse, un indicateur simple du stress causé aux vaches par la température et l'humidité est utilisé pour d'étudier à quel point la hausse des températures depuis 1981 a déjà eu des répercussions négatives sur le risque de stress thermique et comment la situation pourrait évoluer jusqu'en 2060 d'après différentes projections climatiques.

Méthodes

Indice température-humidité

Il existe plusieurs indices, plus ou moins complexes, pour définir le stress causé aux animaux de rente par la chaleur à partir de la température et de l'humidité de l'air (Bohmanova *et al.* 2007). Les considérations dans cette étude se basent sur un indice température-humidité (*Temperature-Humidity-Index*, THI), qui se compose des moyennes journalières de la température (T) et de l'humidité relative (Hr). L'avantage du THI est que l'Hr, contrairement à l'humidité absolue, peut être considérée comme relativement constante même avec des températures en hausse (Willett *et al.* 2007).

Le calcul du THI s'effectue à l'aide de la formule suivante (selon Thom 1958):

$$THI = 0{,}8 \times T + (Hr / 100) \times (T - 14{,}4) + 46{,}4$$

Pour évaluer les valeurs de THI calculées pour les vaches laitières, on s'est appuyé sur le classement proposé notamment par Armstrong (1994):

< 72:	aucun stress
72–78:	stress léger
79–89:	stress modéré
89:	stress marqué

Pour évaluer l'évolution du stress thermique dans le passé récent, l'indice THI a été calculé à partir de données météorologiques journalières de huit stations sélectionnées. L'étude a porté sur l'évolution des moyennes annuelles et des valeurs journalières maximales du THI, ainsi que sur le nombre de jours avec un THI > 72. Dans ›

Résumé

Sous l'effet du changement climatique, les températures augmentent en Suisse, ce qui accroît le risque de stress thermique pour les animaux de rente. L'évaluation d'un indice de température-humidité sur différents sites a montré que pour les vaches laitières, ce risque a déjà nettement augmenté en moyenne journalière pendant les 30 dernières années, tandis que les valeurs extrêmes ont à peine varié. L'évolution future du risque de stress dû à la chaleur a été étudiée sur la base de deux scénarios climatiques pour la période de 2036 à 2065. Ces projections montrent que le risque peut être considérable, notamment là où il fait le plus chaud. L'augmentation du nombre de jours de stress est particulièrement marquée. Les résultats confirment la nécessité de prendre des mesures pour adapter l'élevage de vaches laitières au futur changement climatique.

