

La sécheresse : quels impacts

et quelles adaptations pour les systèmes fourragers

Gilles Lemaire¹

1 : INRA, Unité d'Ecophysiologie des Plantes Fourragères, F-86600 Lusignan ; gilles.lemaire@lusignan.inra.fr

Résumé

La production d'herbe est très dépendante du climat et plus particulièrement de la sécheresse qui engendre de grandes irrégularités dans la production fourragères auxquelles les systèmes d'élevage doivent constamment s'adapter. La perception du risque de sécheresse par les éleveurs se traduit de deux manières. Premièrement, la sécheresse "anticipée", qui correspond à la variabilité de production fourragère à laquelle l'éleveur est historiquement et normalement confronté sur son exploitation. Face à cette variabilité et compte tenu de son amplitude intra et interannuelle, l'éleveur conçoit et configure son système d'élevage et son système fourrager de manière à pouvoir faire coïncider offre et demande fourragère en agissant sur la gestion du pâturage, la constitution de stocks et leur report, et le recours à des fourrages annuels. Deuxièmement, la sécheresse imprévue, c'est-à-dire les événements climatiques extrêmes qui sortent de la gamme de situations à laquelle l'éleveur est préparé à faire face. Dans ce cas, le système fourrager est souvent impuissant à fournir l'offre nécessaire au troupeau et l'éleveur doit mettre en œuvre des adaptations de sauvegarde : achats de fourrages, de paille et de concentrés, modification du système d'élevage qui peut aller dans des cas extrêmes jusqu'à une décapitalisation.

Les systèmes herbagers sont les plus vulnérables à la sécheresse et doivent par conséquent s'adapter constamment au risque d'une année sèche à venir par un chargement modéré au pâturage, qui conduit à une certaine sous exploitation de l'herbe en année favorable et à la constitution de stocks suffisants permettant des reports d'une année sur l'autre. Les systèmes plus intensifs de plaine, qui peuvent faire appel au maïs ensilage en complément de l'herbe pour constituer des stocks de qualité, sont apparemment moins vulnérables. La possibilité de jouer sur la part de maïs vendu en grain permet d'amortir la variabilité de production interannuelle et apporte une flexibilité à ces systèmes. Cependant, dans les régions à sécheresse marquée, où l'irrigation du maïs n'est pas toujours possible et de plus en plus sujette à des restrictions, la variabilité de rendement du maïs du fait de la sécheresse peut être trop importante pour la sécurité des systèmes d'élevage engendrant des coûts insupportables. Il peut apparaître alors préférable de constituer tout ou partie des stocks à partir du sorgho grain ensilé. Cette espèce possède une meilleure efficacité de l'eau que le maïs en situation de déficit hydrique, permettant ainsi des productions supérieures lorsque la sécheresse devient importante. Face à des sécheresses dont l'amplitude et la fréquence risquent d'augmenter, la stratégie qui doit dominer est celle de valoriser au maximum l'eau des pluies et des réserves du sol pendant les périodes hivernales et printanières. L'utilisation plus systématique de céréales immatures seules ou en mélange avec des légumineuses est une solution à promouvoir. La constitution de stocks de foin de bonne qualité à partir de la luzerne seule ou en mélange avec des graminées doit apporter également des solutions intéressantes dans certaines régions. Enfin, une bonne valorisation de la croissance d'herbe d'hiver par le pâturage doit permettre de réduire la consommation de stocks à cette période de l'année pour les reporter davantage sur la période estivale afin de contribuer à sécuriser les systèmes à moindre coût.

1. La gestion de l'aléa climatique dans les élevages

La sécheresse peut être définie comme une période pendant laquelle la restriction de l'alimentation en eau des plantes limite la production fourragère à un niveau tel que l'alimentation normale du troupeau risquerait d'être remise en cause s'il n'existait pas des moyens d'adaptation permettant d'équilibrer le système fourrager. Il s'agit donc d'un aléa climatique, au même titre que des hivers prolongés et des printemps froids, auquel l'éleveur doit s'adapter.

