

Premiers éléments de prospective sur les conséquences des changements climatiques : impacts sur les prairies, le maïs et les systèmes fourragers

J.-C. Moreau¹, J. Lorgeou²

Pour déterminer les conséquences du changement climatique sur les systèmes d'élevage et proposer des pistes d'adaptation, il est nécessaire au préalable d'identifier ses effets sur les principales cultures fourragères et les adaptations possibles des systèmes fourragers.

RÉSUMÉ

Une étude basée sur la modélisation de la plante et du système fourrager vient d'être démarrée par l'Institut de l'Élevage et Arvalis-Institut du végétal. Elle s'appuie sur des séries climatiques de 30 ans et étudie 2 scénarios de projections se différenciant par la concentration en CO₂ en 2100. Les premiers éléments de prospective et quelques pistes de réflexion pour l'adaptation des systèmes fourragers sont présentés. En France, l'évolution climatique semble assez contrastée selon les régions. Le changement climatique (réduction de la pluviométrie estivale et des cycles de cultures mais augmentation du taux de CO₂ et de la période de croissance des prairies...) a des effets parfois antagonistes sur la production, qui justifient l'utilisation de modèles pour en faire la synthèse. Le maïs, plante d'origine tropicale, présente des atouts importants lorsque l'alimentation hydrique n'est pas limitante.

MOTS CLÉS

Changement climatique, eau, évolution, France, maïs fourrage, prairie, prévision, sécheresse, système fourrager, température.

KEY-WORDS

Change in time, climatic change, drought, forage maize, forage system, forecast, France, grassland, temperature, water.

AUTEURS

1 : Service Fourrage et Conduite des Troupeaux Allaitants, Institut de l'Élevage, F-31321 Castanet Tolosan cedex ; jean-christophe.moreau@inst-elevage.asso.fr

2 : ARVALIS - Institut du Végétal, F-91720 Boigneville ; j.lorgeou@arvalisinstitutduvegetal.fr

1. Les projections climatiques incitent à la prospective

Il ne fait plus de doute pour personne que le réchauffement climatique en cours (rapport de synthèse 2007, GIEC) aura des conséquences sur la production agricole, en particulier sur la durée des cycles des cultures et les dates de récolte, les rendements des cultures et prairies, la pression en adventices, maladies et ravageurs des cultures, les besoins et la disponibilité en eau. Cause directe de ce réchauffement par sa contribution à l'effet de serre, l'enrichissement de l'atmosphère en CO₂ aura par ailleurs des effets, sur le rendement de la photosynthèse, différents selon les types de plantes. **L'intérêt respectif des différentes cultures dans les systèmes de production actuels est donc susceptible d'être modifié, bouleversant les filières et les équilibres en place.**

L'ampleur des changements prévisibles justifie des travaux de prospective sur les voies d'adaptation des systèmes de culture et d'élevage au travers des évolutions des assolements, des itinéraires techniques et de la conduite des troupeaux.

C'est dans le cadre de la prise en compte de cette problématique que Arvalis-Institut du Végétal et l'Institut de l'Élevage ont proposé, avec la collaboration de l'INRA et Météo France, de travailler ce sujet lors d'un appel d'offres du Ministère de l'agriculture *via* le Conseil d'orientation scientifique de l'ACTA (Association de Coordination des Instituts Techniques Agricoles).

2. Une étude sur 3 ans en plusieurs étapes

■ Les enjeux : porter la question du changement climatique au niveau du système, dégager des thèmes d'études pour la Recherche et le Développement

Certaines années de ce début de siècle, considérées comme exceptionnelles, préfigurent peut-être ce que pourra être une année normale à la fin de ce même siècle. Les éleveurs ont déjà dû s'adapter dans l'urgence aux sécheresses de 2003 ou 2005, souvent en recourant à des mesures palliatives onéreuses et pas forcément envisageables à long terme (achats de fourrages, semis aléatoires de dérobées, ensilage de céréales à paille immatures).

