



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



L'élevage dans les régions aride et semi-aride face aux défis du changement climatique

**Mardi 12 Mars 2019**

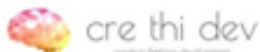
# Mesures pour lutter contre le changement climatique chez le betail

Dr Panagiota Koutsouli

Université d'Agriculture, Athènes



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO



# Introduction

- ▶ Le secteur agricole est confronté à 2 grandes défis:
  - ▶ le changement climatique mondial
  - ▶ la demande alimentaire
- ▶ L'augmentation prévue du réchauffement climatique implique un risque important pour la productivité végétale et animale
- ▶ Les systèmes extensifs (élevages de ruminants) basés principalement sur la productivité des pâturages seront considérablement affectés par le changement climatique
- ▶ Au contraire, les systèmes intensifs seront moins affectés, parce que le micro-environnement de la ferme est plus ou moins protégé

# Introduction

- ▶ Les animaux disposent de divers mécanismes physiologiques (des fonctions métaboliques) pour assurer leur survie dans le contexte de stress thermique, pour maintenir leur homéostasie
- ▶ De nombreuses études expérimentales ont été organisées, induisant des conditions de stress thermique sur les animaux d'élevage :
  - ▶ afin de documenter leur réponse au stress thermique,
  - ▶ afin de révéler les animaux les plus tolérants et les plus adaptables à ces conditions.
- ▶ La recherche est portée principalement sur les bovins laitiers

# Le réchauffement a des conséquences graves pour les animaux de la ferme

## Aux régions arides et semi-arides:

- ▶ Réduction de la production laitière
- ▶ Diminution du taux de croissance
- ▶ Réduction de la fertilité
- ▶ Détérioration du taux de conversion des aliments
- ▶ Augmentation des coûts d'installation
- ▶ Augmentation des coûts de fonctionnement des ferme

## Aux régions froides - climats tempérés :

- ▶ Réduction des besoins alimentaires pour le bien-être des animaux
- ▶ Meilleure survie des nouveau-nés et des jeunes animaux
- ▶ Coûts d'exploitation unitaires inférieurs
- ▶ Réduction des coûts fixes des installations