Contrairement aux systèmes de cultures annuelles où les bonnes années peuvent compenser économiquement les mauvaises, **les systèmes d'élevage doivent équilibrer l'offre et la demande fourragère de chaque année**. Dans beaucoup de régions et de systèmes d'élevage, la base de l'alimentation est la production d'herbe au pâturage. La forte saisonnalité de croissance de l'herbe et la relative constance de la demande alimentaire des troupeaux à l'échelle annuelle implique un système de constitution de stocks et de report de consommation intra-annuel. Dans les cas les plus extrêmes de sécheresse, cela peut même nécessiter des reports de stocks fourragers d'une année sur l'autre et même conduire à des pénuries fourragères à l'échelle locale, régionale, voire nationale. Les systèmes d'élevage basés sur l'exploitation de l'herbe sont donc directement dépendant des effets du climat (froid hivernal et printanier, sécheresse et hautes températures estivales) qui déterminent à la fois la croissance de l'herbe au pâturage et la constitution des stocks fourragers. Ceux qui utilisent davantage de cultures annuelles (maïs irrigué ou non, céréales immatures...) sont moins directement affectés par les variations interannuelles du climat du fait de la souplesse introduite par les cultures à double fin.

– Croissance de l'herbe et sécheresse

Comme pour toutes les plantes, les espèces fourragères diminuent leur production en situation de déficit hydrique du fait d'une réduction de la croissance foliaire et de la fermeture des stomates (DURAND, 2007). A ce phénomène général s'ajoute plus particulièrement pour les prairies une restriction de la nutrition azotée et minérale des plantes, du fait de l'assèchement des horizons superficiels du sol qui vient largement amplifier l'effet intrinsèque du manque d'eau (LEMAIRE et DENOIX, 1987 ; GONZALEZ-DUGO *et al.*, 2005). Les prairies sont donc particulièrement sensibles à la sécheresse, leur seul mode d'adaptation étant essentiellement l'évitement grâce à un enracinement plus ou moins profond comme pour la luzerne. De ce fait, en année à forte sécheresse, la production d'herbe peut être diminuée de plus de 50% (RUGET *et al.*, 2006). Le système ISOP (RUGET *et al.*, 2001 et 2006) estime la variabilité interannuelle de production pour chaque région fourragère et l'évolution au cours de l'année de cette production, en valeur relative par rapport à la production "normale" de la même zone à la même date. Ce système permet donc de donner des informations sur les sécheresses en cours afin de déclencher des anticipations dans la conduite des systèmes fourragers.

– Adaptation des éleveurs à la variabilité de croissance de l'herbe

Les éleveurs sont par essence habitués à gérer la variabilité climatique, à la fois entre années à une même saison, et à l'intérieur d'une même saison (DURU *et al.* 1998). Face à cette variabilité, le système fourrager, par sa conception par l'éleveur et dans sa mise en œuvre, comporte **des éléments d'adaptation qui permettent d'ajuster l'offre fourragère à la demande alimentaire du troupeau** grâce à la constitution de stocks fourragers et une utilisation reportée.

Dans la plupart des régions d'élevage il y a (i) une période d'arrêt ou de quasi-arrêt de la croissance de l'herbe et des autres plantes fourragères pendant la période hivernale et (ii) une plus ou moins forte réduction de la croissance d'herbe en été, voire un arrêt total par la sécheresse. La quantité de fourrages conservés distribuée au cours de l'année est d'autant plus grande que les périodes d'arrêt de croissance de l'herbe sont longues. **La sécheresse n'est donc pas le seul élément d'incertitude auquel l'éleveur doit faire face**. La variabilité des températures de l'automne, de l'hiver et du début de printemps provoque des variations importantes de la croissance de l'herbe (LEMAIRE et SALETTE, 1982) conduisant à augmenter considérablement la durée de la phase d'alimentation hivernale et le besoin en stocks de fourrage. Ainsi, les aléas de sécheresse de printemps et d'été peuvent être largement amplifiés lorsqu'ils interviennent après, ou qu'ils sont suivis

par une période hivernale anormalement longue et provoquer ainsi des ruptures d'alimentation du troupeau pouvant remettre en cause le fonctionnement du système d'élevage (DURU et CHARPENEAU, 1981).

Pour l'éleveur, qui doit assurer chaque année et à tout moment de l'année l'alimentation d'un troupeau donné, **un objectif de production fourragère « moyenne » n'a aucun sens** : il est obligé de dimensionner et d'organiser son système fourrager en prévoyant sinon le pire, du moins des déficits de production fourragère suffisamment accentués pour être certain d'équilibrer offre et demande dans la grande majorité des situations. Cette politique d'adaptation aux risques climatiques a toujours été intégrée dans les pratiques des éleveurs, notamment dans les régions herbagères.

