

**Impacts du changement climatique sur les systèmes
d'élevage et les grandes cultures : résultats du
programme ACTA 2007-2009**

J.C. Moreau, Stéphane Poisson, Philippe Gate, B. Lacroix, Josiane Lorgeou,
Francoise Ruget

► **To cite this version:**

J.C. Moreau, Stéphane Poisson, Philippe Gate, B. Lacroix, Josiane Lorgeou, et al.. Impacts du changement climatique sur les systèmes d'élevage et les grandes cultures : résultats du programme ACTA 2007-2009. Climator 2010, Jun 2010, Versailles, France. hal-02758536

HAL Id: hal-02758536

<https://hal.inrae.fr/hal-02758536>

Submitted on 4 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Impacts du changement climatique sur les systèmes d'élevage et les grandes cultures : résultats du programme ACTA 2007-2009.

J-C. Moreau¹, S Poisson¹, P. Gate², B. Lacroix², J Lorgeou², F Ruget³

¹ Institut de l'Élevage, Service FCTA

² ARVALIS - Institut du Végétal

³ INRA, UMR EMMAH, Avignon, France

Les changements climatiques et l'effet direct de l'augmentation du taux de CO₂ ont déjà et auront un impact significatif sur la durée des cycles de culture et l'élaboration des rendements, ainsi que sur les conditions de culture, voire leur relocalisation. Quand on évoque l'élevage on pense également à des conséquences sur la saisonnalité de la ressource en herbe, et sur les équilibres à l'échelle du système entre pâture et récolte des prairies, ou entre prairies et maïs fourrage.

Ceci justifie des travaux de prospective au sein des instituts techniques, ainsi ARVALIS - Institut du végétal et l'Institut de l'Élevage ont proposé en 2006 de travailler ce sujet, avec la collaboration de l'INRA et de Météo France, dans le cadre d'un appel à projets du Ministère de l'Agriculture via le COS de l'ACTA.

Le développement du programme aura inclus in fine plusieurs étapes nécessitant chacune des mises au point méthodologiques:

- la caractérisation des changements climatiques à venir et l'exploration des changements déjà perceptibles
- la modélisation à l'échelle des cultures (maïs, prairie de graminées, luzerne, blé) avec d'une part l'estimation de l'incidence du changement climatique sur les rendements, les stades physiologiques et les besoins en eau, et d'autre part l'intégration de l'effet de l'augmentation du CO₂ atmosphérique
- la mobilisation d'experts pour concevoir des adaptations, agronomiques et zootechniques, avec dans certains cas une réflexion portée à l'échelle des systèmes et de leurs composantes

L'un des enjeux de ce programme étant de porter la question du changement climatique au niveau des responsables professionnels du monde agricole, et de dégager des thèmes d'études pour la Recherche et le Développement, les résultats partiels ont été discutés avec ces responsables, tout au long de l'étude.

Avec la collaboration avec Météo-France, les modèles de cultures mis au point ont tourné sur une gamme de sites couvrant les principaux contextes pédo-climatiques représentés en France métropolitaine, permettant ainsi une bonne approche des effets du changement climatique en lien avec les conditions de la production agricole. De façon à effectuer une régionalisation simple et robuste, Météo-France a mis à disposition pour l'étude les données observées sur 27 ans de 34 stations météorologiques, et les données climatiques simulées (modèle ARPEGE Climat) pour les scénarios A2 et B1 (235 mailles couvrant l'intégralité du territoire métropolitain) et trois périodes : 1970-2006, 2020-2049 (futur proche), 2070-2099 (futur lointain).

Intérêt du programme au niveau des méthodes et des outils

Par rapport aux données climatiques

Dans le cadre de notre étude, il nous est apparu important de se doter d'une représentation synthétique de l'évolution du climat. Les traitements par Analyse Factorielle Multiple Spatialisée ont permis ainsi de montrer comment les zones climatiques actuelles pourraient se déformer, ou comment de nouveaux climats pas encore présents sur le territoire national pourraient apparaître. Cette projection territoriale des climats a servi de base à d'autres travaux comme par exemple l'étude des aléas par « saison pratique » telle que nous l'avons menée pour la prairie.

