

Conséquences possibles des changements climatiques sur la production fourragère en France. II. Exemples de quelques systèmes d'élevage

F. Ruget¹, P. Clastre¹, J.-C. Moreau², E. Cloppet³,
F. Souverain³, B. Lacroix⁴, J. Lorgeou⁴

Les changements climatiques, maintenant certains, agissent non seulement sur les niveaux de production des ressources fourragères, mais aussi sur leurs calendriers. Quelles seraient les évolutions nécessaires des calendriers d'alimentation des animaux de différents systèmes d'élevage en réponse à ces modifications ? Des résultats de modélisation ont permis à des experts de dégager des pistes de réflexion.

RÉSUMÉ

Les simulations de productions d'herbe, de luzerne et de maïs, obtenues en sortie d'un modèle de culture (cf. le premier article) sont combinées aux représentations modélisées des besoins de 13 types de systèmes d'élevage. Les questions d'alimentation des troupeaux qui se poseront à moyen et long terme (scénario A2) sont présentées : le besoin de stocks et sans doute la place du maïs devraient s'accroître ; les systèmes herbagers seront sans doute très difficiles à maintenir en raison de la réduction des précipitations estivales. La connaissance par des experts de terrain des pratiques présentes et possibles permet d'envisager des solutions techniques et de dégager les questions de recherche et d'expérimentation à privilégier.

SUMMARY

Possible consequences of climate changes on forage production in France. II. Some examples of livestock systems

Climate change, now an acknowledged fact, affects both forage production levels and forage calendar. Simulated production of grass, alfalfa and maize, obtained using a cultivation model, were merged with the modelled representations of the requirements for 13 types of livestock farming systems. Medium and long-term problems affecting livestock feed resources are presented (scenario A2). Reliance on feed stocks and other types of stocks will be increased, and maize will play a more important role. Decreased summer rainfall will make it very difficult to sustain grassland farming systems. On-site expert knowledge of current and possible practices will help provide technical solutions, and determine the issues for which research and experimentation should be carried further.

Comme le premier volet (RUGET *et al.*, 2012, *Fourrages*, n°210), cet article concerne les effets du changement climatique annoncé (scénario A2¹) sur les systèmes d'élevage français, effets étudiés à partir des résultats du projet ACTA-MIRES² « Etude de la sensibilité des systèmes de grandes cultures et d'élevages herbivores aux changements climatiques ».

1 : Les scénarios de GIEC IV (2007) se nomment A1, A2, B1, B2, avec quelques variantes complémentaires. C'est le scénario A2, celui correspondant aux plus fortes émissions, qui est utilisé ici.

2 : L'ACTA, structure nationale de coordination des instituts techniques agricoles, a pour objectif de coordonner les activités de recherche appliquée et de développement agricole menées par les organismes nationaux. La MIRES, Mission interministérielle "Recherche et enseignement supérieur" (www.senat.fr) est chargée de l'attribution des fonds à la Recherche et à l'Enseignement Supérieur.

AUTEURS

1 : UMR 1114 EMMAH INRA, F-84914 Avignon cedex 9 ; ruget@avignon.inra.fr

2 : Institut de l'Élevage

3 : Division d'Agrométéorologie du département Services de Météo-France

4 : ARVALIS-Institut du végétal

MOTS CLÉS : Bovin, bovin laitier, changement climatique, diversité régionale, France, maïs fourrage, ovin, prairie, prévision, production de viande, ration de base, système d'élevage, système fourrager.

KEY-WORDS : Basic diet, cattle, climatic change, dairy cattle, forage system, forage maize, forecast, France, grassland, livestock system, meat production, regional diversity, sheep.

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : Ruget F., Clastre P., Moreau J.-C., Cloppet E., Souverain F., Lacroix B., Lorgeou J. (2012) : "Conséquences possibles des changements climatiques sur la production fourragère en France. II. Exemples de quelques systèmes d'élevage", *Fourrages*, 211, 243-251.

Les conditions de mise en œuvre du modèle STICS (calibrations nouvelles (luzerne) ou mises à jour) ainsi que les principaux résultats de ce projet ont été présentés dans deux documents détaillés (COLLECTIF, 2009 ; MOREAU, 2009). La description et l'analyse des changements climatiques, en termes de facteurs climatiques et de zonage climatique, ont été développées selon une analyse factorielle (MOREAU *et al.*, 2008 ; RUGET *et al.*, 2009).

Dans cet article, nous montrerons **quelles seraient les évolutions nécessaires des calendriers d'alimentation des différents lots d'animaux d'un système d'élevage** en fonction des niveaux et calendriers de production, eux-mêmes estimés par modélisation (cf. le premier article, RUGET *et al.*, 2012).

Les systèmes d'élevage étudiés ici ont été choisis de façon à **illustrer** quelques grands systèmes d'exploitation français, en prenant en compte **la diversité des structures et des fonctionnements des systèmes d'exploitation** existant dans les régions concernées. En fonction des variations estimées des niveaux de production, des adaptations des systèmes d'alimentation ont été recherchées lors de présentations - discussions de ces résultats aux équipes régionales des Réseaux d'Élevage pour le Conseil et la Prospective (Institut de l'Élevage et Chambres d'Agriculture). Les adaptations envisagées sont aussi bien des changements d'affectation du fourrage (stock *versus* pâture) que de surface ou de culture, voire des remises en cause d'ateliers.

Rappelons que, **si le climat du futur proche est plutôt favorable à la production fourragère** dans son ensemble (RUGET *et al.*, 2012), **il semble l'être moins systématiquement dans le futur lointain pour les graminées**. La luzerne, au contraire, tirant parti de l'adaptation « spontanée » de la fixation symbiotique, maintient une pousse de printemps sans stress azoté (température plus élevée, humidité du sol favorable) et devient plus productive. Le maïs a aussi des niveaux de production élevés, à condition que les génotypes et les pratiques soient adaptés (génotype plus tardif, semis plus précoce).

1. Méthode : de la simulation à l'expertise...

■ Les évolutions obtenues par simulations, appliquées à des cas types

Les résultats des simulations de production ont été introduits dans différents systèmes d'alimentation de troupeaux. Les **13 systèmes d'élevage** présentés ici ont été choisis parmi la collection de cas types définis dans le cadre de Réseaux d'élevage (Institut de l'Élevage et Chambres d'Agriculture) produisant des références depuis plus de 20 ans. La diversité couverte par ces cas types va des systèmes bovins laitiers intensifs à alimentation centrée sur le maïs, comme dans le bassin de l'Adour, aux systèmes bovins allaitants herbagers du Limousin, en passant par les systèmes à ressources mixtes (Pays de Loire, Bretagne, Lorraine). Parmi eux, trois cas emblématiques seront présentés de façon détaillée.