– Sécheresse anticipée et sécheresse imprévue

Ceci conduit à considérer deux types d'adaptation des systèmes fourragers et d'élevage face à la sécheresse selon qu'elle est anticipée ou imprévue (LEMAIRE *et al.*, 2006):

- **La sécheresse anticipée** est définie par le fait que les conséquences en termes d'offre fourragère ont déjà été **intégrées dans la conception du système fourrager**. L'éleveur peut alors faire face à ces aléas par la mise en œuvre d'ajustements dans la gestion de ses surfaces fourragères et de ses stocks. Ces processus d'ajustement font donc partie intégrante du système fourrager et caractérisent sa flexibilité (ANDRIEU *et al.*, 2006).

- **Une sécheresse imprévue** correspond à une intensité ou une durée qui ne permet pas d'effectuer les ajustements nécessaires au sein du système fourrager pour réaliser l'adéquation entre l'offre fourragère et la demande alimentaire. Il est nécessaire dans ce cas de mettre en œuvre d'autres types d'actions qui sortent du cadre du système fourrager habituel : achats de fourrages ou de paille à l'extérieur, utilisation à des fins fourragères de cultures de vente (concentrés, céréales immatures...), ou qui sortent du cadre du système d'élevage : baisse temporaire des performances animales, tarissement précoce, vente d'animaux avec réorientation du type d'animal. A l'extrême, des sécheresses sévères et longues peuvent même conduire à une décapitalisation et à une remise en cause du système d'exploitation.

Face aux aléas de sécheresse, le concept de **flexibilité du système fourrager** devient fondamental. Les éléments de flexibilité mis en place par les éleveurs pour faire face aux aléas climatiques tels que la sécheresse sont de différentes natures. Hormis le recours à l'irrigation qui ne fait pas l'objet ici de notre analyse, ces adaptations des systèmes fourragers sont directement fonction de la **sécheresse anticipée** par l'éleveur, c'est-à-dire des risques de sécheresse qu'il conçoit comme probables ou possibles en fonction de la connaissance historique qu'il a de son territoire d'exploitation. Les ajustements mis en place au sein du système fourrager conduisent à une sous-utilisation certaines années des ressources fourragères produites. Ainsi, plus le climat est variable et les risques de sécheresse aléatoires, plus le niveau d'utilisation des ressources fourragères devra être « sécuritaire ». Le risque que craint l'éleveur n'est donc pas la sécheresse en soi mais davantage son aléa : à quelle saison la sécheresse interviendra ? quelle sera son intensité et surtout sa durée ?

Une des bases de l'ajustement de l'offre à la demande en cas de sécheresse est de réserver une plus grande part des surfaces en herbe à la constitution de stocks au détriment des surfaces pâturées. Des reports de stocks d'une année sur l'autre permettent d'amortir les variations interannuelles de climat. Mais ces reports sont forcément limités car financièrement coûteux. Sachant que l'occurrence d'une sécheresse une année donnée n'est pas prévisible, cet ajustement conduit inévitablement à une sous utilisation des surfaces, c'est-à-dire à une baisse du chargement animal. En conséquence, **les systèmes à chargement trop élevé en régions à sécheresse aléatoire deviennent très rapidement vulnérables** ou doivent avoir recours systématiquement à des apports fourragers extérieurs.

En conclusion, on peut dire que **la sensibilité des systèmes fourragers et des systèmes d'élevage aux aléas de la sécheresse est d'autant plus grande que le niveau de chargement animal, c'est-à-dire le nombre d'UGB alimentés sur l'exploitation par unité de surface fourragère, est proche de celui correspondant au niveau moyen des ressources fourragères permises par le climat**. La flexibilité des systèmes fourragers et les ajustements qui peuvent être mis en œuvre se traduisent dans la majorité des systèmes d'élevage par une diminution du

chargement animal moyen de l'exploitation. L'intensification animale et fourragère, l'accroissement de la taille des troupeaux et leur spécialisation ont rendu les systèmes d'élevage de plus en plus vulnérables (PFIMLIN, 1997).