Par rapport aux sécheresses, qui ne sont qu'un des aspects du changement climatique, il y a donc bien deux questions à traiter :

- **La sécheresse en tant qu'aléa climatique peu fréquent** : gérer l'aléa est alors une question de configuration du système fourrager (certains systèmes s'y exposent plus que d'autres), mais c'est aussi une question de gestion technique et de mise en œuvre de mesures palliatives.

- **La sécheresse** non plus en tant qu'aléa mais **en tant qu'état fréquent et prévisible du climat à une saison donnée**. Un bilan hydrique défavorable n'est pas alors la caractéristique unique ; il faut également prendre en compte les températures élevées sur une longue durée, la nutrition azotée, leur impact sur l'évolution de la végétation.... S'adapter est notamment une question de réglage des équilibres suivants : fourrages annuels / herbe, maïs ou sorgho / possibilités d'irrigation et, pour les prairies, stock / pâture... Ceci, en tenant compte des contraintes propres à chaque exploitation et sans oublier les adaptations zootechniques : niveau de production, dates de mises bas par exemple. Ce type de questionnement vaut aussi pour des systèmes de culture, mais avec d'autres variables d'ajustement (rotations, choix de variétés et d'itinéraires techniques...).

C'est principalement par rapport au deuxième point que l'Institut de l'Élevage et Arvalis-Institut du Végétal ont défini ensemble une étude d'une durée de 3 ans visant à définir les conséquences possibles du changement climatique sur des systèmes d'élevage et de grandes cultures. L'objectif est également d'identifier les voies d'adaptation possibles des systèmes et les questions que cela pose à la Recherche et au Développement. Plusieurs étapes sont programmées :

- l'exploration des changements déjà perceptibles ;
- la caractérisation des changements climatiques à venir ;
- la modélisation à l'échelle de la plante, avec la définition de l'incidence du changement climatique sur les rendements, les stades physiologiques, l'accès à la ressource, les besoins en eau... et, dans un deuxième temps, l'intégration de l'effet de l'augmentation du CO₂ atmosphérique ;
- la modélisation à l'échelle des systèmes, avec mobilisation d'experts pour concevoir des adaptations.

La remise des **conclusions de l'étude** est prévue **pour mai 2009** ; cet article n'a donc pas l'ambition d'anticiper sur ce qui va nécessiter encore beaucoup d'investigations mais plus modestement de **poser un certain nombre de jalons par rapport aux voies possibles d'adaptation des systèmes fourragers**, à partir de ce qu'on peut prévoir au niveau de la prairie et du maïs, en relation avec les changements climatiques.

■ Matériel et méthodes : la modélisation pour nourrir la réflexion, mais aussi des observations de terrain

En ce qui concerne les cultures fourragères, **12 stations météo représentatives des grandes zones d'élevage** ont été retenues après concertation avec les partenaires du projet et s'être assuré de la disponibilité de l'ensemble des données portant sur :

- **les modes de conduite** principaux **des prairies** présentes dans la région, inscrits dans le cadre de systèmes utilisateurs, eux aussi décrits et modélisés (cas types) ;
- la caractérisation de sols représentatifs ;

- **4 séries climatiques de 30 ans** dont une série correspondant aux données réelles fournies par Météo France sur la période 1975-2004 (Obs) et trois séries issues du générateur climatique Arpège : une série de référence sur la période 1960-1989 (Réf), la série correspondant au scénario A2 à l'horizon 2070-2100 (805 ppm de concentration en CO₂ à la fin du siècle) et la série concernant le scénario B2 (605 ppm en 2100).

Plusieurs modèles ont été retenus pour étudier les conséquences du changement climatique à partir des 4 séries précitées (BRISSON *et al.*, 2005) au niveau de la prairie, du maïs et du blé : des modèles de développement et d'estimation du rendement de Arvalis-Institut du végétal et STICS, dont la version 6 qui permet d'intégrer l'effet d'un accroissement du taux atmosphérique de CO₂ sur l'activité photosynthétique.