La construction des cas types repose sur l'analyse du fonctionnement et des résultats d'exploitations suivies dans le cadre des Réseaux mais aussi sur la connaissance des techniciens des Réseaux. Chaque **cas type** présente notamment la description du système fourrager en termes d'alimentation, pour chacun des 4 à 8 lots d'animaux. Sont détaillés les rations pratiquées, les dates de début et fin des diverses périodes d'alimentation, les besoins en surfaces pâturées, ce qui permet d'évaluer les besoins totaux, par type de ressource fourragère, y compris la pâture. Ces besoins sont couverts par l'offre de l'exploitation, décrite par ses surfaces, ses dates de disponibilités et ses rendements, détaillés par coupe et en fonction des itinéraires techniques.

Pour évaluer dans le futur (proche puis lointain), les conséquences du changement climatique sur les équilibres initiaux, **nous avons appliqué aux rendements** obtenus par modélisation (luzerne et prairies, par coupe, et maïs) ou aux chargements saisonniers (pâture) **un coefficient rendant compte de l'évolution attendue des niveaux de production** dans le futur par rapport à la situation actuelle. Les systèmes étant initialement à l'équilibre (par définition, dans un cas type, les besoins fourragers correspondent aux ressources), cette première application mécanique des conséquences du changement climatique provoque des déséquilibres, comme un excédent de maïs par rapport aux besoins ou un déficit de ressource pâturable à l'automne. C'est pourquoi il était **ensuite nécessaire d'imaginer des évolutions permettant de retrouver des équilibres** entre les besoins et l'offre fourragère.

■ Un travail d'expert pour envisager les adaptations nécessaires

Les évolutions nécessaires des systèmes d'alimentation ont donc été imaginées et discutées lors de discussions avec les équipes locales d'experts des Réseaux d'élevage. Nous n'avons donc pas utilisé seulement un outil mécaniste (modèle de culture) mais **nous avons associé aux résultats de modèles une connaissance experte pour envisager des solutions**. La mobilisation d'experts permet une interprétation plus réaliste des données que ce qui pourrait être fait par des non-spécialistes. Ces exercices de prospective correspondent à une forte inquiétude et à une demande des agriculteurs et des encadrements techniques (MOREAU et LORGEOU, 2007). Selon la sensibilité des équipes et les pistes déjà explorées localement, les propositions d'adaptation peuvent être assez différentes entre les cas types : recours aux stocks souvent, pâturage hivernal ailleurs, mise en place de luzerne dans certains cas...

Les modifications de pratiques vont parfois plus loin que ce qu'on aurait pu imaginer : dans nombre de zones, l'adaptation proposée a consisté en la distribution de stocks, plus en raison du caractère devenu très aléatoire des pousses simulées que de l'ampleur de la **chute du rendement estival des prairies pâturées**. C'est l'**incertitude de la production**, plutôt que son niveau qui a fait changer les pratiques.

A noter que nous n'avons pas estimé les variations possibles des besoins en concentrés selon, par exemple, l'augmentation de la part des fourrages conservés dans l'alimentation. Cet exercice aurait été intéressant par rapport à l'aspect économique des voies d'adaptation explorées mais un travail sérieux sur le volet économique aurait par ailleurs nécessité de prendre en compte le coût de production des fourrages et l'évolution de leur valeur alimentaire, ce qui n'était pas dans notre champ d'étude. Par ailleurs, les incertitudes sur l'évolution des aides et des prix des produits agricoles n'auraient pas manqué de rendre assez vaine une simulation économique globale, sauf à multiplier les hypothèses.

Notre volonté et notre objectif étaient bien, dans le cadre d'une première étape, d'attirer l'attention et de susciter l'expertise sur ce qui nous paraissait être la première conséquence du changement climatique sur les systèmes d'élevage, à savoir la nécessité de **revoir les équilibres entre stocks et pâture et entre ressources fourragères**, et de **tester la cohérence des choix zootechniques actuels** (par exemple des dates de vêlage) par rapport aux conditions du futur, toutes choses étant égales par ailleurs.

2. Résultats des simulations et réflexions sur les systèmes d'alimentation

■ Evolutions des productions utilisées dans 13 cas types

Le tableau 1 résume, pour les 13 ateliers de bovins lait, d'ovins et de bovins viande retenus dans les principales régions productrices, les évolutions des surfaces,

stocks et chargements pour maintenir les mêmes niveaux de production en scénario A2.

Dans le **futur proche** (années 2020-2050), si les productions ont tendance à augmenter, ce qui permet d'augmenter les chargements, l'avance des productions en saison conduit à utiliser plus de premières coupes pour des fauches qui, elles, servent à constituer des stocks, de plus en plus nécessaires pour passer le creux de production estivale. Globalement, dans le **futur lointain** (années 2070-2100), les évolutions de production étant plutôt à la baisse, les surfaces nécessaires sont plus importantes et les chargements doivent diminuer, ce qui est cohérent avec l'accentuation de la sécheresse et l'augmentation de température.

Sur bon nombre d'aspects, ces tendances globales peuvent avoir des impacts différents selon les systèmes étudiés et donc selon les régions correspondantes. La partie suivante illustre les changements pour en montrer l'ampleur et préparer les adaptations en tenant compte de la diversité des systèmes.

■ Adaptation des pratiques : des points communs, des points divergents

Dans le **futur proche**, en faisant abstraction des autres facteurs 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** où **les systèmes subiraient un fort recul du pâturage** (étés longs et secs), malgré la possibilité de mettre les animaux à l'herbe beaucoup plus tôt, et devraient recourir davantage aux stocks, **le besoin estival de stocks devenant supérieur au besoin hivernal**. Dans les systèmes où il est présent, **le maïs occuperait une place croissante** dans