## L'échange de chaleur entre l'animal et l'environnement dépend:

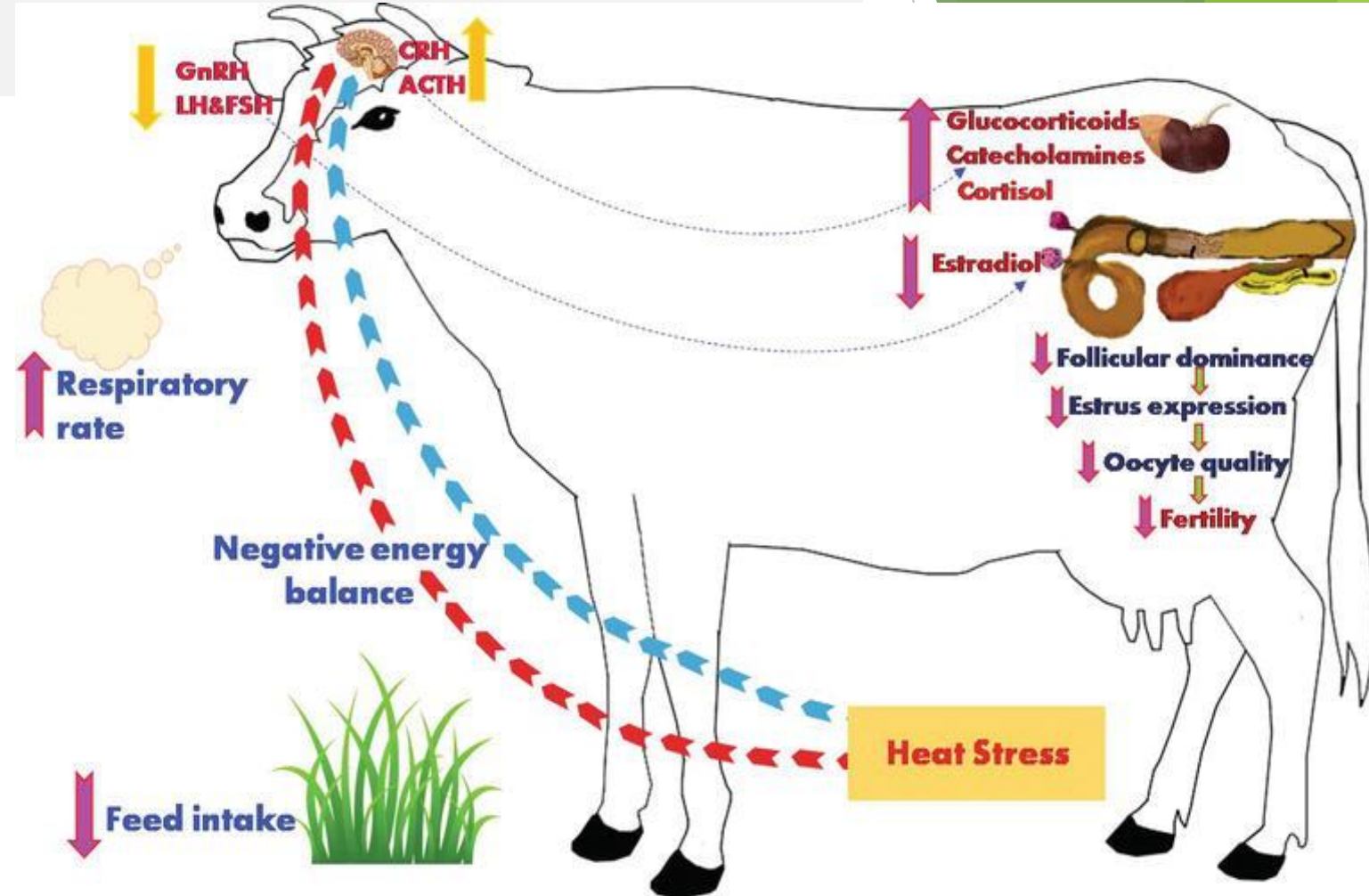
- ▶ du rayonnement
- ▶ de la température
  - ▶ de l'humidité
- ▶ de la vitesse de l'air

## Réactions scalaires d'animaux résultant du stress thermique

- ▶ Réduction de l'activité physique
- ▶ Réduction de l'appétit pour manger - pour le pâturage
  - ▶ Changements dans la sécrétion d'hormones
- ▶ Augmentation du rythme cardiaque
  - ▶ Vasodilatation
- ▶ Augmentation de la vitesse de digestion
- ▶ Augmentation du rythme respiratoire
  - ▶ Transpiration
  - ▶ Hyperthermie
  - ▶ La mort

# Stress thermique et productivité animale -effets sur la fertilité

- ▶ La durée et l'intensité de l'œstrus sont réduites
- ▶ La proportion de l'ovulation silencieuse augmente
- ▶ Plus souvent l'apparition d'anoestrus de lactation



Impact du stress thermique sur les performances de reproduction des vaches

(source: G. Krishnan, M. Bagath, P. Pragna, M. Kusha Vidya, J. Aleena, P. R. Archana, V. Sejian & R. Bhatta Mitigation of the Heat Stress Impact in Livestock Reproduction, published: September 6th 2017

DOI: 10.5772/intechopen.69091)

# Stress thermique et productivité animale - effets dans le taux de développement

- ▶ Développement dans les climats chauds
- ▶ faible poids à la naissance
- ▶ moins de mobilité
- ▶ taux de développement plus faible
- ▶ réduction du poids corporel et de la taille de la jeune vache à maturité
- ▶ colostrum avec une concentration d'immunoglobuline plus basse
- ▶ Des immunoglobulines (IgG) allant jusqu'à 22% de la normale

## Fermes de veaux à viande (élevage groupés à l'ombre)

Température > 21 °C	Augmentation de la fréquence respiratoire
Température > 25 °C	Augmentation de la température du corps avec une réduction similaire de l'appétit