3. Résultats préliminaires au terme de la première année

■ Un changement climatique contrasté selon les régions

Les estimations d'augmentation des températures moyennes à l'échelle de la France entre les périodes 1961-1990 (période de référence) et 2071-2100, sont de 1,9 à 4,6 °C (fourchette de vraisemblance), avec une élévation plus prononcée en été et durant l'automne. Concernant les précipitations, les projections sont entachées de plus grandes incertitudes (40%). Toutefois, les météorologues concluent pour la fin du siècle à une modification de leur répartition géographique et saisonnière, avec une amplification des disparités actuelles entre le nord et le sud, entre l'hiver et l'été. La fréquence des événements extrêmes (canicule, sécheresse, pluies violentes, tempêtes, etc.) augmenterait vraisemblablement. Les années 2003, 2005 et 2006 qui se sont illustrées par des cumuls thermiques exceptionnels préfigureraient des années normales de la fin du siècle.

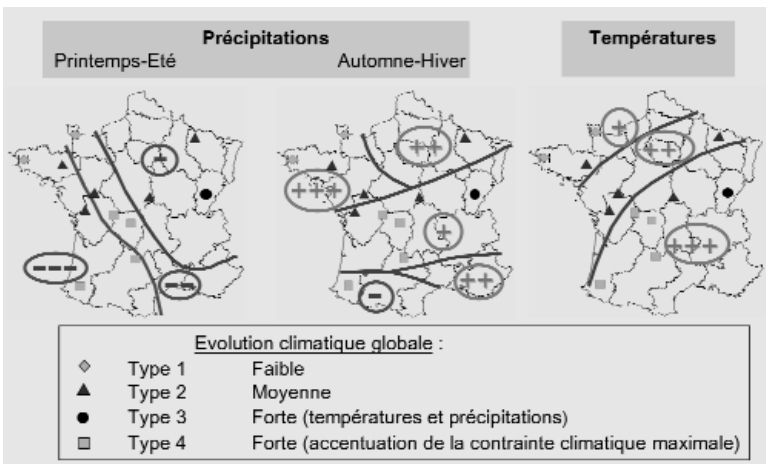


FIGURE 1 : Représentation schématique des évolutions prévues pour la période 2070-2100 dans le cadre du scénario A2 et localisation des 12 sites retenus par l'Institut de l'Élevage.

FIGURE 1 : Schematic representation of the prospective changes for the period 2070-2100 in the hypothesis A2 and location of the 12 sites considered by Institut de l'Élevage.

A partir des **évolutions prévues pour la période 2070-2100 dans le cadre du scénario A2** (figure 1), **4 types de changements climatiques peuvent être identifiés** :

- type 1 : augmentation de la pluviométrie importante en hiver, dans le nord océanique de la France et les côtes de la Manche (zones les moins touchées par la sécheresse) ;

- type 2 : baisse des précipitations au printemps et en été, plus marquée pour les stations de l'ouest ; évolution des températures pouvant être assez élevée, dans les régions du centre ouest et du centre est (stations médianes en termes d'évolution climatique) ;

- type 3 : très forte augmentation de température et fort déficit de précipitations en été, dans le Jura et les montagnes de l'est ;

- type 4 : accentuation de la contrainte climatique maximale : baisse des précipitations en toutes saisons et surtout l'été et très forte augmentation des températures, dans les régions du Sud-Ouest et de l'ouest du Massif central.

■ Production des prairies : les conséquences ne sont pas toutes défavorables

L'aspect le plus négatif et le plus spectaculaire du changement climatique habituellement mis en avant par les médias est la survenue de périodes de plus en plus longues sans précipitations. Effectivement, la fréquence d'épisodes sans pluies, par exemple de plus de 30 jours consécutifs situés entre le 1^{er} juin et le 15 août, pourrait s'accroître de 10% (Ouest, bordure nord Atlantique) à 20% (bassin de l'Adour) d'ici la fin du siècle. Mais, hors ces aléas, la tendance de fond serait bien à une réduction moyenne de la pluviométrie estivale, plus forte dans le scénario A2 que dans le scénario B2, et plus forte dans le Sud-Ouest et les marges du Massif central que dans le Nord-Ouest (tableau 1).