Cas types	SFP totale			Stocks (par exploitation)						Chargement (UGB/ha SFP)			MS en pâturage (par exploitation)			Surface fauchée en 1 ^{ère} coupe (% surface prairie)			Part de maïs (% SFP)		
				totaux			dont maïs														
	P	A2p	A2L	P	A2p	A2L	P	A2p	A2L	P	A2p	A2L	P	A2p	A2L	P	A2p	A2L			
	(ha)	(Δ*,% P)		(t MS)	(Δ*,% P)	(t MS)	(Δ*,% P)		(t MS)	(Δ*,% P)		(t MS)	(Δ*,% P)		(% surface prairie)						
Bovins lait																					
Picardie	32,9	-8	12	222	0	17	172	3	20	2,14	9	-8	112	2	-25	19	17	30	38	38	39
Normandie	44,1	1	8	176	-8	-1	93	-2	8	1,67	-1	-7	174	9	3	45	49	49	17	16	17
Bretagne	32,9	-3	18	155	5	15	124	3	6	1,91	3	-16	143	-6	-17	32	35	45	31	31	30
Franche-Comté	80,0	-5	7	227	-4	9				1,1	5	-7	191	5	-12	57	57	51			
Lorraine	67,0	-9	-3	250	1	27	122	3	17	1,35	9	4	180	-3	-37	58	58	60	16	16	18
Ségala	39,1	-6	11	169	-4	5	80	-6	14	1,41	6	-9	93	4	-7	55	57	61	20	17	21
Bassin Adour	33,5	-5	4	223	-22	4	162	-5	7	1,89	5	-4	78	62	-12	54	51	51	32	27	28
Bovins viande																					
Limousin	90,5	-7	12	173	-9	35				1,11	7	-11	304	5	-19	49	46	54			
Charolais	90,0	-6	3	173	-7	42				1,09	6	-13	293	3	-41	44	42	51			
Midi Pyrénées	58,9	-11	2	215	-13	21	48	-10	13	1,34	12	-4	160	17	-32	51	47	51	7	6	8
Pays de Loire	63,3	-4	-1	246	6	17	112	-2	-6	1,38	4	1	169	-9	-23	45	50	58	17	16	17
Ovins viande																					
Pays de Loire	40,0	-13	3	159	-4	27	43	0	0	1,68	13	-3	161	1	-27	63	66	73	11	11	11
Limousin	64,5	-2	17	88	-1	99				1,26	2	-15	298	0	-30	33	32	38			

* évolution, en % de P

TABLEAU 1 : Caractéristiques initiales (P, présent) des principales variables définissant les 13 cas types étudiés et leur évolution dans le futur proche (scénario A2p) et le futur lointain (A2L).

TABLE 1 : Initial characteristics (P, present) of the main variables defining the 13 types of systems being studied and their evolution in the short term (scenario A2p) and long term (A2L) future.

Cas types	Spécificités des productions ou de l'alimentation	Adaptations majeures envisagées	Evolution du chargement	Evolution de la part de stocks	Conséquences sur le travail	Conséquences économiques
Bovins lait						
Picardie	Fourrages et co-produits de grandes cultures	2 périodes de stabulation	--	++	Fortes	Elevées
Normandie	Système semi-intensif	Continuité, mais avec plus de distribution l'été	--	=		?
Bretagne	Système intensif économe	Ray-grass d'Italie, céréales immatures, luzerne, pâturage hivernal	---	++	Faibles	Elevées
Franche-Comté	Système herbager AOC	Allongement de la période de pâturage, + de distribution l'été	-	+	Faibles	?
Lorraine	Lait + boeufs à l'herbe	Introduction de la luzerne, + de maïs, suppression des boeufs	+	+++	Fortes	Assez élevées
Ségala	Système fourrager mixte	Allongement de la période de pâturage, + de distribution l'été	--	+	Faibles	Faibles
Bassin Adour	"maïs – Holstein – béton"	Toujours + de maïs	-	+	Aucune	Faibles
Bovins viande						
Limousin	Système naisseur avec vêlages d'automne	Affouragement au parc l'été	---	++	Fortes	Elevées
Charolais	Broutards "repoussés"	Affouragement au parc l'été, suppression de la production de broutards "repoussés"	-	+++	Fortes	Assez élevées
Midi Pyrénées	Système avec veaux sous la mère (Blonde d'Aquitaine)	Allongement de la période de pâturage, + de distribution l'été	-	+++	Assez fortes	Assez élevées
Pays de Loire	Syst. naisseur-engraisseur, 2 périodes vêlage (Charolais)	Allongement de la période de pâturage, 2 périodes de stabulation	=	++	Fortes	Faibles
Ovins viande						
Pays de Loire	Système intensif avec reproduction accélérée	Moins d'agneaux d'herbe, bergerie obligatoire l'été	-	+++	Fortes	Très élevées
Limousin	Système herbager avec 2 périodes d'agnelage	Moins d'agneaux d'herbe	---	+++	Très fortes	Très élevées

TABLEAU 2 : Présentation synthétique des évolutions envisagées pour les systèmes fourragers et d'élevage des 13 cas types étudiés.

TABLE 2 : Table presenting the envisaged evolution of forage and livestock farming systems for the 13 case studies.

l'élaboration des stocks, 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, serait 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 (ray-grass d'Italie, 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).

L'étude des systèmes d'élevage montre que **des systèmes d'alimentation complètement basés sur l'herbe seraient très difficiles à rééquilibrer**, ou en tout cas nécessiteraient soit des stocks supplémentaires, soit des adaptations de type « pastoral » (conduite de plus en plus extensive). La réduction des précipitations pourrait faire beaucoup évoluer les systèmes les plus extensifs (et même les zones où ils seraient envisageables) : les zones où la pousse de l'herbe est continue seront très réduites et les climats de montagne actuels ne devraient subsister que sur de toutes petites zones (POISSON, 2009 ; RUGET *et al.*, 2010).

Au-delà des caractéristiques de leurs systèmes fourragers, le tableau 2 résume de manière synthétique les évolutions envisagées pour les 13 cas que nous avons étudiés avec les auteurs de ces cas types, les conséquences en termes économiques et sur le travail étant appréciées à dire d'experts.

Il n'est pas dans notre objectif d'extrapoler à toute une région ou toute une filière les résultats des échanges prospectifs que nous avons eus avec les experts locaux et encore moins les solutions proposées dans le tableau 2 ; notre but principal est d'induire des réflexions et des débats.

3. Les systèmes d'alimentation de quelques types d'exploitations d'élevage

Nous allons explorer quelques exemples dont les équilibres fourragers sont bien différents les uns des autres :

- des systèmes bovin laitier (BL) dont l'alimentation hivernale est essentiellement constituée d'ensilage de maïs, partiellement complété d'ensilage d'herbe dans le cas lorrain. Ces systèmes diffèrent surtout par la contribution du pâturage à l'alimentation estivale, maximale en Lorraine, minimale dans le bassin de l'Adour ;

- des systèmes bovin viande (BV) : un système naisseur-engraisseur en Pays de Loire, reposant sur deux lots de vaches vêlant à deux périodes différentes et basé autant sur l'herbe que sur le maïs, comparé à un système allaitant herbager du Limousin ;

- des systèmes ovins viande (OV), avec une comparaison entre un système (Limousin) très herbager et un système plus intensif à ressources fourragères mixtes (herbe et maïs) dans les Deux-Sèvres.