2. Des systèmes fourragers mieux adaptés au risque de sécheresse

Face au risque de sécheresse, les éleveurs doivent assurer une ressource alimentaire constante à leurs troupeaux, malgré les pénuries fourragères de plus ou moins longue durée. Ceci implique (i) une **adaptation stratégique** des systèmes fourragers et du système d'élevage en fonction d'une certaine appréhension du risque de sécheresse en termes de fréquence et (ii) une flexibilité du système fourrager et du système d'élevage qui est du domaine de **l'adaptation tactique**. L'adaptation stratégique concerne donc les choix de systèmes d'élevage : date de vêlage ou d'agnelage, niveau de production laitière, type de production animale (gras ou maigre ; brouillards, bouvillons ou boeufs...) et de systèmes fourragers (niveau de chargement en fonction de la STH ou de la SFP, niveau d'utilisation des concentrés, part de l'herbe et du maïs ensilage, pâturage ou foin et ensilage d'herbe, recours à d'autres ressources fourragères, choix des espèces...). L'adaptation tactique concerne quant à elle la gestion annuelle et saisonnière du système fourrager en fonction de l'évolution climatique subie ou prévue (date de mise à l'herbe, gestion des stocks, utilisation des cultures à double fin : maïs ensilage vs. grain, céréales immatures, utilisation des pailles).

– Le maïs ensilage : une ressource fourragère essentielle...

En France, dans la plupart des systèmes d'élevage de ruminants la culture du maïs, lorsqu'elle est possible, est devenue un élément essentiel des systèmes fourragers. En effet, son utilisation sous forme d'ensilage permet de **sécuriser la constitution de stocks fourragers de très bonne valeur alimentaire** sachant que ces stocks sont nécessaires pour l'alimentation hivernale des troupeaux (4 à 6 mois selon les régions) et qu'ils peuvent permettre de pallier l'absence de croissance d'herbe pendant les mois d'été (2 à 3 mois selon les régions et les années) (CHENAIS *et al.*, 1997). Certains systèmes d'élevage laitiers intensifs ont fait de cette culture la ration unique de leur troupeau tout au long de l'année (Bretagne, Pays-de-la-Loire, Sud-Ouest). L'ajustement tactique de ce système vis-à-vis des aléas de sécheresse consiste en une double valorisation de la sole semée en maïs. La part du maïs récolté en grain à l'automne s'ajustant en fonction du niveau de rendement permis par le climat de l'été. Dans les régions où l'ensilage de maïs constitue la base essentielle des stocks fourragers, un élément d'ajustement très efficace consiste pour les éleveurs à jouer sur le rapport entre les surfaces de maïs ensilé et celles récoltées en grain. Cette grande flexibilité que l'on rencontre dans les systèmes laitiers intensifs de l'Ouest permet de maintenir de forts niveaux de chargement, mais à condition que la production du maïs ne soit pas elle-même soumise à de trop fortes variations de rendement dues à la sécheresse, ce qui est rarement le cas en dehors des systèmes irrigués.

– ...mais parfois remise en cause

Dans un certain nombre de situations, le recours à l'irrigation, notamment dans les régions à risque de sécheresse plus important (Poitou-Charentes), permet d'assurer une très grande régularité de la production d'ensilage et d'avoir un système extrêmement sécurisé. Ce système, malgré sa simplicité et sa sécurité, se heurte cependant à un certain nombre de contraintes de divers ordres :

- restrictions locales de la ressource en eau plus ou moins forte, ce qui limite les volumes d'eau disponibles et les périodes d'irrigation ;
- problèmes environnementaux liés à la trop grande importance du maïs dans les rotations, à la difficulté à assurer une couverture du sol en hiver pour éviter la lixiviation du nitrate, à l'utilisation trop systématique d'herbicides, et aux difficultés de gestion des effluents d'élevage dans ces systèmes trop intensifs (LE GALL *et al.*, 1997) ;
- problèmes économiques liés au coût de l'unité fourragère produite (GRASSET, 1997) ;
- interdiction de l'ensilage pour certaines filières fromagères ;
- dépendance vis-à-vis des filières d'approvisionnement en complément azoté et minéral ;
- pressions locales de la société vis-à-vis des problèmes de gestion des ressources en eau.

En absence d'irrigation, la production de maïs ensilage peut varier dans de très grandes proportions. En Poitou-Charentes, dans un sol à réserve utile d'environ 150 mm (INRA de Lusignan), la production de maïs ensilage peut varier de 9 t MS à l'hectare en année très sèche (1976, 1991, 2003, 2006) à 18-20 t en années humides. Une telle variabilité peut devenir très difficile et coûteuse à gérer. En sol à moindre réserve utile, il devient impossible de baser un système d'élevage sur la seule ressource fourragère du maïs en absence d'irrigation dans les régions à sécheresse accentuée.