Par ailleurs, l'évapotranspiration va s'accroître, en lien avec une hausse des températures localement élevée, de sorte que **les déficits hydriques calculés pourraient apparaître de manière nettement plus précoce dans les zones dont les sols ont une faible capacité**

TABLEAU 1 : Dans les 12 sites retenus par l'Institut de Elevage, évolution de 2 indicateurs de dégradation des conditions moyennes d'alimentation hydrique entre les périodes 1960-1990 (Réf) et 2070-2100 (scénarios A2 et B2).

TABLE 1 : On the 12 sites considered by Institut de l'Elevage, evolution of 2 indicators of degradation of the average conditions of water supply between the periods 1960-1990 (Réf) and 2070-2100 (hypotheses A2 and B2).

	Précipitations cumulées juin-juillet-août (mm*)		Apparition d'un déficit hydrique significatif (jours*)	
	A2 – Réf	B2 – Réf	A2 – Réf	B2 – Réf
Baupré (50)	- 37	- 10	- 2	- 13
Bourganeuf (23)	- 72	- 34	- 11	- 14
Brest (29)	- 43	- 18	- 7	- 15
Figeac (46)	- 80	- 37	- 27	- 11
Le Dorat (87)	- 64	- 30	- 41	- 32
Metz (57)	- 53	- 4	- 30	- 31
Nevers (58)	- 60	- 17	1	6
Niort (79)	- 53	- 22	- 18	- 20
Pau (64)	- 92	- 52	- 14	- 4
Pontarlier (25)	- 103	- 34	0	0
Rennes (35)	- 50	- 16	- 18	- 20
Thouars (79)	- 51	- 18	- 18	- 14

* écart des scénarios A2 et B2 (respectivement 805 et 605 ppm de concentration en CO₂ en 2100) par rapport à la série de référence, Réf

de rétention en eau : par exemple un mois plus tôt à Figeac, zone des ségalas, quel que soit le scénario. C'est assurément une tendance dont il faudra tenir compte pour la conduite des prairies et la culture de maïs.

Le réchauffement pourrait ne pas présenter que des inconvénients. On peut espérer **des possibilités de mise à l'herbe plus précoce** comme l'indique un calcul basé sur les sommes de températures (figure 2) : 8 à 12 jours pourraient être gagnés selon les scénarios, de manière très variable selon les sites (LEVET, 2006). A noter que le même type de calculs réalisés sur la série climatique 1975-2005, scindée en deux périodes de 15 ans, montre qu'on avait déjà gagné ainsi 8 jours en moyenne entre les deux sous-périodes : 2 jours seulement à Pau mais 16 jours à Pontarlier. De même à l'automne, la baisse très importante du nombre de jours de gel et la hausse générale des températures laisse espérer des possibilités de rentrer les animaux beaucoup plus tard. C'est **l'excès de précipitations qui pourrait dans certaines situations limiter l'accès à la ressource**, par des problèmes de portance des sols notamment. Ainsi, on a pu établir que, par exemple à Bauppte (Manche), la fréquence des épisodes de fortes précipitations (plus de 80 mm en moins de 5 jours entre le 1^{er} novembre et le 31 décembre) pourrait doubler et affecter la fin de la période de pâturage près de 4 années sur 10 dans le scénario A2 en fin de siècle. A l'opposé, dans la région de Pau, ce risque disparaîtrait, rendant un pâturage tardif enfin envisageable.

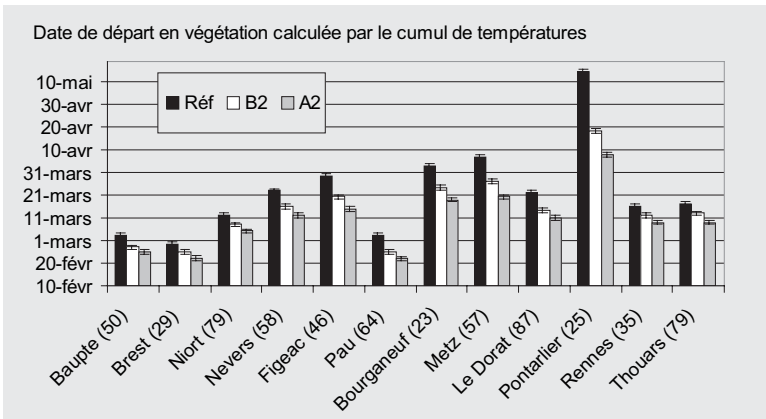


FIGURE 2 : Evolution des dates de départ en végétation dans les 12 sites retenus, selon le scénario de changement climatique (A2 et B2) et dans la situation de référence (Réf).