Nous décrivons la situation actuelle d'équilibre de ces systèmes et présentons notamment les adaptations possibles à la fin du XXI^e siècle (période 2070-2100, scénario A2L).

■ Production bovine laitière : vers une convergence des systèmes d'alimentation ?

L'évolution du calendrier d'alimentation proposée par les experts au vu des évolutions simulées des productions (figure 1) dans le cas du scénario A2 en Lorraine est un recours de plus en plus précoce à l'ensilage de maïs en automne, son introduction ayant lieu dès la fin du printemps, puis, à long terme, la disparition totale de la pâture à partir de début août, sans grand changement des parts de foin et d'ensilage d'herbe. Le calendrier d'alimentation lorrain pour le futur lointain ressemblera beaucoup à celui décrit à l'heure actuelle pour le système du bassin de l'Adour.

La comparaison de systèmes *a priori* aussi distants que ceux du Ségala, de Bretagne, de Lorraine et du Bassin

de l'Adour, dont les chargements demeureront différents, montre **une certaine convergence dans le futur lointain vers un calendrier d'alimentation du type de ceux pratiqués actuellement dans le Sud-Ouest**. Dans l'approche que nous avons eue avec les équipes locales d'experts, tous ces systèmes évolueraient en fin de siècle vers un recours renforcé au maïs (+6 à +20 % de la MS consommée à effectif constant), au détriment de l'herbe et principalement du pâturage en été et automne (tableau 1). Cependant, dans le futur proche, cette convergence ne s'impose pas encore puisque deux des systèmes considérés (BL Ségala et BL Bassin de l'Adour) pourraient évoluer dans un premier temps vers un plus grand recours à l'herbe (allongement des périodes de pâturage).

A noter que, dans chacune des quatre zones prises en exemple, **le maïs deviendra une plante à double fin (ensilage ou grain), ce qui confèrera aux exploitations une souplesse dont elles ne disposaient pas toutes jusqu'ici**. Le système lorrain pourrait maintenir son chargement en recourant à la culture de **la luzerne, fortement bénéficiaire du changement climatique** dans cette zone, comme le maïs.

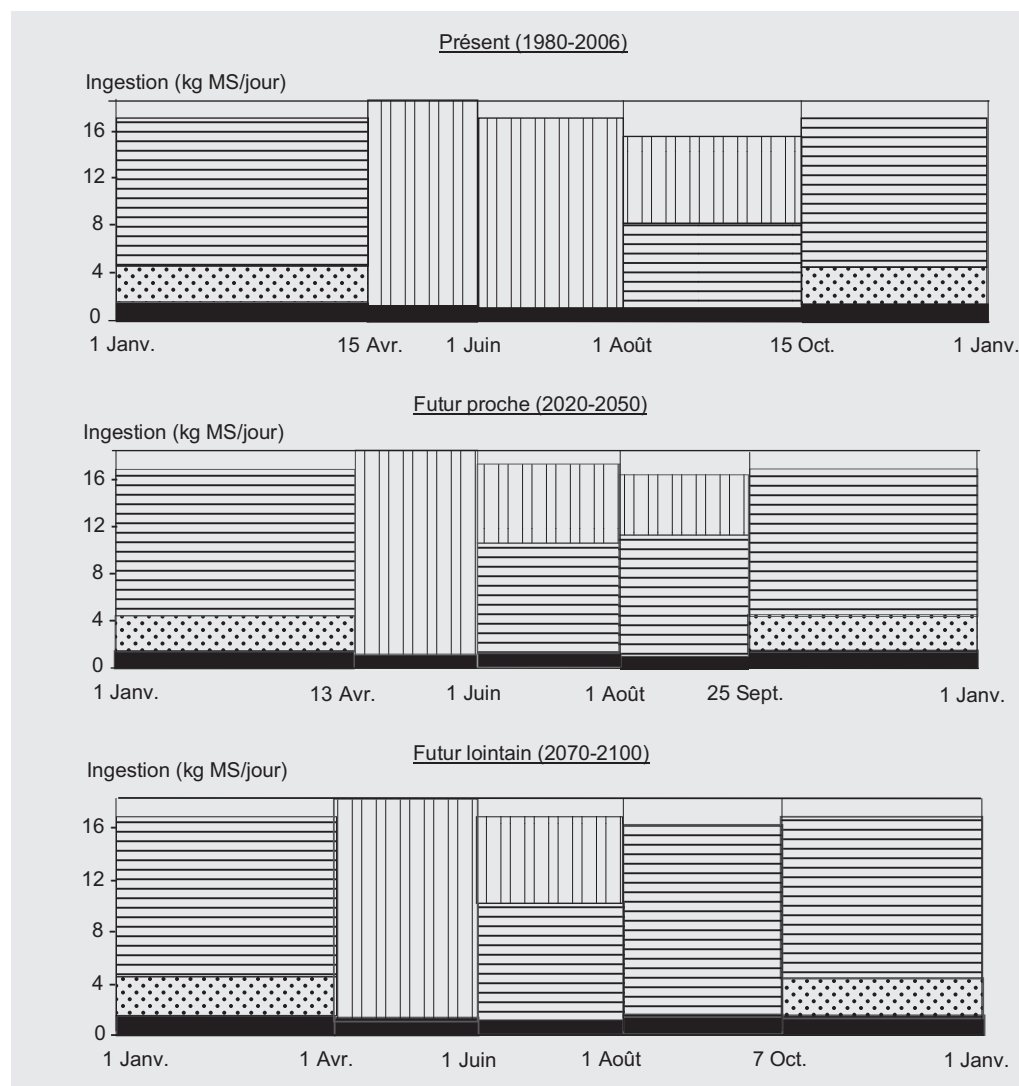


FIGURE 1 : Exemple d'évolution de calendrier d'affouragement basé sur le pâturage et l'ensilage de maïs pour un troupeau de vaches laitières en Lorraine (station météorologique de Nancy).

FIGURE 1 : Example showing the changes in a forage calendar based on grazing and maize silage for a herd of dairy cows in Lorraine (Nancy Meteorological Office).