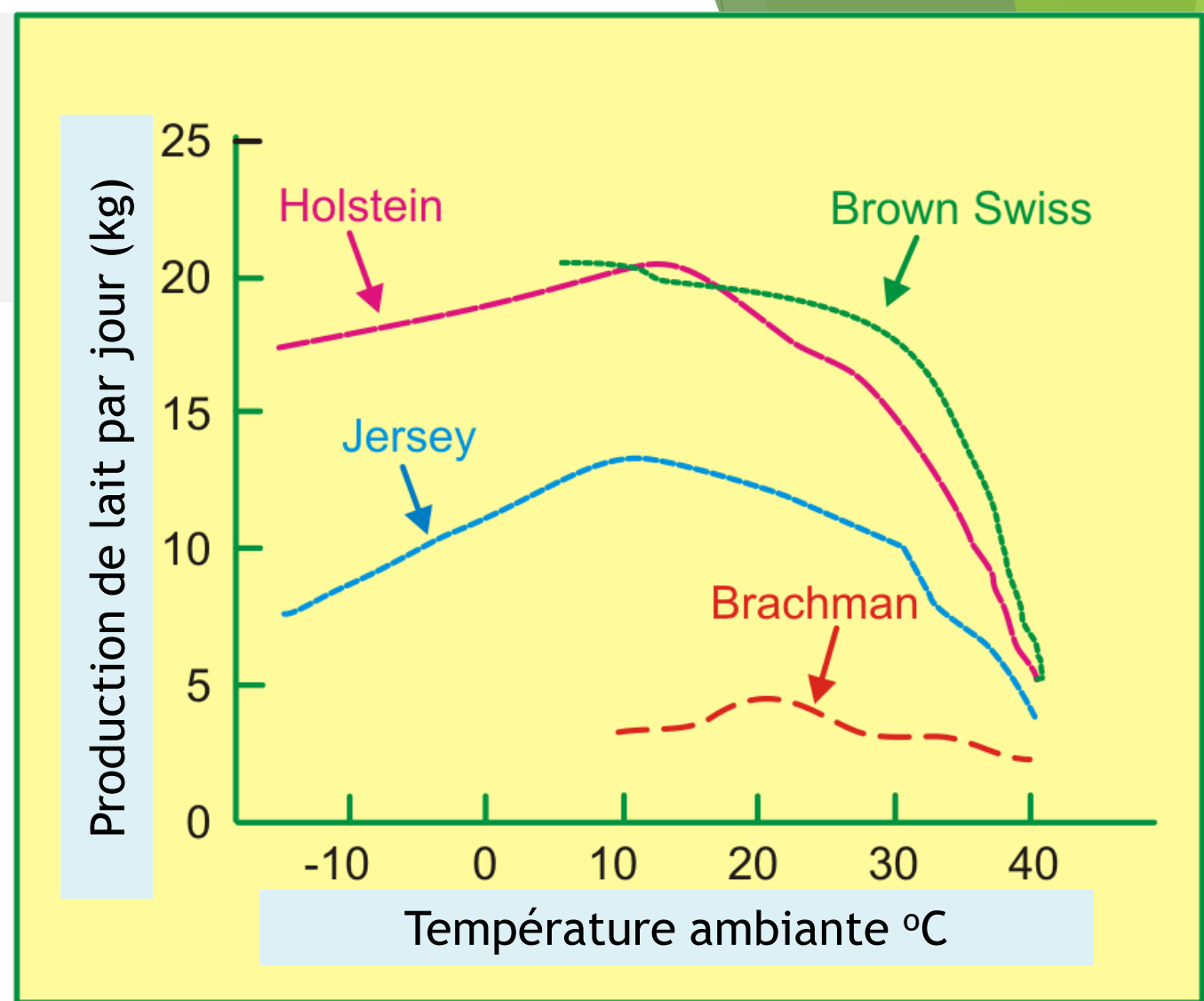
# Stress thermique et productivité animale - effets dans le taux de développement