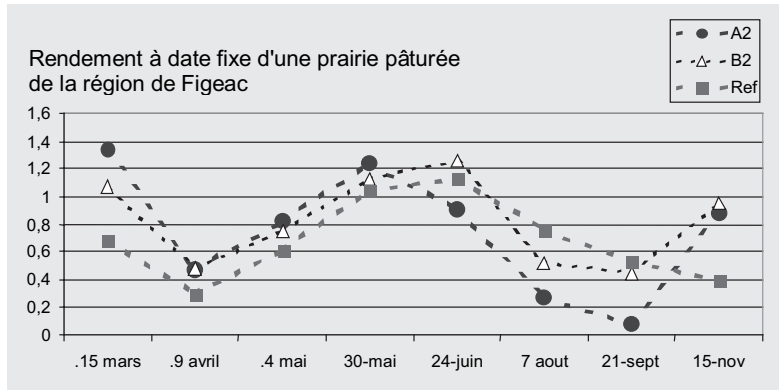
FIGURE 2 : Changes in the dates of the start of vegetation on the 12 sites considered, according to the hypothesis of climatic change (A2 et B2) and the situation of reference (Réf).

Dans le sud-ouest du Massif central par exemple, et par rapport à un itinéraire technique assez intensif, les simulations réalisées à l'aide de STICS (cf. RUGET *et al.*, 2006) montrent, hors effet de la concentration CO₂, que le changement climatique a un effet plutôt positif sur le rendement des prairies (figure 3). Cependant, la production serait très affectée l'été car, dans le scénario A2, le rendement entre le 7 août et le 21 septembre serait nul 4 années sur 5.

L'amélioration du rendement au 15 mars suggère qu'une première exploitation précoce, vers le 20 février, serait possible. De même, la quantité d'herbe disponible le 15 novembre dans les scénarios A2 et B2 permet de penser que la rentrée des animaux à l'étable pourrait s'effectuer 2 à 3 semaines après cette date. Ces

FIGURE 3 : Un exemple d'évolution au cours de l'année de la biomasse moyenne utilisable produite par une prairie : cas de la zone sud-ouest du Massif central (baisse des précipitations en toutes saisons, surtout l'été, et très forte augmentation des températures).

FIGURE 3 : *Example of the change during the year of the mean useable biomass produced by a pasture : case of the south-western Massif central (reduced rainfall all the year, mainly in summer, and very large increase of the temperatures).*



simulations doivent être réalisées sur chaque site pour des itinéraires techniques différents. Les résultats constitueront le matériau d'une réflexion à l'échelle des systèmes.

Des expérimentations au champ maïs en situation d'alimentation hydrique non limitante ont montré que **l'augmentation du taux de CO₂ pouvait avoir un impact positif sur le rendement**. Après calage du modèle STICS, il nous faudra vérifier cet effet dans le cadre d'une prairie sous contraintes. Par ailleurs, nous n'avons pas pu intégrer l'effet des fortes chaleurs sur la baisse de production d'un peuplement de graminées herbacées dont la croissance est fortement ralentie au-delà de 25°C ; pourtant des observations de terrain ont bien montré lors des dernières sécheresses que ces canicules avaient pu entamer le potentiel productif de certaines prairies.