- Le sorgho grain ensilé, une alternative possible au maïs en région sèche avec des atouts environnementaux

L'ensilage de sorgho grain pour l'utilisation par les bovins s'est développé localement dans certaines régions du Sud-Ouest comme alternative au maïs en situations de sécheresse (LEGARTO, 2000). L'analyse de cette solution alternative doit se faire à deux niveaux : (i) adaptation de la culture du sorgho vis-à-vis de la sécheresse comparativement au maïs et (ii) valeur et efficacité alimentaire de l'ensilage de sorgho pour différents types d'animaux.

Des études agronomiques ont été réalisées à l'INRA de Lusignan permettant de comparer la production de matière sèche du sorgho et du maïs en conditions sèches et sous irrigation (tableau1).

TABLEAU 1 – Comparaison de la production de matière sèche, de la consommation totale d'eau (irrigation, pluie, réserve du sol), de l'efficacité de l'eau et des prélèvements d'azote, entre une culture de maïs et une culture de sorgho récoltés en ensilage à l'INRA de Lusignan en 1991. D'après LEMAIRE *et al.* (1996).
Maïs : cv Furio ; Sorgho : cv DK18.

	Irrigué		Sec	
	Maïs	Sorgho	Maïs	Sorgho
Production de matière sèche (t/ha)	24	18	9	13
Consommation d'eau (mm)	615	480	300	310

En conditions non limitantes d'alimentation en eau, le maïs ensilage a un potentiel de production nettement plus élevé que le sorgho. Cependant, cette forte production du maïs ne peut être obtenue qu'avec une consommation d'eau globale (pluies, réserves du sol et irrigation) très importante de 615 mm. Le sorgho, du fait de son potentiel de production plus faible, n'a consommé que 480 mm d'eau au total. L'efficacité de l'eau du maïs et du sorgho en situation irriguée a été identique (39 vs. 37 kg MS/mm H₂O). Cependant, l'efficacité de l'eau du maïs diminue de 39 à 30 kg de MS par mm d'eau consommé lorsqu'il passe d'une condition irriguée à une condition sèche, alors que l'efficacité du sorgho augmente de 37 à 42. Cette différence entre maïs et sorgho avait déjà été signalée et quantifiée par MARTY et PUECH (1971). En conditions de sécheresse prononcée, le maïs et le sorgho consomment une même quantité d'eau de 300 mm. Cependant, du fait de sa chute d'efficacité, le maïs ne produit que 9 t MS par hectare alors que le sorgho en produit 13. **Il y a donc une inversion du potentiel de production entre le sorgho et le maïs lorsque l'on passe d'une situation non limitante d'alimentation en eau à une situation de sécheresse importante.** Ces résultats sont confirmés par les observations faites par STRAEBLER et LE GALL (1998) dans la région Aquitaine qui indiquent qu'en situation de sécheresse importante le sorgho maintient une production plus élevée que le maïs.

Une des raisons fournies par LEMAIRE *et al.* (1996) pour expliquer la variation différente de l'efficacité de l'eau pour le maïs et le sorgho en fonction de la sécheresse est **qu'en situation de sécheresse l'absorption d'azote par le sorgho est peu affectée alors que le prélèvement d'azote du maïs devient très limité.** C'est cette limitation supplémentaire de nutrition azotée qui affecte donc l'efficacité de l'eau du maïs en conditions sèches.

L'introduction du sorgho dans les systèmes fourragers en substitution au maïs ensilage, quels que soient ses avantages agronomiques et environnementaux, implique qu'il puisse fournir des stocks

fourragers de qualité comparable à celle du maïs ensilage ou du moins pas trop pénalisante en fonction des exigences alimentaires des animaux. Différentes études ont été menées sur la valorisation des ensilages de sorgho par des vaches laitières (LEGARTO, 1991, 2000 ; NASCIMENTO *et al.*, 2005). Le tableau 2 résume une étude menée à l'INRA de Lusignan comparant directement un ensilage de sorgho grain conduit en sec avec un ensilage de maïs conduit la même année en irrigué.

TABEAU 2 – Performances comparées d'ensilage de maïs et d'ensilage de sorgho à l'INRA de Lusignan (2004). D'après EMILE *et al.* (2006).