■ Production bovine allaitante : les plus adaptables ne seront peut-être pas ceux qu'on imagine...

Le cas type naisseur-engraisseur semi-intensif des Pays de Loire est relativement intensif et complexe, avec deux périodes de vêlage (fin d'hiver et automne) ; le système sans maïs et sans engraissement du Limousin, plutôt extensif (chargement de 1,1 UGB/ha SFP), produit des brouillards vendus à l'automne (calendriers non illustrés). La comparaison entre les fonctionnements actuels de ces 2 types de systèmes montre que le système des Pays de Loire, pourtant le plus intensif, utilise nettement plus la pâture (300 j/an) que le système Limousin.

Dans le **système Limousin**, et au fur et à mesure qu'on se rapprochera de la fin du XXI^e siècle, il sera **nécessaire de faucher une part toujours plus grande de la surface au printemps**, pour satisfaire les besoins en foin et ensilage. Mais il restera alors trop de surface disponible pour le pâturage à l'automne. Pour limiter ce gaspillage, il faudrait donc envisager des fauches d'automne, ou baisser la pression de fauche au printemps par la mise en place de cultures spécifiquement dédiées aux stocks (prairies temporaires comme des ray-grass, céréales immatures, voire du maïs...), ce qui n'a pas été envisagé par les experts locaux, qui n'ont pas non plus souhaité imaginer l'introduction du pâturage hivernal, pourtant bien pratiqué localement en production ovine.

Dans le **système des Pays de Loire**, le futur proche n'imposerait que des ajustements marginaux (et progressifs), comme d'ailleurs en Limousin, mais le caractère de plus en plus aléatoire de la pousse de fin de printemps - début d'été devra imposer des mesures de prudence, c'est-à-dire un stock de sécurité plus élevé que ce qui se pratiquait jusque là. Dans le **futur lointain, la mise à l'herbe pourra être plus précoce et la rentrée des animaux plus tardive, mais l'été débutera un mois plus**

tôt, avec la nécessité d'affourager les deux lots de vaches allaitantes. La forte augmentation du besoin en foin et ensilage peut être réglée par un accroissement de la sole en ray-grass hybride ou autre prairie temporaire adaptée à la fauche (ensilage puis foin) mais pourrait l'être aussi par l'introduction de luzerne ou d'une autre plante fourragère à stocks (betterave fourragère, sorgho grain ensilé, maïs ensilage...). Comme dans la quasi-totalité des 13 systèmes que nous avons étudiés, vers la fin du siècle, le besoin en stocks pour le système des Pays de Loire deviendrait supérieur pour la période estivale à celui de l'hiver.

Globalement, au vu de l'analyse de ces 2 types contrastés de systèmes, dans le futur proche, la contribution du pâturage à l'ensemble des besoins des animaux serait peu modifiée (et même un peu améliorée en Limousin), alors que les chargements seraient plutôt en hausse. En revanche, **dans le futur lointain, le système Limousin** ne pourrait plus fonctionner sur ses bases actuelles (pâturage exclusif en été) et **serait obligé de se rapprocher d'un fonctionnement semblable, là encore, à ceux des systèmes actuels du Sud-Ouest**, avec plus de stocks et moins de pâture et, à la clé, une forte baisse de chargement (pourtant déjà faible), s'il doit rester herbager.

Finalement, **le système naisseur-engraisseur des Pays de Loire**, bien qu'assez intensif, **serait moins affecté** en termes de chargement et moins bousculé dans ses équilibres que le système Limousin, sans doute parce que :

- il est déjà engagé sur la voie du recours à l'affouragement en été (pour un lot de vaches) et de la valorisation de l'herbe de fin d'automne (un lot de vaches pâture jusqu'à Noël), la disponibilité de l'herbe de fin d'automne étant favorisée par le réchauffement dû au changement climatique ;

- il a déjà recours au maïs, dont les rendements ne seraient pas les plus affectés par le changement climatique dans cette zone ; la contribution du maïs dans ce système tamponnera la baisse du potentiel de la prairie.

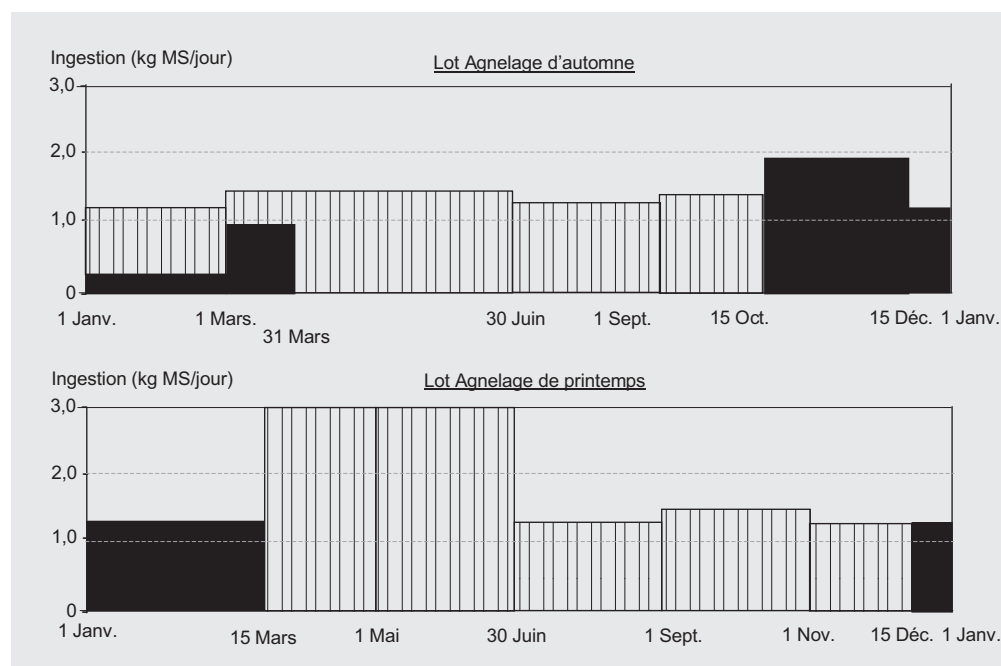


FIGURE 2 : Calendrier fourrager annuel de lots de brebis agnelant soit à l'automne, soit au printemps, en système herbager, dans le Limousin (P, présent ; station météorologique de Limoges).

FIGURE 2 : Annual forage calendar for batches of lambing ewes in the autumn and in the spring, in a grassland farming system in the Limousin (P, present ; Limoges Meteorological Office).