■ Maïs fourrage : le réchauffement climatique est déjà une réalité

Les projections climatiques à moyen et long terme s'inscrivent pour le maïs dans les tendances constatées ces 20 dernières années. En effet, 15 à 20% des hausses projetées ont déjà été réalisées sur la période 1990-2006, avec une augmentation moyenne des sommes de températures cumulées entre le 21 avril et le 31 octobre de l'ordre de 120 degrés jours aux seuils 6-30°C (100 à 150 °j selon les stations). Ceci correspond à une différence de près de deux groupes de tardiveté des variétés. Cette évolution s'est aussi traduite concrètement, sans changement de tardiveté de variétés, par des récoltes à des teneurs en matière sèche plus élevées de 5 à 8 points, des dates de floraison avancées de 5 à 7 jours et de maturité de 12 à 20 jours. L'avancement des dates de semis de 5 à 15 jours a amplifié ces tendances.

- Atouts et handicaps des plantes en C4 comme le maïs

Le maïs, d'origine tropicale, qui réalise une grande partie de son cycle en été, est adapté aux températures élevées. L'élévation des températures aurait une action positive sur son bilan photosynthétique dans les plages de températures inférieures à 30-32°C. L'augmentation de la photorespiration des plantes en C3 et leur sensibilité à

l'échaudage seraient des handicaps. En revanche, des teneurs en CO₂ plus élevées seraient mieux valorisées par les C3, alors que les concentrations actuelles en CO₂ ne sont pas limitantes pour les C4 qui présentent une très bonne efficacité photosynthétique. La bonne efficacité de l'eau des C4 est un atout. Elle serait d'autant meilleure que l'augmentation du CO₂ aurait un effet "antitranspirant". Mais cet avantage pourrait être réduit du fait d'une diminution des précipitations estivales qui créerait des déficits hydriques. Cette première approche confirme que **la synthèse des effets bénéfiques et défavorables est difficile à réaliser sans faire appel à l'utilisation de modèles de simulations de culture**. Elle met en évidence aussi que **la qualité de la représentation** des phénomènes et de leurs interactions **dans les modèles est déterminante sur les conclusions qui peuvent être tirées** de simulations.

- Variétés plus tardives et amélioration de l'efficacité de la photosynthèse

Les effets des températures seront significatifs à plusieurs niveaux. L'augmentation de la température tendra à **raccourcir les cycles des cultures** ce qui, en réduisant la durée d'interception du rayonnement, a **un effet négatif sur la production potentielle de biomasse**. Or cet effet peut être neutralisé par le choix de variétés à durée de cycle plus longue. Les calculs de sommes de températures montrent que le réchauffement climatique devrait conduire à étendre l'aire de culture du maïs en latitude et en altitude. Les simulations réalisées avec les jeux de données de la fin du siècle mettent en évidence, à même précocité de variétés, un raccourcissement des durées des différentes étapes d'élaboration du rendement, avec une accélération plus marquée sur la phase de croissance des grains que sur la phase végétative, liée à l'augmentation plus forte des températures en juillet, août et septembre.

Le maïs **valorise bien les températures élevées**, avec des optima de rendement de la photosynthèse compris entre 20 et 30°C. De ce fait, les conséquences du réchauffement climatique pourraient être bénéfiques. Dans les zones où la température est actuellement le facteur le plus limitant, tant en termes de durée de cycle des variétés pouvant être cultivées que d'efficacité de la photosynthèse, une augmentation des températures aurait un effet positif sur la production de matière sèche. Ce qui est le cas dans de nombreuses régions de culture de maïs fourrage. Dans les situations où les températures sont déjà élevées, avec des valeurs proches des optima durant une longue partie du cycle, les avantages seraient plus mitigés, même si le doublement de CO₂ peut être positif.