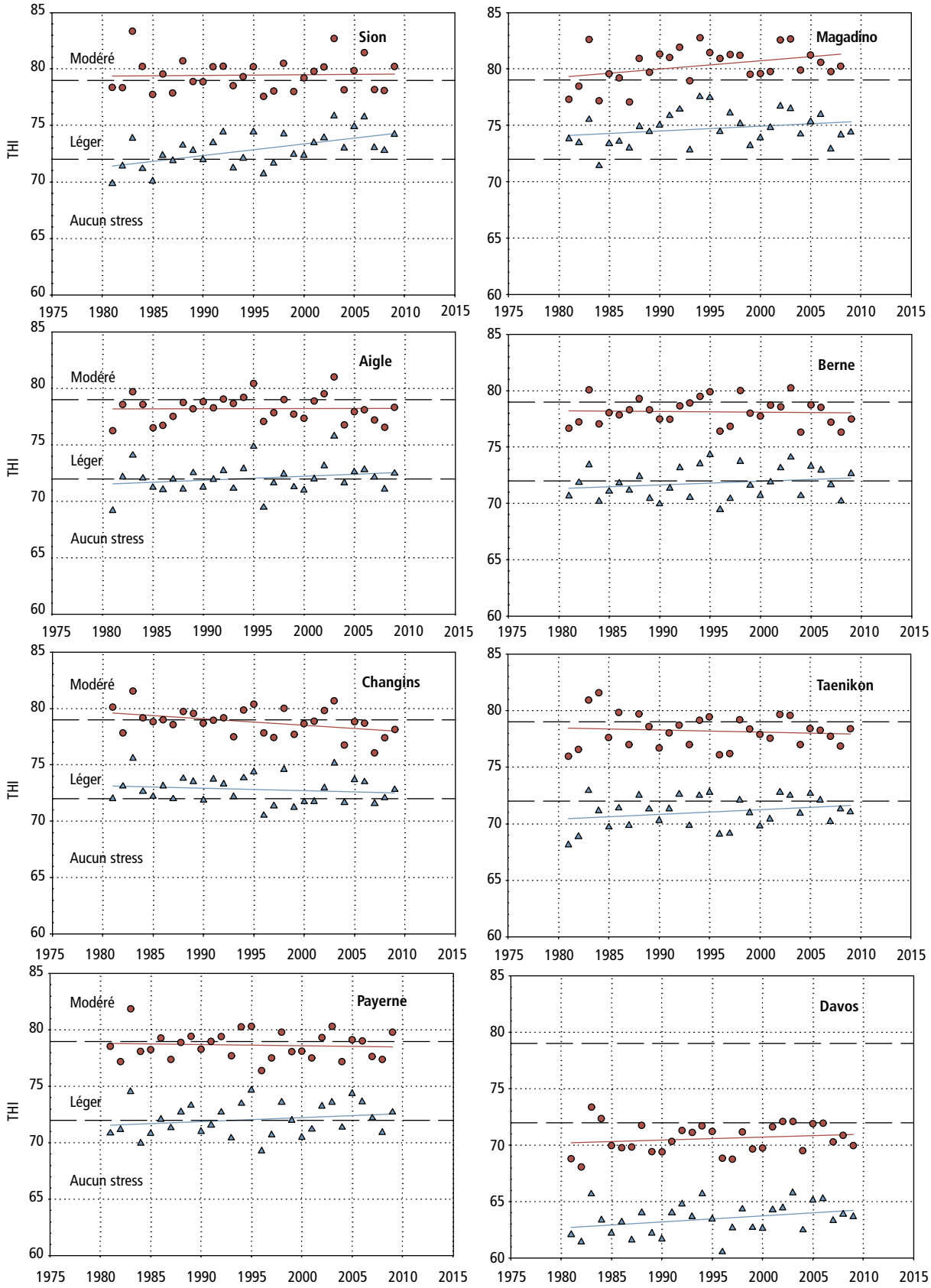

Figure 1 | **Evolution de la moyenne (symboles bleus) et du maximum journalier (symboles rouges) de l'indice température-humidité THI dans les années 1981 à 2009 (avec tendance linéaire) sur les sites sélectionnés. Les lignes en pointillés représentent la limite entre «aucun» stress thermique et un stress «léger», ainsi que la limite entre un stress «léger» et un stress «modéré».**

Tableau 1 | Données climatiques (moyennes annuelles) pour la période de référence 1981

Station	Température (°C)	Humidité relative (%)
Davos	4,0	71,0
Taenikon	8,7	75,9
Berne	9,3	74,8
Payerne	9,6	76,0
Aigle	10,1	75,4
Changins	10,5	72,2
Sion	10,5	68,3
Magadino	11,7	70,5

un deuxième temps, les mêmes paramètres ont été calculés pour l'année 2050 (2036–2065) à partir de scénarios climatiques afin d'estimer l'évolution future du stress dû à la chaleur.

Données et scénarios climatiques

Pour les besoins des calculs, huit stations météorologiques ont été sélectionnées dans différentes régions du pays, afin de couvrir une grande partie de l'éventail des valeurs de T et de Hr. Les moyennes des deux paramètres clés sont indiquées dans le tableau 1. La spectre de température annuelle va de 4 °C dans le site alpin de Davos à près de 12 °C au Tessin (Magadino). Par contre, la fourchette des valeurs d'humidité relative est plus étroite (68–76 %). Les relevés journaliers de T et de Hr pour la période de référence de 1981 à 2009 ont été prélevés dans la base de données de Météo Suisse (www.meteosuisse.ch).