	Culture			Ensilage		
	Pluie (mm)	Irrigation (mm)	Rendement (t MS/ha)	MAT (% MS)	NDF (% MS)	Amidon (% MS)
Maïs	190	152	20,1 t/ha	8,2	39	30,4
Sorgho	162	0	14,3 t/ha	10,4	40	27,7

	Performances animales				
	Quantités Ingérées (kg/j)	Lait/jour (kg)	Taux butyreux (%)	Taux protéique (%)	Poids vif (kg)
Maïs	17,0	29,9	4,01	3,21	+ 20
Sorgho	19,9	30,3	4,26	3,21	+ 29

Ces résultats montrent que les productions laitières permises par le sorgho cultivé en sec sont équivalentes à celles du maïs irrigué, mais avec un niveau d'ingestion légèrement plus élevé indiquant une efficacité alimentaire moindre. Comme signalé par STRAEBLER et LE GALL (1998), il est important de tenir compte du fait qu'en conditions de déficit hydrique prononcé, la teneur en grain du maïs aurait été fortement diminuée alors que celle du sorgho est maintenue à au moins 50%. Ceci se traduit par une détérioration importante de la qualité du maïs ensilage en situation de déficit hydrique et une baisse importante des performances animales permises.

En conclusion, **le sorgho grain ensilé peut devenir une alternative au maïs ensilage dans les régions sèches du Sud-Est, du Sud-Ouest et du Centre-Ouest, lorsque l'irrigation n'est pas possible ou trop sujette à restrictions.** Cette solution doit cependant être réservée à des sols suffisamment profonds permettant d'atteindre des niveaux de rendements suffisants sans recours à l'irrigation.

- Une stratégie fourragère pour valoriser au mieux les ressources naturelles en eau : pluies et réserves du sol

Lorsque la sécheresse estivale est trop intense, et en situation de sol à réserve hydrique trop limitée pour assurer une culture d'été, la stratégie qui doit être recherchée est la **constitution de stocks fourragers à partir de plantes réalisant l'essentiel de leur croissance dans les périodes où la sécheresse est limitée.** Ces stocks fourragers doivent permettre d'assurer l'alimentation des animaux à la fois pendant la période sèche et pendant la période hivernale.

- Les céréales immatures

De nombreuses études ont montré tout l'intérêt de l'ensilage des céréales d'hiver pour l'alimentation des troupeaux (LE GALL *et al.*, 1998 ; JOBIM et EMILE, 1999). PFIMLIN (1998) indique que les céréales généralement présentes dans les régions d'élevage, à l'exception de la montagne, peuvent constituer le cas échéant une solution de rattrapage pour pallier un déficit fourrager

occasionnel. En effet, pour ces cultures, **la décision de les reconverter en ensilage au stade immature se prend en fin de printemps, moment où l'éleveur peut déjà évaluer le risque de sécheresse à venir**. D'autre part, d'un point de vue zootechnique, il est plus rassurant pour l'éleveur de faire consommer 5 kg de blé sous forme d'ensilage que de distribuer séparément le grain et la paille aux animaux (PFIMLIN, 1998). L'utilisation systématique de cette ressource fourragère peut devenir la règle dans un certain nombre de situations à sécheresse chronique.

La production de matière sèche permise par l'ensilage des céréales immatures récoltées un mois avant la récolte en grain (stade grain laiteux-pâteux) se situe à environ 150-190% du rendement en grain exprimé à 15% d'humidité (LE GALL *et al.*, 1998). Ces auteurs montrent ainsi que dans le Maine-et-Loire, sur la période 1981-1997, le blé immature ensilé peut produire de 6 à 12 t MS, ce qui correspond au niveau de production du maïs ensilage dans cette région pour la même période. Une même étude dans le Pas-de-Calais, sur la période 1992-1997 (LE GALL *et al.*, 1998), indique une production moyenne de blé immature de 14,8 t MS à l'hectare avec un écart de 13 à 18 t alors que le maïs ensilage produit en moyenne 14 t MS/ha avec une variation de 10 à 16 t. On voit donc que, même dans des conditions *a priori* peu sèches, l'utilisation des céréales immatures peut devenir intéressante. **Dans les régions les plus sèches** du Centre-Ouest (Sud Bretagne, Pays-de-la-Loire et Poitou-Charentes), **les céréales immatures présentent une régularité de rendement** supérieure au maïs ensilage.