Par rapport aux modèles de culture

Des adaptations du modèle STICS ont pu être conçues dans le cadre de cette étude pour étendre l'éventail possible d'utilisation du modèle dans les gammes de température élevée qui devraient apparaître dans le cours de ce siècle, par expertise s'appuyant sur des observations multirégionales datant des dernières années très chaudes. Cette étude a été l'occasion de mettre au point un paramétrage de STICS pour la simulation de la luzerne.

Parallèlement, des remises en cause des processus utilisés jusqu'à présent pour représenter les influences du climat sur le remplissage des grains des céréales (blé et maïs), ont été entreprises, afin

d'être à même de mieux représenter l'influence des futures contraintes climatiques (échaudage du blé en particulier). Ces travaux ont seulement été initiés dans le cadre de ce projet. Dans l'attente, STICS n'a pas été utilisé sur la culture du blé, mais il l'a été sur le maïs en s'appuyant sur un ajustement satisfaisant.

A l'échelle du système ,

La réflexion sur les conséquences du changement climatique au niveau du système de production n'a pu être menée que sur les systèmes d'élevage. Ceci a été l'occasion pour l'institut de l'Élevage d'associer une douzaine d'équipes régionales du dispositif « réseaux de références » à une réflexion de fond sur la nécessaire adaptation des systèmes et sur les voies possibles de cette adaptation.

Quelques résultats et conclusions en grandes cultures

Maïs fourrage et maïs grain

Pour chacun des 31 postes météo concernés par le maïs actuellement, nous avons défini un itinéraire technique standard d'aujourd'hui représentatif en moyenne de la région considérée et un autre itinéraire de première adaptation aux conditions futures (avec semis plus précoce et emploi de variétés plus tardives), en conduite irriguée ou non selon la région et pour 3 types de sol (RU différentes).

En adaptant précocité et date de semis, le futur proche (2020 – 2049) apparaît favorable au maïs: L'anticipation des stades permettrait de positionner les cycles de manière plus profitable par rapport au rayonnement, de récolter les maïs grain à des taux d'humidité plus faibles (économie de frais de séchage), et d'obtenir une hausse significative des rendements, en tenant compte de l'effet favorable de l'augmentation de la teneur en CO₂, au niveau de la production, mais surtout au niveau de la réduction des besoins en eau, effets qui sont assez discutés.

Pour le futur lointain la perspective est moins favorable malgré l'adaptation des itinéraires techniques: L'anticipation encore plus grande des stades ne pose pas de problème, mais le maintien de niveaux élevés de rendements en irrigué est sous la dépendance de la confirmation de l'effet CO₂ (efficacité de la photosynthèse et réduction de la transpiration) et de ressources en eau permettant la satisfaction de besoins en eau plus importants. En sec, les niveaux de rendements ne se maintiennent que dans les situations favorables (sols profonds et zones où le stress hydrique ne s'accroît pas trop).

Adaptation des cycles, création de ressources en eau, développement des stratégies d'esquive (semer le plus tôt possible des variétés pas trop tardives pour éviter les stress hydriques de plein été) et sélection de génotypes adaptés aux fortes températures et au manque d'eau sont les pistes d'adaptation les plus importantes.

Blé

Dans un premier temps, notre travail a consisté à analyser les capacités de STICS à simuler correctement le rendement du blé en le séparant en deux composantes (nombre de grains et poids des grains). Cette première analyse a permis de proposer les bases de formalismes à modifier dans STICS, aussi bien pour le déterminisme du nombre de grains (paramétrage) que pour la définition de la taille maximale des grains et leur remplissage.