- ▶ Dans les régions les plus froides de la planète, les effets du changement climatique seront plus complexes
- ▶ Si la durée et l'intensité des périodes froides de l'année sont réduites aux régions tempérées
- ▶ les besoins d'entretien dans le régime seront réduits
- ▶ le taux de survie des jeunes animaux s'améliorera et
- ▶ les coûts pour chauffer les animaux de ferme seront réduits



# Stress thermique et productivité animale - effets en production laitière

- ▶ La production journalière de lait diminue rapidement lorsque la température maximale dépasse 29 °C
- ▶ Les animaux les plus productifs sont plus susceptibles en raison de la production plus élevée de chaleur
  - ▶ en raison de l'augmentation des processus métaboliques, de la prise alimentaire et de la digestion



# Stress thermique - effets aux niveaux moléculaire, cellulaire et métabolique

- ▶ Il a été récemment démontré que le stress thermique perturbe les concentrations de radicaux libres à l'état d'équilibre, entraînant à la fois dommages oxydatifs cellulaires et mitochondriaux.
- ▶ En effet, le stress thermique réorganise l'utilisation des ressources corporelles, notamment: graisses, protéines et énergie.
- ▶ Le stress thermique réduit les taux métaboliques et modifie le métabolisme post-absorption, indépendamment de la diminution de la consommation alimentaire.
- ▶ Par conséquent, la croissance, la production, la reproduction et la santé ne sont pas des priorités plus importants dans le métabolisme des animaux stressés par la chaleur (Slimen et al, 2016)

# Mesures face aux changements climatiques

- ▶ Quatre stratégies de gestion différentes sont proposées pour remédier à la situation.
- ▶ A) Modification de l'environnement
- ▶ B) Modifications de gestion de la ferme
- ▶ C) Modifications nutritionnelles
- ▶ D) Modifications génétiques

# A) Modification de l'environnement

❖ Au sens large, les mesures visant à modifier l'environnement pourraient également inclure des actions humaines visant à empêcher le changement de climat (réduire les émissions de dioxyde de carbone)

- ▶ au niveau de la ferme, le système d'environnement est composé des paramètres suivants:
- ▶ Température de l'air (T)
- ▶ Humidité relative (RH)
- ▶ Vitesse du vent
- ▶ Radiation solaire (SR)
- ▶ Précipitation
- ▶ Pression atmosphérique
- ▶ Lumière ultraviolette
- ▶ Poussière

# A) Modification de l'environnement

- ▶ En règle générale, il est possible d'améliorer l'environnement physique grâce à des mesures utilisant:
- ▶ Des systèmes d'ombrage plus efficaces,
- ▶ la ventilation naturelle ou artificielle
- ▶ le refroidissement par un système de pulvérisation
- ▶ le conditionnement des animaux
- ▶ l'alimentation en eau plus fréquente

# A) Modification de l'environnement

- ▶ Systèmes d'ombrage
- ▶ C'est la façon la plus simple et la moins coûteuse de se protéger de radiations solaires (réduction de la charge thermique de 30 à 50%)
- ▶ En utilisant des arbres naturels ou abris de matériaux divers
  - ▶ le type de matériau utilisé revêt une grande importance car, avec l'augmentation de la température, le rayonnement thermique du toit vers l'animal augmente
  - ▶ l'utilisation de matériaux isolants peut réduire la température interne jusqu'à 10 °C

# A) Modification de l'environnement

- ▶ L'ombrage est inefficace en cas de combinaison de température élevée et d'humidité élevée
- ▶ Dans ce cas, sont utilisés
  - ▶ Des systèmes de ventilation dynamique
  - ▶ L' évaporation -le refroidissement
  - ▶ La pulvérisation d'animaux
  - ▶ La combinaison de ce qui précède
- ▶ Avec ces systèmes, a été rapporté de 10 à 20% plus de la production de lait par jour plus pendant les journées chaudes
- ▶ Les animaux refroidis avec des arroseurs consomment plus d'aliments avec moins d'eau, ce qui augmente les performances en matière de production de lait, de graisse, de protéines
- ▶ Sauf pour la production laitière, aussi la performanc de reproduction des vaches laitières est améliorée par l'utilisation d'un système de refroidissement par évaporation