- Des effets variables selon les régions et les sols, des itinéraires techniques à optimiser

L'augmentation des températures, de par l'amélioration de l'efficacité de la photosynthèse lorsque les températures sont faibles, et la culture de variétés plus tardives devraient permettre potentiellement des **productions** de matière sèche **supérieures sous réserve que l'alimentation en eau ne soit pas trop limitante**. Les adaptations futures relèvent des mêmes principes que celles

amorçées ces 20 dernières années. Elles font aussi l'objet de nombreux travaux par ARVALIS-Institut du végétal suite aux sécheresses des années 2003, 2005 et 2006 et par anticipation des défis de demain. Les évolutions des techniques de culture risquent d'être différenciées selon la ressource en eau. Les premières simulations qui minimisent les risques de températures inférieures à -2°C et de séquences de nombre de jours qui cumulent moins de 2 degrés-jours par jour aboutissent à des dates optimales de semis qui se situeraient en moyenne vers le 15-20 mars. Mais l'évolution de la variabilité climatique, par un accroissement des enchaînements des séquences extrêmes, reste une très grande inconnue.

Les déficits hydriques estivaux obligeront à la mise en œuvre de **plusieurs stratégies complémentaires** : l'amélioration de la tolérance à la sécheresse du maïs, le recours à des choix techniques permettant l'esquive des périodes les plus sèches et des stockages des surplus de pluviométrie hivernale. Comme les répercussions du changement climatique porteront aussi sur tout l'environnement de la culture, d'autres effets pourraient ne pas être négligeables, tels que la minéralisation en azote des sols et sa cinétique, la compétition des adventices. Le parasitisme peut être modifié, avec un développement de ravageurs et de maladies typiques de climats plus chauds, avec une réduction de ceux des milieux froids et tempérés. L'analyse des conditions de culture rencontrées en Europe du Sud, en Europe de l'Est et aux USA devrait compléter les travaux de simulation engagés.

4. Premières conséquences prévisibles au niveau des systèmes fourragers et aspects à préciser dans la deuxième phase de l'étude

Selon des modalités qui restent en partie à préciser, les conséquences du changement climatique pour les prairies seront **variables selon les zones**, mais globalement on devrait observer un **rallongement de la période de pousse de l'herbe** avec à la fois un **démarrage en végétation plus précoce** et des possibilités de **repousses importantes à l'automne** permettant de rentrer les animaux plus tard, voire d'envisager du pâturage hivernal. Cependant, l'été, il y aura une période de sécheresse avec de fortes températures qui pourra être à la fois plus longue et plus fréquente. Il n'est pas certain que le rendement annuel soit affecté, surtout si on peut cerner l'impact positif d'un accroissement du taux atmosphérique de CO₂ (SOUSSANA, 2002) sur la photosynthèse et l'efficacité de l'eau. Toutefois, les repousses d'automne pourraient être hypothéquées par le fait qu'on risque d'avoir des couverts végétaux dégradés... Comment et jusqu'à quel niveau le potentiel productif des prairies pourrait-il être affecté ? Des études dans ce sens seraient fort utiles.

Les exploitations d'élevage devront continuer à faire des stocks mais celles qui n'en avaient pas trop l'habitude, notamment en systèmes bovins allaitants, devront dans certaines zones **envisager qu'une partie des stocks soit affectée à la redistribution d'été, alors qu'il en faudra sans doute moins pour l'hiver**. A partir des

cas types définis par les équipes animées par l'Institut de l'Élevage, les besoins en stocks d'herbe et de maïs au cours de l'année dans les différents systèmes vont être modélisés. Dans un certain nombre de situations, les besoins ne seront pas forcément supérieurs. Mais, il semble déjà évident que les exploitations devront entretenir **un stock de report plus important pour faire face aux aléas climatiques**.

Les premières cartographies de sommes de températures à l'horizon 2070 montrent que la plaine de Caen se retrouverait dans la situation du Sud-Ouest aujourd'hui. Cela pourrait ouvrir des perspectives **pour le maïs** dans cette région tout comme dans le Massif central. Mais **la question de la disponibilité en eau** reste à intégrer. Dans certaines zones, comme en Poitou-Charentes, la disponibilité en eau d'irrigation pourra être un facteur limitant au maintien de la sole dans cette région, même avec des itinéraires techniques adaptés (semis précoces de variétés précoces...). Le sorgho grain pourrait, dans une période de transition, être pour ces zones une alternative possible, mais vers la fin du siècle, lui aussi serait en difficulté. D'autres productions, comme l'ensilage de céréales immatures et l'utilisation de plantes fourragères dont la croissance s'effectue au printemps peuvent également présenter un intérêt sous réserve que leur rendement ne soit pas trop affecté par les températures élevées.