▨ Pâture ■ Foin

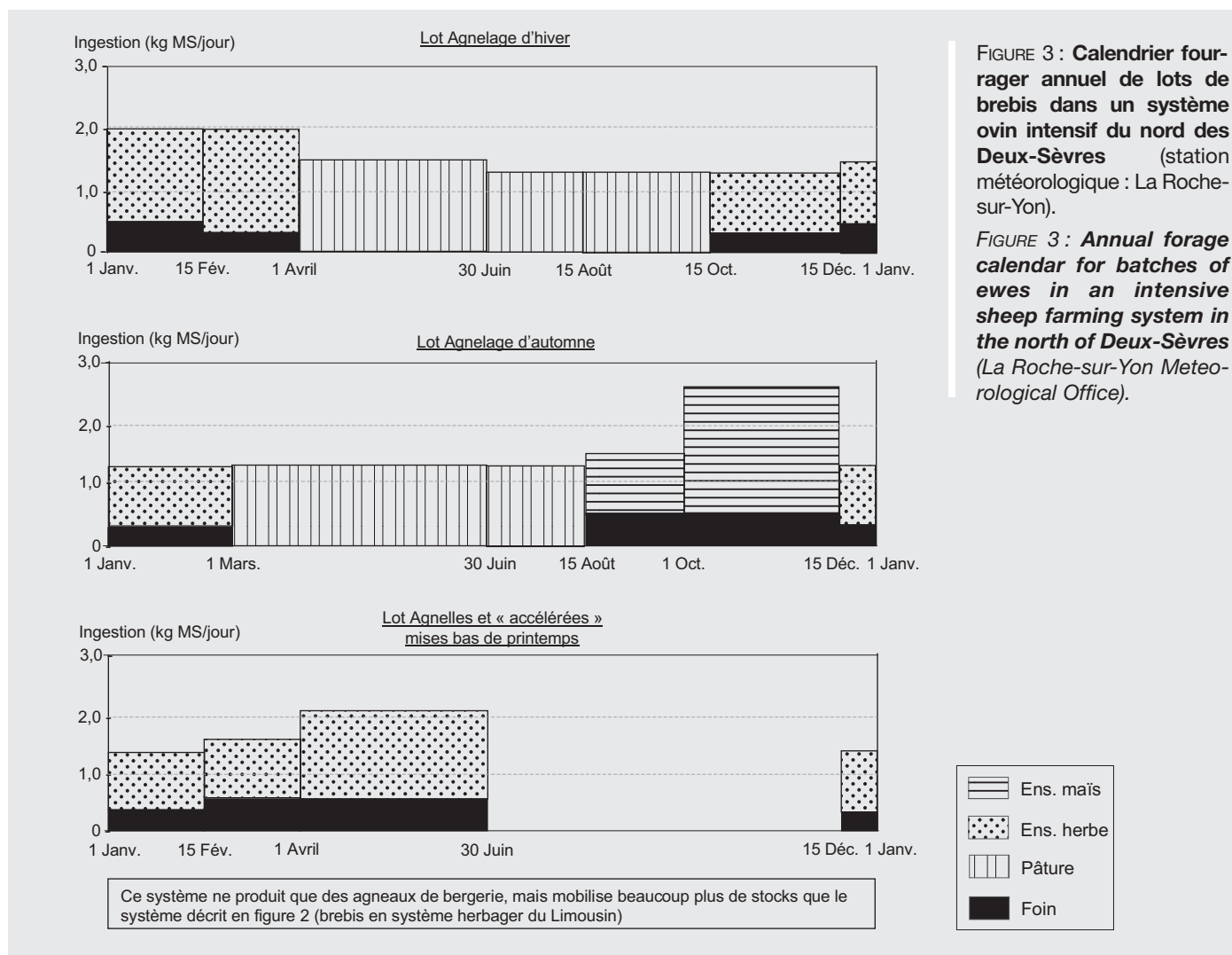


FIGURE 3 : Calendrier fourrager annuel de lots de brebis dans un système ovin intensif du nord des Deux-Sèvres (station météorologique : La Roche-sur-Yon).

FIGURE 3 : Annual forage calendar for batches of ewes in an intensive sheep farming system in the north of Deux-Sèvres (La Roche-sur-Yon Meteorological Office).

A l'inverse, **le système Limousin, dans sa configuration actuelle, est incapable de valoriser ses excédents d'herbe d'automne.**

■ En production ovine allaitante : des options zootechniques à revisiter ?

En production ovine, nous présentons deux cas très différents : un système herbager, dans le Limousin, et un système intensif, faisant largement appel à l'ensilage d'herbe et même de maïs, dans les Deux-Sèvres.

Le **système ovin herbager du Limousin** est basé sur deux périodes d'agnelage (figure 2) : le lot d'agnelage de printemps permet d'élever et sevrer les agneaux à l'herbe et le lot « dessaisonné », agnelant l'automne, produit plutôt des agneaux finis en bergerie. Dans le futur proche, les besoins en stocks évolueraient peu dans ce système tandis que dans le **futur lointain**, pour faire face à une forte hausse du besoin de stocks (principalement pour l'été), il deviendrait nécessaire d'effectuer une deuxième coupe de foin après des fauches précoces. Ainsi, il apparaîtrait un excédent de prairies en automne (déséquilibre offre/besoin), sauf à faire une troisième

coupe en automne. Faire davantage de mises bas de printemps, et moins de mises bas de contre-saison avec des brebis rentrées en bergerie à l'automne, permettrait une meilleure exploitation de la pousse d'automne par le pâturage. Mais c'est bien avec le lot de mises bas d'automne qu'on pourrait tirer parti de la pousse hivernale (en hausse). **Ce type de système sera donc confronté à un véritable dilemme, renvoyant à des choix zootechniques** (part de l'agnelage dessaisonné par rapport à l'agnelage de printemps) qui, par ailleurs, pèsent lourd sur les temps de travail et sur les intrants (achats d'aliments) : quel équilibre faudra-t-il trouver ?

Par ailleurs, dans ce système, les conditions de pousse estivale pourraient conduire, dans le futur lointain, à se poser la question de la faisabilité du sevrage des agneaux à l'herbe : **on passera progressivement d'une saison d'herbe assez longue à deux saisons d'herbe, mais chacune trop courte pour envisager de couvrir facilement et par le seul pâturage la période allant de la fin de la gestation au sevrage.** Ce système pourrait alors converger vers celui des Deux-Sèvres, illustré figure 3, qui ne produit que des agneaux de bergerie. On peut imaginer que la filière aura son mot à dire quant à ces évolutions...