Une étude complémentaire menée avec le logiciel Panoramix a été conduite dans le but de préciser comment les risques climatiques affectant ces composantes ont évolué dans le passé, et comment ils se présenteront dans le futur, sachant que les stades épi à 1cm et épiaison seraient anticipés au rythme de 3-4 jours par pas de 20 ans en moyenne. Il apparaît ainsi qu' hormis dans quelques régions, l'anticipation des stades se révélerait insuffisante pour maintenir un niveau identique des risques relatifs aux stress finaux (épisodes de sécheresse, jours échaudants) agissant respectivement sur le nombre de grains et le poids des grains.

Ceci doit inciter à obtenir des dates d'épiaison précoces dans la plupart des régions sans toutefois semer à des dates trop précoces ce qui générerait d'autres risques. Il convient donc à l'avenir de concevoir des variétés nouvelles plus précoces à l'épiaison, mais néanmoins stables au stade épi à 1cm. Par ailleurs, d'autres adaptations peuvent être envisagées par rapport aux itinéraires de culture:

préparations du sol simplifiées afin de mieux conserver l'état d'humidité et de ne pas rompre les remontées capillaires possibles, recours à des cultures intermédiaires (légumineuses)...

Production fourragère et systèmes fourragers : quelques résultats et perspectives

Evolution de la Production nette (effet CO₂ inclus) et de la saisonnalité:

Les simulations STICS avec prise en compte de l'effet du CO₂ modifient significativement l'effet attendu du climat futur, mais de manière contrastée selon les régions et la période (futur proche/lointain): en sol à faible réserve utile (RU) le Nord-Ouest de la France verrait d'abord un rendement inchangé, puis un rendement en baisse, tandis que dans une zone allant du Sud-Ouest au Jura le rendement serait d'abord à la hausse, puis à la baisse. Dans le Sud-Est, il augmenterait quelle que soit la période. En sol à RU élevée, le comportement diffère, avec notamment une zone de bordure atlantique où les rendements évolueraient de manière toujours favorable, y compris dans le futur lointain et le scénario A2.

Les rendements annuels en luzerne (pour un objectif de 4 coupes) sont systématiquement augmentés, quel que soit le scénario pour presque tous les sites en sol superficiel, et de manière plus marquée en sol profond.

Le calcul d'un indicateur de faisabilité de la récolte par rapport à la pluviométrie montre qu'excepté en Pays de Loire, en Champagne et dans le Massif Central, les conditions de réalisation de fauches précoces seraient détériorées dans le futur proche, pour devenir en moyenne plus favorables dans le futur lointain (A2).

Plus que le sens de l'évolution de la production à l'échelle de l'année, c'est son recalage saisonnier qui pourrait avoir des effets majeurs sur la reconfiguration des systèmes fourragers, avec

- l'apparition d'un potentiel de production hivernale non négligeable en façade Ouest du Pays,
- l'apparition d'un creux estival de production de plus en plus marqué au fur et à mesure qu'on se déplace du Nord-Est vers l'Ouest et le Sud-Ouest et que l'on se dirige vers la fin du siècle
- une date de première exploitation ou de mise à l'herbe en prairie de graminées plus précoce
- corrélativement, une pousse automnale pouvant être importante et tardive, mais relativement aléatoire et pas toujours accessible au pâturage (accroissement des problèmes de portance liés à l'excès d'eau)

Incidences à l'échelle du système

Dans le futur proche, en faisant abstraction des autres leviers d'évolution (règles de la PAC, coût des intrants, etc...), les adaptations au changement climatique seraient finalement de faible ampleur. Le contraste serait fort avec le futur lointain, qui serait marqué par le recul du pâturage (étés longs et secs) et la nécessité de recourir davantage aux stocks avec un besoin estival supérieur au besoin hivernal. Dans les systèmes y faisant appel, la part du maïs dans l'élaboration des stocks serait amenée à croître, en même temps qu'augmenterait la part de prairie à faucher dans les systèmes sans maïs. Dans plusieurs cas, la mise en place d'autres cultures fourragères à stocks, telles que la Luzerne ou le sorgho grain ensilé sera à envisager, et limiterait la baisse du chargement. Dans d'autres systèmes, c'est l'introduction du pâturage hivernal qui est envisagée, voire celle de cultures intermédiaires (RGI, céréales pâturées). Généralement, ces adaptations n'iront pas dans le sens de la réduction des coûts et du travail et pourront remettre en cause certaines productions (agneaux d'herbe par exemple...)