La simulation du THI pour les conditions climatiques futures s'est faite sur la base de deux scénarios climatiques. Ceux-ci se réfèrent aux simulations pour la période 1951 à 2100 complétées dans le cadre du projet UE ENSEMBLES (van der Linden et Mitchell 2009), à savoir des simulations avec les modèles climatiques régionaux ETHZ-CLM et SMHIRCA-BCM (pour plus de détails: http://ensemblesrt3.dmi.dk/). Pour la Suisse, ces deux modèles fournissent une limite supérieure (scénario «extrême») et une limite inférieure (scénario «léger») à l'évolution possible du climat suggérée par la totalité des scénarios ENSEMBLES. A partir de l'évolution des émissions A1B (mélange énergétique équilibré partant du principe que toutes les sources d'énergie connaissent un progrès technologique comparable), la simulation avec ETHZ-CLM indique pour 2036–2065 une hausse des températures moyennes saisonnières par rapport à 1981–2010 comprise entre 2 à 2,5 °C pour les mois d'octobre à juin et entre 3 à 3,5 °C pour les mois de juillet, août et septembre. La hausse des températures jusqu'en 2036–2065 est plus modérée avec SMHIRCA-BCM, soit +1 °C en hiver/printemps et automne, et de l'ordre de +1,5 °C pendant les mois d'été.

Comme le THI a été calculé sur une base journalière, les informations saisonnières tirées des modèles ETHZ-CLM et SMHIRCA-BCM ont dû être distribuées dans le temps. Pour la température et le rayonnement global, cela a été fait à l'aide d'un procédé statistique appelé «générateur météorologique» stochastique (LARS-WG selon Semenov 2007 ainsi que Semenov et Stratonovitch 2010) qui permet de créer un jeu de données de synthèse à partir d'observations à l'échelle locale. Les tests statistiques ont montré qu'au niveau de la variabilité journalière, les simulations sont satisfaisantes. Néanmoins, la variabilité des conditions métrologiques saisonnières d'une année à l'autre est sous-estimée car il n'existe pas de modèle statistique à ce sujet.

Les valeurs de l'humidité relative ont été calculées comme suit. Tout d'abord, on est parti de l'hypothèse que le cycle annuel moyen de Hr resterait inchangé sous le climat futur (Willett *et al.* 2007). Dans un deuxième temps, l'écart journalier par rapport au cycle annuel moyen a été calculé en fonction du rayonnement global, l'hypothèse de départ étant qu'avec un ciel dégagé, les valeurs minimales de Hr en début d'après-midi sont plus faibles que par ciel couvert et ou en cas de pluie. Enfin, une petite composante de bruit stochastique a été ajoutée, afin de simuler le reste de la variabilité dans les observations. Pour les sites sélectionnés, la comparaison entre les valeurs de Hr observées dans le passé (période de référence 1981–2009) et les valeurs calculées avec cette méthode a montré que cette procédure fournissait des résultats fiables.

Pour la période de référence (1981–2009), mais aussi pour chacun des deux scénarios pour l'année 2050 (2036–2065), 200 années de données de synthèse ont été générées avec LARS-WG et les valeurs de THI correspondantes calculées.

Résultats

Evolution de 1981 à 2009

Dans un premier temps, l'évolution temporelle du THI a été examinée sur les trente dernières années. Les données des huit stations sélectionnées suivent une courbe différente (fig. 1). La hausse du THI moyen est marquée pour les stations de Sion et de Magadino. Pour les autres sites, elle n'est que minime, voire inexistante (Changins). ›