## B) Modifications de gestion de la ferme

- ▶ Réduire la densité animale
- ▶ Évitez de manipuler des animaux pendant les heures chaudes
- ▶ Administration d'eau abondante et fraîche
- ▶ Changement des temps d'alimentation
- ▶ Ajustement des rations
- ▶ **Modification du délai de livraison**
- ▶ **Manipulations hormonales**

Le traitement des animaux avec des techniques de reproduction avancées comme  
L'insémination artificielle chronométrée,  
L'apport de gonadotrophines,  
Le transfert d'embryons  
peut augmenter les coûts de production



## C) Modifications nutritionnelles

- ▶ Les effets du stress thermique agissent sur le métabolisme des animaux. Si on veut que la production de lait être maintenue à un niveau comparable à celui de conditions thermo-neutres...
  - ▶ ...Il est recommandé :
  - ▶ l'augmentation de la proportion de nutriments - éléments
  - ▶ La réduction de la consommation d'aliment en matière sèche
  - ▶ D'éviter l'excès d'énergie et de protéines
  - ▶ La réduction de la matière fibreuse
  - ▶ l'augmentation des glucides très digestes
  - ▶ De réduire la consommation d'aliments avant et pendant la chaleur
  - ▶ De fournir une quantité supplémentaire de Na et K.

## C) Modifications nutritionnelles

- ▶ Il y a une tendance à augmenter la densité énergétique de la ration en utilisant des extra grains / concentrés, afin de compenser la réduction des apports en nutriments et en énergie causée par le stress thermique et la charge thermique métabolique associée aux fourrages en fermentation.
- ▶ Cependant, cette pratique doit être conduite avec précaution, car ce type de régime peut être associé à un pH du rumen inférieur.
- ▶ La combinaison ration plus chaude et la ration réduite de la capacité de la vache de neutraliser le rumen, augmente :
  - ▶ directement le risque d'acidose ruminale et
  - ▶ indirectement le risque de développer des effets secondaires négatifs d'une mauvaise santé de l'environnement dans le rumen (par exemple, fourbure, dépression de la graisse du lait) (Conte et al, 2018)

## C) Modifications nutritionnelles

- ▶ Il existe un effet cytotoxique du stress thermique
- ▶ La chaleur induit des dommages oxydatifs
- ▶ Des substances oxydantes réactives (ROS) sont présentes dans les cellules
- ▶ Pour cette raison, il est recommandé de donner aux animaux des antioxydants afin de réduire le stress oxydatif
  - ▶ Les vitamines protègent les membranes biologiques contre les dommages causés par les ROS

## C) Modifications nutritionnelles

- ▶ La Vitamine E : est un inhibiteur de la peroxydation des lipides
  - ▶ Le rôle thermoprotecteur de la vitamine E a été signalé chez les vaches de buffle pendant l'été (Megahed et al., 2008)
- ▶ La Vitamine C : facilite l'absorption de l'acide folique
  - ▶ Le complément en acide L-ascorbique, seul ou en association avec le DL-tocophérol acétate, est utile pour les poules pondeuses en stress thermique (Ajakaiye et al., 2011)
- ▶ Oligo-éléments, Zinc, Cuivre, Chrome, Sélénium
  - ▶ Chez les moutons stressés par la chaleur, l'injection de sélénium a diminué la température rectale et la perte de poids corporel (Alhidary et al., 2012).