4. Des questions nouvelles

Outre l'apport des éléments de réflexion pour imaginer les voies d'évolution ou d'adaptation possibles pour divers systèmes d'élevage, les réunions organisées avec les experts du dispositif « Réseaux d'élevage » ont permis de dégager des **pistes d'études complémentaires**, sur des aspects connexes à l'adaptation et d'intérêt commun. Parmi celles-ci, on peut citer les suivantes :

- **le pâturage hivernal**, qui nécessite qu'on continue à en préciser le mode d'emploi (quelle biomasse ?, pour quelle qualité ?, quels animaux ?, quelle végétation ?, quelles conséquences sur la végétation ?) ;

- **les pratiques de stockage sur pied pour pâturage**, qui doivent être revisitées, puisque la sénescence de fin de printemps et d'été pourrait être notablement accélérée du fait du réchauffement. Il s'agit maintenant de préciser avec quel type de prairie, pour quels animaux, dans quelles limites de durée ces pratiques sont encore envisageables compte tenu de leur intérêt économique qui ne sera pas démenti par le renchérissement des travaux de récolte ;

- **la relance de la culture et de l'utilisation de la luzerne** dans les zones propices, en pur ou en mélange, mais aussi les possibilités **de nouvelles cultures fourragères** (plantain, chicorée, trèfle d'Alexandrie...);

- **le niveau des stocks de sécurité** : les dernières sécheresses ont montré l'importance de ces stocks, notamment dans les systèmes herbagers : c'est une question très peu documentée de manière rigoureuse ; les cas types n'en font pas état. Il s'agirait de préciser, par rapport à différents risques et à leur évolution, les stocks nécessaires, leur nature et leur coût ;

- la valorisation de la diversité floristique pour « étalement » le pic de production des prairies au printemps ;

- **le développement du sorgho grain ensilé et/ou des sorghos BMR** : dans quelles conditions et quelles régions envisager de les substituer au maïs ?

D'autres questions se posent comme :

- **l'innovation en matière de bâtiments et de zones aménagées pour l'affouragement estival** : si on sait concevoir des bâtiments d'élevage pour l'hiver, on sait moins concevoir des bâtiments adaptés à la stabulation estivale, et encore moins des bâtiments bien adaptés aux deux ;

- **l'adaptation des chantiers de récolte**, avec en particulier un **renforcement des débits** : dans de nombreux systèmes, la capacité de récolte est déjà un goulot d'étranglement, avec des conséquences sur la qualité des fourrages stockés. Une des conséquences du changement climatique est l'augmentation de la pression de fauche sur le premier cycle ; il y a donc lieu de penser qu'il faut réfléchir d'autant plus aux techniques (mécanisation, mais aussi organisation) permettant d'accroître le débit des chantiers de récolte.

Certaines de ces questions et quelques autres sont déjà à l'étude ou sont l'objet de projets.

Discussion et conclusion

Les points forts de l'évolution des ressources fourragères - accentuation du creux estival, avance de la production printanière et augmentation hivernale probable - sont tous soulignés dans les études en France (DURAND, 2010 ; FELTEN *et al.*, 2010 ; MARTIN *et al.*, 2011 et 2012), mais peu de travaux sont faits pour énoncer des propositions d'adaptations possibles.

Ce travail a montré que, dans les conditions de l'exercice, c'est-à-dire avec les outils existant actuellement (modèle de circulation générale, méthode de régionalisation, modèle de culture) et en partant de situations réelles, il est possible de trouver des solutions, qui sont pensées comme des adaptations des systèmes existants. Toutes vont vers l'augmentation de l'utilisation des stocks pour suppléer au creux estival accru, avec diverses solutions, mais le plus souvent du maïs. **Dans tous les scénarios**, même là où les changements sont très forts (en température dans le Sud-Ouest et en précipitations dans le Nord-Ouest), **des adaptations sont possibles, mais elles semblent parfois conduire certains systèmes près de la rupture de leur équilibre** (abandon d'agneaux d'herbe par exemple) **ou dans une configuration éloignée de ce qui faisait leur spécificité originelle** (le système économe et herbager...).

Cependant, **toutes ces solutions**, quoique convergentes vers des cultures à stocks faciles à réaliser, **sont particulièrement dépendantes des caractéristiques météorologiques utilisées**, et en particulier de la méthode de régionalisation employée. Ces méthodes - et celle que nous avons utilisée tout spécialement - ne simulent pas bien les forts aléas climatiques, comme des canicules, des sécheresses fortes qui sont attendues plus fréquemment (GIEC, 2007) et peuvent remettre en cause des équilibres déjà fragilisés. C'est le cas dans les régions méditerranéennes (BERNUES *et al.*, 2011 ; NARDONE *et al.*, 2010) où la sécheresse s'accroît (LELIÈVRE *et al.*, 2011) et où les conditions vont devenir beaucoup plus cruciales, risquant d'aller jusqu'à la désertification (NARDONE *et al.*, 2010), zones dont nous n'avons pas abordé l'étude. En effet, **notre étude se limite à des régions assez productives** ; ainsi, elle exclut les zones de landes et parcours qui pourraient être plus sollicitées dans l'avenir (SÉRÈS, 2012) et montre que, dans certains cas, pour être viables, les solutions demanderont une haute technicité (changement des périodes de mises bas) et plus de main d'œuvre (augmentation de la distribution de fourrages).

Les travaux sur le changement climatique (projet Climator, BRISSON et LEVRAULT, 2010) sont rarement allés jusqu'à l'échelle des conséquences dans les exploitations. Une des raisons peut en être l'incertitude qui pèse sur les estimations de productions, car celles-ci dépendent beaucoup des données d'entrée des modèles et des hypothèses des simulations (adaptation de techniques ou non), mais aussi le fait que **beaucoup d'autres facteurs peuvent être changeants et influents** à l'échelle de temps que nous avons abordée. Outre les facteurs économiques, les critères associés à la qualité des produits pourraient

aussi moduler ces conclusions, comme par exemple les exigences associées aux productions de certains fromages AOC (SÉRÈS, *Fourrages*, à paraître), ou des questions concernant la durabilité des systèmes (VAYSSIÈRE *et al.*, 2008).