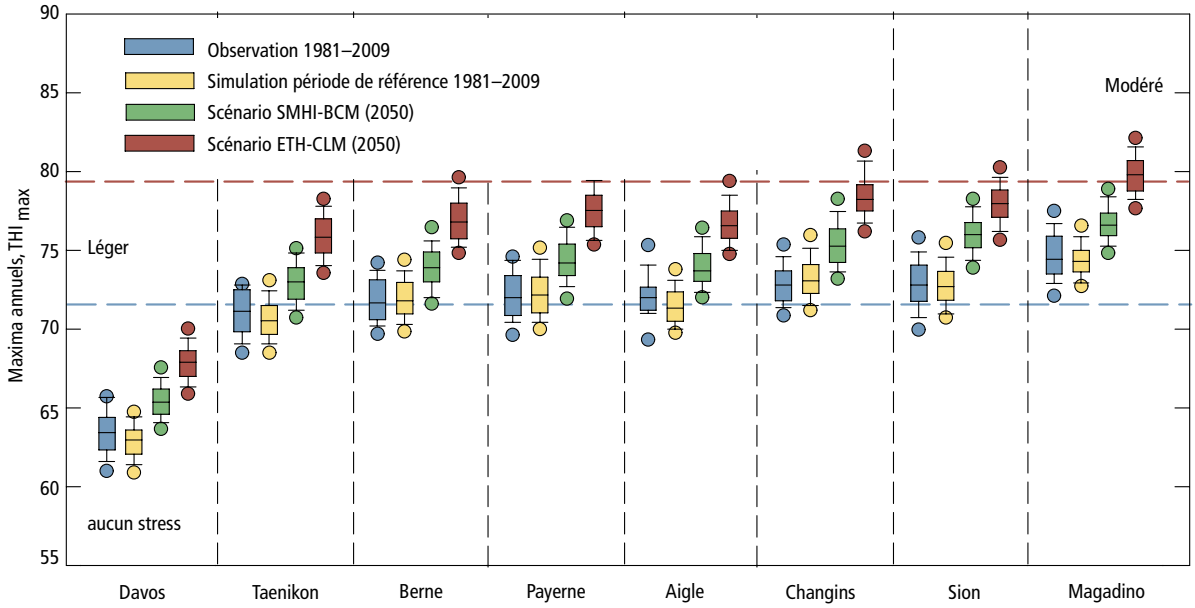

Figure 2 | Maximum annuel de l'indice température-humidité THI sur les sites sélectionnés pendant les 30 dernières années et pour deux scénarios climatiques différents. Boxplot avec médiane, percentiles de 25/75 %-, 19/90 %- et 5/95 %-. Les lignes en pointillés horizontales représentent la limite entre «aucun» stress thermique et un stress «léger», ainsi que la limite entre un stress «léger» et un stress «modéré».

Contrairement au THI moyen, la valeur journalière maximale du THI est restée pratiquement inchangée durant la période considérée, à l'exception de la station de Magadino au Tessin et très légèrement de Davos. La différence de cours entre la valeur moyenne et la valeur maximale est due au fait que les températures minimales ont enregistré une plus forte augmentation que les maximales.

Les valeurs du THI moyen ont oscillé autour de la valeur seuil d'un stress thermique léger, c'est-à-dire un THI de l'ordre de 72. Comme on pouvait s'y attendre, les valeurs les plus élevées typiques d'un «stress léger» (THI 72–78) ont été relevées pour les sites les plus chauds (Sion, Magadino), les valeurs plus basses pour la localité de Davos situé à plus haute altitude. Le THI maximal a varié entre le stress «léger» et le stress «modéré» (THI 79–89). Les conditions de stress extrêmes avec des THI > 89 n'ont pas été relevées pendant la période considérée.

Evolution future

Pour les maxima annuels du THI tout comme pour le nombre de jours avec un THI > 72, les valeurs calculées à partir des données générées par LARS-WG pour la période de référence (1981–2009) sont comparables à celles calculées pour la même période sur la base d'observations (fig. 2 et 3). Dans le cas des maxima annuels du THI, non seulement les moyennes sont comparables, mais aussi l'éventail de variation, tandis que dans le cas du nombre de jours de stress thermique (THI >72), les variations issues des simulations avec LARS-WG sont moindres. Cela tient à la sous-estimation de la variabilité des conditions météorologiques saisonnières d'une année à l'autre.