En dehors de l'espoir de trouver la plante miracle, productive avec peu d'eau et de fortes températures, s'adapter à l'aléa climatique consistera pour beaucoup d'éleveurs à diversifier les ressources fourragères pour la constitution de stocks (maïs, différentes espèces d'herbe, céréales immatures, luzerne, sorgho...) et, en ce qui concerne la prairie, à être plus souvent en mesure de valoriser tout ce qui est produit par les surfaces. Il faudra donc :

- **savoir anticiper sur les disponibilités à venir** : intérêt de l'observation (appréciation du stock d'herbe disponible), intérêt d'une meilleure valorisation des données météorologiques ;

- **savoir disposer d'une bonne diversité de prairies**, pour avoir des pousses échelonnées et mieux gérables, les pratiques dites de "déprimage" contribuant à la mise en place de cet échelonnement ;

- **savoir faucher "au bon moment"** (au bon stade, mais aussi en anticipant sur le besoin de repousses) : intérêt de modes de récolte diversifiés et souples (foin avec conditionnement, combiné à l'enrubannage et à l'ensilage en brins courts ; cf. PFLIMLIN, 1998).

Enfin, il faudra aussi se poser les bonnes questions par rapport aux **choix zootechniques** : dans certaines zones devenues très sensibles aux sécheresses estivales (ouest et sud-ouest du Massif central par exemple), vendre des broutards à l'automne pourra coûter très cher en complémentation. Il y aura peut-être intérêt dans certaines régions à vendre des broutards plus légers et (ou) à faire des vêlages plus précoces.

Intervention présentée au Journées de l'A.F.P.F.,
"Productions fourragères et adaptations à la sécheresse",
les 27-28 mars 2007.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BRISSON N., DÉQUÉ M., DIAZ R., DUCHARNE A., JUIN S., LEBONVALLET S. (2005) : "Utilisation des scénarios de changement climatique dans un modèle de culture", *Actes Séminaire STICS*, 17-18 mars 2005, Carry-le-Rouet, France, 6 pages.
- GIEC (2007) : *Bilan 2007 des changements climatiques. Résumé à l'intention des décideurs*, Paris, 29 Janv - 1er Févr 2007, 25 p.
- LEVET T. (2006) : *Impacts des changements climatiques sur la production des prairies en France*, mémoire de fin d'Etudes ENITA, 35 p + annexes.
- PFLIMLIN A. (1998) : "Risques climatiques et sécurités fourragères selon les régions d'élevage. Cas de la sécheresse", *Fourrages*, 156, 541-555.
- RUGET F, NOVAK S, GRANGER S. (2006) : "Du modèle STICS au système ISOP pour estimer la production fourragère. Adaptation à la prairie, application spatialisée", *Fourrages*, 186, 241-256.
- SOUSSANA J.F. *et al.* (2002) : "Impacts des changements climatiques et atmosphériques sur la prairie et sa production", *Fourrages*, 169, 3-24.

SUMMARY

First elements for a prospective study of the effects of climatic changes on pastures, maize and the forage systems

In order to determine the consequences of the climatic change on the animal farming systems and to propose ways of adapting these systems, it is first necessary to identify the reactions of the main forage crops to these changes, according to the stage, and the possible perturbations to the access to the water resource. The 'Institut de l'Élevage' and 'Arvalis-Institut du Végétal' have just started a study based on the modelling of the crop and of the forage system. The data used come from climatic series of 30 years, and work on two hypotheses differing by the CO₂ concentrations deemed to be attained in 2100. The first elements of these prospects are given, together with some reflections on how to adapt the forage systems. The climatic change in France seems to vary much among the different regions. This change (reduced summer rainfall and crop cycles, but increased CO₂ concentration and lengthened growth period of the pastures...) has sometimes divergent effects on production, which demands particularly accurate models. Maize, a crop of tropical origin, has important assets when the water supply is not limiting.