Des partenaires de l'étude dont est tiré cet article sont engagés aussi sur des travaux visant à la réduction des émissions de GES (gaz à effet de serre) : les sources d'émissions sont hiérarchisées ; des marges de progrès sont identifiées ; des techniques permettant de réduire les émissions sont proposées. Il serait d'un grand intérêt pour tous d'évaluer si ces techniques vont bien dans le sens des propositions faites par d'autres spécialistes pour adapter les systèmes au changement climatique et les sécuriser par rapport aux aléas climatiques. Cela revient à dire qu'il faudrait élargir le recensement des facteurs caractérisant la durabilité des systèmes, donc **élaborer des critères pertinents de jugement à des échelles plus larges.**

Cette étude a été menée dans le cadre d'une étroite collaboration entre l'INRA, Météo-France et les instituts techniques (Institut de l'Élevage et ARVALIS-Institut du Végétal). Chez ces derniers et leurs partenaires (Chambres d'Agriculture, agro-fourriture, interprofessions), elle a été l'occasion d'une prise de conscience de l'existence - ou de l'importance - du changement climatique et de ses conséquences à l'échelle des systèmes, et ce n'est pas le moindre des résultats. Ceci permet maintenant de réfléchir aux adaptations possibles, certaines étant déjà en test dans des fermes expérimentales (pâturage hivernal, valorisation de la luzerne, comparaisons sorgho-maïs). Cette étude a permis de construire entre le Développement agricole, la Recherche et Météo-France des liens de travail durables et d'identifier des sujets d'études complémentaires (niveaux réalistes des stocks de sécurité, adaptation des bâtiments d'élevage...).

Accepté pour publication,
le 27 août 2012.

Remerciements : Les auteurs remercient l'ACTA, qui a choisi ce projet, financé sur contrat par la MIREs.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERNUÉS A., RUIZ R., OLAIZOLA A., VILLALBA D., CASASUS I. (2011) : "Sustainability of pasture-based livestock farming systems in the european Mediterranean context : Synergies and trade-offs", *Livestock Sci.*, 2011, 139, 44-57.
- BRISSON N., LEVRAULT F. (2010) : *Livre vert du projet Climator, Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces*, ADEME ed., Angers (France), 334 p.
- COLLECTIF (2009) : *Étude de la sensibilité des systèmes de grandes cultures et d'élevages herbivores aux changements climatiques*, Compte-rendu du projet ACTA-MIREs, 06/09, 33 p+annexes, Institut de l'Élevage, Toulouse.
- DURAND J.L., BERNARD F., LARDY R., GRAUX A.I. (2010) : "Changement climatique et prairie : l'essentiel des impacts", *Présentation des méthodes et des résultats du projet CLIMATOR*, Actes du Colloque Climator, 17-18 juin 2010 INRA Versailles, 36-37.
- FELTEN B., MARTIN G., THEAU J.P., DURU M. (2010) : "Characterization of climate change and its consequences on agronomic potentialities in a pastoral region Building informative supports on climate change and grassland productivity to design livestock systems at local scale", *Proc. ACCAE Congr.*, 20-22 octobre 2010, Clermont-Ferrand, p. 32 et comm. orale session 3 disponible à <https://www1.clermont.inra.fr/urep/accae/communications.php>
- LELIÈVRE F., SALA S., RUGET F., VOLAIRE F. (2011) : *Evolution du climat du Sud de la France 1950-2009. Projet Climfourle PSDR3, Régions L-R, M-P, R-A*, Série Les Focus PSDR3, compte-rendu, 12 p.
- MARTIN G., FELTEN B., DURU M. (2011) : "Forage rummy : A game to support the participatory design of adapted livestock systems", *Environmental Modelling and Software*, 26, 1442-1453.
- MARTIN G., FELTEN B., MAGNE M.A., PIQUET M., SAUTIER M., THEAU J.P., THENARD V., DURU M. (2012) : "Le rami fourrager : un support pour la conception de scénarios de systèmes fourragers avec des éleveurs et des conseillers", *Fourrages*, 210, 119-128.
- 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, 113-136.
- MOREAU J.C., LORGEOU J. (2007) : "Premiers éléments de prospective sur les conséquences des changements climatiques", *Fourrages*, 191, 285-296.
- 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", *3R*, 15, 193-200.
- NARDONE A., RONCHI B., LACETERA N., RAINIERI M.S., BERNABUCCI U. (2010) : "Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems", *Livestock Sci.*, 130, 57-69.
- POISSON S. (2009) : "Caractérisation des climats à venir, spatialisation sur le territoire français métropolitain et application en agronomie", *Colloque Changement climatique : Conséquences et enseignements pour les grandes cultures et l'élevage herbivore*, Paris, octobre 2009, 59-69.
- RUGET F., MOREAU J.C., FERRAND M., POISSON S., GATE P., LACROIX B., LORGEOU J., CLOPPET E., SOUVERAIN F. (2009) : "Effect of climate change in herbivorous livestock systems, including arable crops, in the French area", *EMS Annual Meeting Abstracts*, vol. 6, EMS2009-592, 9th EMS / 9th ECAM, Toulouse, 28 sept.-2 oct. 2009.
- RUGET F., MOREAU J.C., FERRAND M., POISSON S., GATE P., LACROIX B., LORGEOU J., CLOPPET E., SOUVERAIN F. (2010) : "Describing the possible climate changes in France and some examples of their effects on main crops used in livestock systems", *Adv. Sci. Res.*, 4 : 99-104, www.adv-sci-res.net/4/99/2010/, doi:10.5194/asr-4-99-2010
- RUGET F., CLASTRE P., MOREAU J.C., CLOPPET E., SOUVERAIN F., LACROIX B., LORGEOU J. (2012) : "Conséquences possibles des changements climatiques sur la production fourragère en France. I. Estimation par modélisation et analyse critique", *Fourrages*, 210, 87-98.
- SÉRÈS C. : "Adaptations de l'agriculture de montagne au changement climatique : freins et opportunités", *Fourrages*, à paraître.
- VAYSSIÈRE J., LECOMTE P., GOUSSEFF M. (2008) : "Modéliser les flux à l'échelle de l'exploitation pour accompagner les éleveurs dans la gestion de leurs prairies", *Les cahiers d'Orphée*, 343-356.



Association Française pour la Production Fourragère

La revue *Fourrages*

est éditée par l'Association Française pour la Production Fourragère

www.afpf-asso.org



AFPF – Centre Inra – Bât 9 – RD 10 – 78026 Versailles Cedex – France

Tél. : +33 01 30 21 99 59 – Fax : +33 01 30 83 34 49 – Mail : afpf.versailles@gmail.com

Association Française pour la Production Fourragère