Dans l'ensemble, les calculs indiquent qu'avec les deux scénarios climatiques, les valeurs moyennes des maxima du THI tout comme son percentile à 5 % passent au-dessus de la valeur seuil de 72 dans presque toutes les localités (fig. 2). Davos fait exception; pour ce site, aucune hausse du facteur de stress n'a été constatée, même dans le cas du scénario climatique «extrême». Par contre, le nombre de jours par année où le THI dépasse 72 unités augmente nettement dans les sites les plus chauds, Payerne, Changins, Magadino et Sion (fig. 3).

L'impact des scénarios climatiques est plus visible avec le nombre de jours affichant un THI > 72 qu'avec les maxima journaliers. Les données indiquent que par rap-

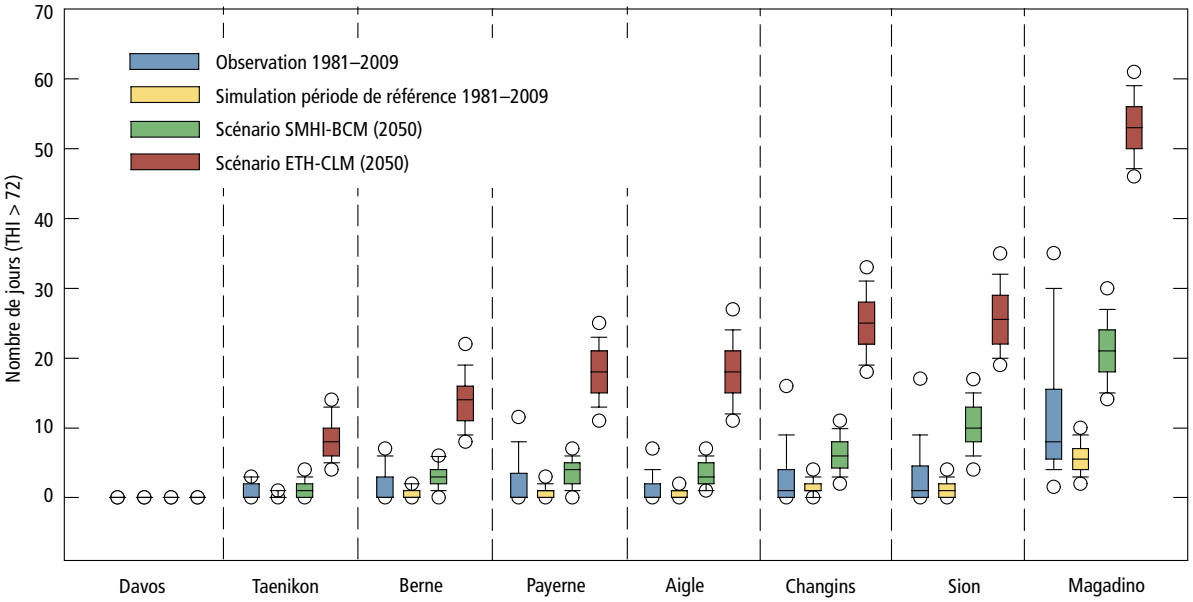

Abb. 3 | Nombre de jours avec THI > 72 (stress thermique léger) sur les sites sélectionnés pendant les 30 dernières années ainsi que pour deux scénarios climatiques différents. Boxplot avec médiane, percentiles de 25/75 %-, 19/90 %- et 5/95 %.

port à la période de référence, le nombre de jours de chaleur intense est multiplié par 2 à 3 sur plusieurs localités dans le cas du scénario climatique «extrême». Certaines années, le nombre de jours affichant un THI > 72 a dépassé 50 sur cinq des sites étudiés. D'autre part, avec le scénario climatique «léger», le nombre de jours critiques se situe, pour la plupart des sites, dans les limites de la variabilité des résultats calculés à partir des observations pour la période de référence 1981–2009.