## D) Modifications Génétiques

### Du point de vue de l'élevage

- le maintien des niveaux de production et de reproduction dans des conditions chaudes doit être l'objectif

### Improvement Génétique

- La sélection pour une combinaison d'adaptation et de performance est un objectif difficile à atteindre

### Improvement Génétique

- Il existe des corrélations défavorables entre la thermotolérance à la chaleur et la productivité

## D) Modifications génétiques

- ▶ les possibilités disponibles sont:
- ▶ La sélection de la race la plus adaptée à un système de production donné
- ▶ L' utilisation de schémas de croisement pour introduire les gènes bénéfiques souhaitables dans la population
- ▶ L'élevage sélectif pour tirer profit de la variation au sein de la race

## D) Modifications génétiques - caractéristiques pour choisir les mieux adaptés animaux

- ❖ Température rectale
- ❖ Fréquence respiratoire
- ❖ Rythme cardiaque
- ❖ Température de la peau
- ❖ Paramètres hématologiques
  - ❖ L'épaisseur de la peau
  - ❖ Longueur de la fourrure
  - ❖ Couleur de la fourrure

- ❖ Des caractéristiques telles que la température corporelle ou le rythme de respiration considérées comme des mesures de référence pour la tolérance à la chaleur.
- ❖ Cependant, leur utilisation dans les programmes de sélection à grande échelle est encore limitée car il est coûteux de collecter ces mesures

# D) Modifications génétiques - Sélection de la race la plus adaptée \_race de boeuf

- ▶ Les races bovines créées sous des climats tropicaux ou subtropicaux et provenant ou portant un pourcentage important de gènes de *Bos Indicus* sont capables d'émettre de plus grandes quantités de chaleur

## Bos indicus races

Il est possible de sélectionner le matériel génétique approprié parmi les races de bovins *Bos indicus* qui...

- avoir une meilleure adaptation dans un environnement chaud (Carvalho et al, 1995; Hansen, 2004)

- ....ont un plus grand transfert de chaleur de la peau vers l'environnement alors que le processus inverse en raison de la couche est difficile
- la transpiration cutanée n'est pas affectée par l'humidité relative
- la fertilité est maintenue
- Ont une meilleure gestion de l'eau, des besoins en énergie réduits et une consommation alimentaire limitée



**Boran (Australia)**

<https://www.dpi.nsw.gov.au/animals-and-livestock/beef-cattle/breeding/beef-cattle-breeds/boran>



**Brahman**

Photo courtesy of Tuscany farms,  
<http://www.thecattlesite.com/breeds/beef/67/brahman>



# D) Modifications génétiques - Sélection de la race la plus adaptée\_race laitière

- ▶ La tolérance à la chaleur chez les vaches laitières
- ▶ pourrait être gérée
  1. à l'aide de races laitières élevées dans les tropiques (l'exemple de vache Gir )
  2. en utilisant des animaux croisés laitiers

(Girolando : 5/8 Holstein and 3/8 Gir) (Gaur et al., 2003; Hansen, 2013)

- ▶ L'industrie laitière est axée sur les races de bovins laitiers issues de régions à climat tempéré, non adaptées au climat chaud
- ▶ Il semble difficile d'élever des animaux de race ou leurs hybrides afin de répondre aux besoins pour les produits laitiers des pays développés



Gir (Gyr) vache

[https://www.researchgate.net/publication/242721658\\_The\\_Gir\\_cattle\\_breed\\_of\\_India\\_-\\_characteristics\\_and\\_present\\_status/figures](https://www.researchgate.net/publication/242721658_The_Gir_cattle_breed_of_India_-_characteristics_and_present_status/figures), Gaur et al, 2003)



Girolando vache: 5/8 Holstein et 3/8 Gir  
<http://www.thecattlesite.com/breeds/dairy/73/girolando/>

# D) Modifications génétiques - Croisement pour introduire des gènes avantageux chez les vaches laitières

## Introgression de gènes thermotolérants chez la vache laitière

- il est suggéré comme stratégie pour réduire les effets négatifs du stress thermique sur la production et la composition du lait (Dikmen et al., 2014)

## Le gène SLICK:

Il est cartographié sur le chromosome 20 (Mariasegaram et al., 2007; Flori et al., 2012)

Il a été initialement identifié chez des bovins Senepol (Olson et al., 2003)

## Le gène SLICK

- Animaux ayant hérité de l'haplotype possède une fourrure courte et élégante (Dikmen et al, 2014)