Conclusions transversales

L'évolution des impacts du changement climatique ne sera pas linéaire, ce qui ne facilitera pas la mobilisation des sphères professionnelles: dans le futur proche, sauf pour le blé, il peut y avoir certains avantages au changement mais vers la fin du siècle cela se dégraderait pour certaines cultures, surtout dans le scénario A2.

L'importance de l'effet du CO₂ par rapport au signe des évolutions de rendement (dans de nombreux cas : + avec, - sans) et les incertitudes sur l'amplitude exacte des effets induits suggèrent fortement que des travaux complémentaires sont nécessaires pour préciser le comportement de certaines espèces sur tout leur cycle de culture sous l'effet conjoint d'un accroissement du taux de CO₂ et de plus fortes températures.

Par ailleurs, cette étude confirme que des améliorations génétiques seraient souhaitables dans la tolérance aux fortes températures et à la sécheresse du maïs ou des graminées prairiales cultivées, de même que pour le blé, en termes de calage de cycle par rapport aux événements climatiques défavorables.

D'avantage dans le champ de compétences des instituts techniques, il y a par ailleurs de nombreux travaux (observations, expérimentations, comparaisons entre zones) à mener pour mettre au point des itinéraires techniques alternatifs en grande culture ou, dans le secteur de l'élevage, pour préciser de nouveaux modes d'emploi de la prairie.

Références bibliographiques

- Gate P, Vignier L, Deudon O, Gouache D (2009) : Changement climatique : impact sur le blé en France et pistes d'adaptation, *Colloque « Changement climatique : Conséquences et enseignements pour les grandes cultures et l'élevage herbivore »*, Paris Octobre 2009, pp 73-84
- Gate P (2009) : Les raisons du plafonnement des rendements. *Perspectives Agricoles N°365* Avril 2009 pp 6-12.
- Lacroix B, Ruget F, Lorgeou J, Souverain F (2009) : Impact du changement climatique sur maïs grain et maïs fourrage, questions posées et pistes d'adaptation, *Colloque « Changement climatique : Conséquences et enseignements pour les grandes cultures et l'élevage herbivore »*, Paris Octobre 2009, pp 73-84
- Lorgeou J, Piraux F, Ruget F, Lacroix B, Renoux JP, Charcosset A (2009) : Maïs grain, une progression des rendements soutenue par le progrès génétique. *Perspectives Agricoles N°355* Avril 2009 pp28-35.
- Moreau J-C, Ruget F, Ferrand M, Souverain F, Poisson S, Lannuzel F, Lacroix B (2008) : Prospective autour du changement climatique : adaptation de systèmes fourragers, 15^{èmes} 3R, 8p
- Moreau J-C (2009): Prospective à l'échelle des systèmes d'élevage herbivore, adaptations et pistes de réflexion, *Colloque « Changement climatique : Conséquences et enseignements pour les grandes cultures et l'élevage herbivore »*, Paris Octobre 2009, pp 113-136
- Ruget, F (2009) : Impact du changement climatique sur la luzerne et la prairie, disparités régionales, *Colloque « Changement climatique : Conséquences et enseignements pour les grandes cultures et l'élevage herbivore »*, Paris Octobre 2009, pp 104-111
- Ruget F, Abdessemed A, Moreau J.-C (2008): Impact of global climate change scenarios on alfalfa production in France .*Congrès EGF*, Uppsala, 3p