Discussion

L'évolution climatique de ces dernières années et les projections jusqu'à la moitié du siècle permettent de supposer que les conditions climatiques pour les animaux de rente en Suisse vont progressivement se dégrader sous l'effet du changement climatique, comme c'est le cas déjà pour d'autres régions du monde dès le moindre réchauffement (IPCC 2007). Ce changement concerne aussi bien les animaux détenus au pâturage que ceux détenus dans les systèmes de stabulation ouverts. C'est la hausse de température qui est décisive, tandis que l'humidité relative devrait rester relativement constante même en cas d'augmentation de l'humidité atmosphérique absolue (Willett 2007). Cette évolution climatique a des répercussions négatives sur le bien-être et les performances des animaux de rente. Sans mesures adéquates, un tel changement signifie que les vaches laitières souffriront de plus en plus du stress thermique, avec une chute possible tant de la production laitière (West 2003) que de la qualité de leur lait (Palmquist *et al.* 1993). En Suisse, un tel scénario ne s'est vérifié jusqu'à présent que dans les années extrêmes comme en été 2003, où les valeurs du THI sur le site de Berne en juillet/août ont affiché 15 unités de plus que pendant «l'année normale» de 2002. Selon Fischer *et al.* (2005), durant l'été 2003, dans les exploitations de production laitière de Brandebourg, la consommation de fourrage des vaches laitières a baissé jusqu'à 15 % à cause de la canicule, en dépit d'une technique d'affourragement moderne et d'une détention à l'étable. Ceci s'est traduit par une baisse d'environ 10 % du rendement laitier.

En particulier dans les sites déjà chauds, une forte augmentation de la température à l'avenir, de plus de 2 °C (scénario extrême), se traduirait par une période de deux mois avec des valeurs de THI supérieures à 72. Il ›

Figure 4 | Les zones d'ombre dans les pâturages vont devenir de plus en plus importantes dans le contexte du changement climatique. (Photo: ART)

existe plusieurs possibilités pour faire face à l'accumulation de jours de stress thermique pour les animaux. On peut par exemple gérer différemment la mise au pâturage et recourir davantage à la pâture nocturne. D'autres mesures consistent à offrir plus d'ombre au pâturage (fig. 4) et dans l'aire d'exercice extérieure (Schütz *et al.* 2008, 2009; Tucker *et al.* 2008), à installer un dispositif d'aspersion pour rafraîchir les animaux (Legrand *et al.* 2011, Schütz *et al.* 2011) ou à déplacer la détention au pâturage vers les zones d'altitude, d'où l'importance croissante que pourraient prendre les zones alpines et préalpines ainsi que l'estivage dans le contexte de l'élevage de vaches laitières. En termes de sélection, il est également possible de s'adapter en privilégiant les races et les lignées de vaches laitières qui conviennent mieux aux conditions climatiques plus chaudes (West 2003). De telles mesures peuvent toutefois entraîner des coûts lorsqu'il s'agit d'investir dans des dispositifs de protection. Il faut donc peser le pour et le contre et choisir quelles mesures doivent de préférence être appliquées compte tenu des bénéfices et des coûts. Les résultats de l'étude montrent néanmoins clairement qu'à moyen et à long terme, le changement climatique (en dépit des incertitudes liées aux projections climatiques) rendra probablement indispensable l'une ou l'autre mesure d'adaptation de la production laitière. De plus, il faut s'attendre à ce qu'en Suisse aussi d'autres espèces d'animaux de rente, comme les porcs ou la volaille, soient d'avantage exposées au stress thermique et que leur mode de détention doive également être adapté en conséquence. ■

Riassunto

Il cambiamento climatico incide sul benessere delle vacche da latte

In Svizzera, il cambiamento climatico comporta un innalzamento delle temperature, con conseguente aumento del rischio di stress termico per gli animali da reddito. Sulla base della valutazione di un indice di temperatura-umidità incentrato su località selezionate è stato possibile dimostrare che durante gli ultimi trent'anni il rischio medio giornaliero per le vacche da latte ha già subito un sensibile incremento in diversi luoghi, mentre i valori estremi sono rimasti pressoché invariati. L'evoluzione futura del rischio di stress termico è stata studiata sulla base di due scenari climatici temporali per gli anni 2036–2065. Tali proiezioni indicano che il rischio potrà essere notevole soprattutto nelle regioni più calde. Particolarmente marcata è la crescita del numero di giorni di canicola. I risultati documentano la necessità di misure d'adeguamento al cambiamento climatico nell'ambito della detenzione di bestiame da latte.