Senepol vache

<http://www.thecattlesite.com/breeds/beef/81/senepol/>

## D) Modifications génétiques - Croisement pour introduire des gènes avantageux chez les vaches laitières

- ▶ Introgression du gène SLICK dans Holstein
- ▶ Le taux de transpiration était plus élevé chez les vaches «SLICK» que chez les vaches de type «sauvage»
- ▶ Les Holstein-SLICK ont une capacité supérieure à réguler la température corporelle par rapport aux animaux de type sauvage, du moins en partie à cause de leur capacité accrue à transpirer, et aussi leurs rendements de lait sont moins réduits en été dans un environnement chaud



Senepol vache

<http://www.thecattlesite.com/breeds/beef/81/senepol/>



Holstein vache

<http://myfarmnt.files.wordpress.com/2012/10/british-freisian.jpg>

# D) Modifications génétiques - Méthodes génétiques contre les effets du stress thermique

L'approche la plus courante chez les bovins de bœuf: le croisement

Races à hautes performances X races locales adaptées et plus résistantes aux climats chauds

Deux approches chez les vaches laitières: (i) Élevage sélectif de vaches laitières pour la tolérance à la chaleur et (ii) Croisement

Les croisements de races laitières performantes telles que Holstein ou Jersey avec des races locales adaptées ne sont pas toujours couronnés de succès (Galukande et al., 2013)

La capacité d' animaux croisés est considérablement réduite par rapport à celle des races pures hautes performances (McDowell et al., 1996; Bunning et al, 2018)

## D) Modifications génétiques - exemples de croisement

### Croisement chez les bovins de bœuf

Les effets du croisement sur le kilogramme de veau sevré par grande unité de stock (kgC / LSU) pour 29 génotypes ont été rapportés

### Etude de Mokolobate et al (2014)

Ces génotypes ont été formés en croisant des vaches Afrikaner avec des taureaux Brahman, Charolais, Hereford et Simmentaler et en croisant en arrière les vaches F1 jusqu'aux lignées du père

Conclusion: La productivité des vaches peut être augmentée jusqu'à 21% grâce à des systèmes de croisement durables bien conçus

# D) Modifications génétiques - exemples de croisement

## Croisement chez les vaches laitières

une étude de synthèse à partir de données provenant de 23 études différentes, évaluant les performances de différentes catégories d'animaux croisés ainsi que de races locales

Galukande et al. (2013)

La performance relative des races indigènes comparée aux différentes qualités de races croisées a été calculée pour trois zones climatiques

À 50% de sang de *Bos taurus*, en lactation, les rendements laitiers étaient respectivement 2.6, 2.4 et 2.2 fois supérieurs à ceux des bovins locaux dans les hautes terres, dans les zones climatiques tropicales humides et sèches et semi-arides

La durée de la lactation a augmenté de 1.2, 1.2 et 1.9 mois dans les zones climatiques susmentionnées, respectivement

L'intervalle de vêlage a été réduit de 0.8 fois et l'âge au premier vêlage de 0.9 fois

## D) Modifications Génétiques -Utilisation des outils de Sélection Génomique

Les méthodes de biotechnologie moléculaire offrent de nombreuses opportunités pour lutter contre le stress thermique d' animaux.

La recherche sur la caractérisation de l'expression des gènes et l'identification des réponses cellulaires au stress thermique promet une amélioration de la tolérance thermique par manipulation génétique (Collier et al., 2008; Min et al., 2017).

Pour des milliers d'animaux, après analyse complète de leur génome sont maintenant disponibles, les valeurs genomiques, l'évaluation génomique (GEBV).

## D) Modifications génétiques - Sélection génomique pour la tolérance à la chaleur chez les bovins laitiers australiens (Nguyen et al, 2016)

1. Le taux de diminution de la production laitière à mesure que le stress thermique augmente, varie selon les animaux.

L'héritabilité est faible à modérée.

2. Utilisant le déclin de la production laitière comme phénotype de tolérance à la chaleur:

Une grande quantité de données peut être collectée (données d'enregistrement du troupeau et données de la station météo).

3. Une grande population de référence peut être constituée pour estimer la valeur de reproduction estimée du génomique, sous la forme d'écart de trait de fille (DTD).

Il peut être calculé pour ce trait pour presque tous les taureaux génotypés.

4. La sélection de la tolérance à la chaleur sur la base du phénotype et du pedigree est susceptible d'avoir des taux de gain génétique lents, étant donné l'héritabilité du caractère et du long intervalle de génération dans la sélection traditionnelle chez les vaches laitières.



## D) Modifications génétiques - Sélection génomique pour la tolérance à la chaleur chez les bovins laitiers australiens (Nguyen et al, 2016)

### Sélection génomique

- permettant aux jeunes taureaux (et génisses) à choisir sur leur génomique estimation valeur génétique de tolérance à la chaleur (GEBV), ainsi que sur d'autres traits.

### pour la tolérance à la chaleur

- La mise en œuvre d'un GEBV pour la tolérance à la chaleur est avantageuse car presque tous les jeunes taureaux laitiers sont déjà génotypés...

### est une alternative attrayante

- ... Le coût marginal de la GEBV supplémentaire est très faible.

# D) Modifications génétiques - Protéines de stress thermique (HSP) impliquées dans la thermotolérance chez les races

## HSP

- Les protéines de choc thermique (HSP) aident les protéines cellulaires à acquérir l'homéostasie cellulaire

## Singh et al. (2017)

- Une étude parmi dans les races de moutons indiens indigènes a montré comment la thermotolérance est modulée par polymorphisme du gène HSP90 et HSP70 et son association avec des paramètres hémato-physio-biochimiques, soutenus par leurs profils d'expression dans Chokla, Magra, marwarî et Madras rouge races de moutons

## Selon les résultats:

- L'analyse de l'expression des gènes a révélé un modèle d'expression plus faible chez les animaux moins adaptés, avec la séquence d'adaptation suivante:
  - Madras Rouge <Magra <Chokla <Marwari

## D) Modifications génétiques - Implications

- ▶ L'exploitation des ressources génétiques autochtones est une alternative intéressante et prometteuse
- ▶ Trouver la race la mieux adaptée au type d'agroenvironnement correspondant (tempéré, tropical, subtropical, aride, semi-aride, désert, etc.) et au système de production reste un problème en suspens
- ▶ L'information génomique devrait améliorer la précision des valeurs de génétique estimées pour les caractères productifs et adaptatifs
- ▶ L'analyse des races thermotolérantes existantes par des techniques de biologie moléculaire révélera des marqueurs appropriés
- ▶ L'incorporation de ces marqueurs dans les programmes de sélection par la sélection assistée par marqueurs aidera le secteur de l'élevage à avoir à sa disposition plus d'animaux et races thermotolérants
- ▶ Les schémas de croisement pourraient être utilisés pour introduire des gènes favorables dans la population d'intérêt

# Conclusion

- ▶ Les systèmes extensifs (élevage de ruminants) basés principalement sur la productivité des pâturages seront considérablement affectés par le changement climatique
- ▶ Les ajustements nécessiteront des modifications sur
  - ▶ Les espèces et proportion d'animaux d'élevage (L'élevage dans certaines régions peut nécessiter des changements dans les espèces à nourrir. Par exemple du boeuf au mouton)
  - ▶ La gestion des pâturage (heure, durée, lieu)
  - ▶ Les aliments complétés
  - ▶ Les systèmes d'approvisionnement en eau
  - ▶ La gestion de la reproduction
  - ▶ Le fonctionnement de la ferme *d' élevage (investissements, personnel, etc.)*
  - ▶ *Stratégie de vente des produits*

# Conclusions

- ▶ La combinaison des stratégies présentées pour la gestion des animaux face au changement climatique permettra aux populations humaines de satisfaire leurs besoins alimentaires
- ▶ Les stratégies visent principalement à réduire la chaleur produite par les animaux pendant la période de températures élevées, mais alourdissent les coûts de production, car elles entraînent des coûts d'exploitation et des installations fixes plus élevés.



► Merci pour votre attention!