Summary

Climate change affects welfare of dairy cows

Climate change is leading to higher temperatures across Switzerland, increasing the risk of heat stress in livestock. Analyzing a «Temperature-Humidity Index» at various locations, it could be shown that the risk for dairy cows already grew substantially on a daily average over the past 30 years, whereas the maximum of the index did not change much. Future trends of the index were analyzed on the basis of two climate scenarios for the time period 2036–2065. These projections show that, at the warmer sites in particular, future risks could be substantial. Especially marked is the increase in the number of days with heat stress. The results emphasize the need for measures to be taken in order to adapt animal husbandry to future climate change.

Key words: climate change, heat stress, livestock, animal welfare.

Bibliographie

- Allen R. G., Pereira L. S., Raes D. & Smith M., 1998. Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Rome, 300 p.
- Armstrong, D. V., 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* **77**, 2044–2050.
- Bohmanova J., Misztal I. & Cole J. B., 2007. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *J. Dairy Sci.* **90**, 1947–1956.
- Ceppi P., Scherrer S. C., Fischer A. M. & Appenzeller C., 2010. Revisiting Swiss temperature trends 1959–2008. Int. J. Clim., DOI: 10.1002/joc.2260.
- Fischer A., Eulenstein F., Willms M., Müller L., Schindler U. & Mirschel W., 2005. Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Tierproduktion in Nordost-deutschland. *In:* Wiggering H., Eulenstein F., & Augustin J. [éd.]: Entwicklung eines integrierten Klimaschutzmanagements für Brandenburg: Handlungsfeld Landwirtschaft, (DS 3/6821-B): 59–65; Müncheberg (Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung).
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Parry M. L., Canziani O. F., Palutikof J. P., van der Linden P. J. & Hanson C. E. (eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kadzere C. T., Murphy M. R., Silanikove N. & Maltz E., 2002. Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livest. Prod. Sci.* **77**, 59–91.
- Legrand A., Schütz K. E. & Tucker C. B., 2011. Using water to cool cattle: Behavioral and physiological changes associated with voluntary use of cow showers. *J. Dairy Sci.* **94**, 3376–3386.
- Palmquist D. L., Beaulieu A. D. & Barbano D. M., 1993. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.* **76**, 1753–1771.
- Schütz K. E., Cox N. R. & Matthews L. R., 2008. How important is shade to dairy cattle? Choice between shade or lying following different levels of lying deprivation. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **114**, 307–318.
- Schütz K. E., Rogers A. R., Cox N. R. & Tucker C. B., 2009. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: Shade use, behavior and body temperature. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **116**, 28–34.
- Schütz K. E., Rogers A. R., Cox N. R., Webster J. R. & Tucker C. B., 2011. Dairy cattle prefer shade over sprinklers: Effects on behavior and physiology. *J. Dairy Sci.* **94**, 273–283.
- Semenov M., 2007. Development of high-resolution UKCIP02-base climate change scenarios in the UK. *Agricult. Forest Meteorol.* **144**, 127–138.
- Semenov M. & Stratonovitch P., 2010) Use of multi-model ensembles from global climate models for assessment of climate change impacts. *Clim. Res.* **41**, 1–14.
- Thom E. C., 1958. Cooling-degree days. Air conditioning, heating and ventilation. Trans. *Am. Soc. Heat* **55**, 65–72.
- Thom E. C., 1958. The discomfort index. *Weatherwise* **12**, 57–60.
- Tucker C. B., Rogers A. R. & Schütz K. E., 2008. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **109**, 141–154.
- van der Linden P. & Mitchell J. F. B. (eds.), 2009. ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEM-BLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK. 160 p.
- West J. W., 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* **86**, 2131–2144.
- Willett K. M., Gillett N. P., Jones P. D. & Thorne P. W., 2007. Attribution of observed surface humidity changes to human influence. *Nature* **449**, 710–712.