Les travaux d'Arvalis sur la ferme de La Jaillière en Loire-Atlantique ont permis de comparer les performances laitières de vaches alimentées avec des ensilages de céréales et avec de l'ensilage de maïs (ITCF, 1990, cité par LE GALL *et al.*, 1998). En conclusion de ces études, LE GALL *et al.* indiquent que « *les performances permises par l'ensilage de céréales immatures sont proches de celles obtenues par les bons ensilages d'herbe et légèrement inférieures à celles observées avec le maïs. Ces résultats sont très rassurants pour un fourrage qui a surtout une fonction de sécurité...* ».

Des études complémentaires sont en cours actuellement à l'INRA de Lusignan pour une analyse plus exhaustive des différents types de céréales utilisables, tant au niveau des espèces (blé, orge, avoine, triticale) que des variétés. De plus, il semble possible d'améliorer la valeur énergétique et protéique en introduisant des légumineuses à graine en mélange dans la céréale : culture de vesce-avoine, blé-pois ou triticale-pois par exemple (LECOMTE et PARACHE, 1993), à l'image de ce qui est parfois réalisé en agriculture biologique. Ainsi, les céréales immatures pourraient passer du statut de culture fourragère "opportuniste", à un statut de culture fourragère "de base" permettant de réaliser tout ou partie des stocks fourragers dans un certain nombre de situations, ce qui constitue alors une véritable **stratégie d'évitement de la sécheresse** au niveau du système fourrager.

– La luzerne pure ou en mélange

Lorsque la disponibilité en eau est faible, la luzerne peut produire 12 à 14 t MS là où le maïs n'en produit que 10 à 12 (STRAËBLER et LE GALL, 1998). La luzerne est naturellement adaptée à la sécheresse grâce à son enracinement profond. Il importe alors de la réserver à des sols permettant à cet enracinement de se développer. Les deux premières coupes de printemps sont généralement récoltées en foin ou en ensilage. Les foins sont difficiles à réaliser pour la première coupe. La technique de l'enrubannage peut permettre une récolte plus facile et de meilleure qualité (LE GALL *et al.*, 1993). Les repousses d'été, assez variables avec la sécheresse et le type de sol, peuvent être aisément pâturées. Le mélange de la luzerne avec des graminées telles que le dactyle ou la fétuque élevée permet en général une meilleure fenaison et une utilisation plus souple de la luzerne (LAVOINNE et PERES, 1993).

Cette ressource fourragère est assez négligée à notre avis dans bon nombre de régions. Ses qualités agronomiques (économie d'azote) devraient lui donner un grand regain d'intérêt, notamment par les économies d'énergie fossile correspondantes. **L'introduction de foins de luzerne directement dans la constitution de rations sèches complètes** peut être développée à l'échelle d'un territoire, la production de la luzerne pouvant alors être délocalisée des exploitations d'élevage vers les exploitations céréalières de la zone contribuant ainsi (i) à diversifier les assolements pour contribuer à une gestion plus durable des paysages (biodiversité, qualité des eaux) et (ii) à diminuer le risque de sécheresse dans certains systèmes d'élevage qui peuvent ainsi avoir accès à une forme d'alimentation sécurisée.

– L'extension de la période de pâturage

L'allongement de la période de pâturage au-delà des dates habituellement pratiquées, que ce soit en été ou en hiver, permet d'augmenter la part de l'herbe pâturée dans l'alimentation des troupeaux (POTTIER *et al.*, 2001 ; O'DONOVAN *et al.*, 2004), ce qui **diminue la part des stocks nécessaires et rend le système plus sécuritaire vis-à-vis de la sécheresse**. Mieux valoriser la croissance hivernale par le pâturage est un moyen de réduire la consommation en fourrages conservés qui seront ainsi disponibles en plus grande quantité pour réduire le déficit fourrager en été sec.

La croissance d'herbe est peu importante en hiver dans certaines régions alors que, dans les zones océaniques, elle peut produire jusqu'à 10-20 kg de MS par ha et par jour (LEMAIRE et SALETTE, 1982). Dans les Pyrénées, le pâturage de prairies en hiver peut contribuer de façon significative aux besoins nutritionnels des brebis en lactation, grâce notamment à une excellente valeur alimentaire de l'herbe ingérée (GIBON, 1981 ; DEDIEU *et al.*, 1991). Le **pâturage hivernal** peut être soit partiel et réduit aux "marges de l'hiver" (pâturage tardif et/ou précoce), soit total (DOBBELS *et al.*, 1996). Dans une étude expérimentale, POTTIER *et al.* (1996) ont montré en système ovin qu'il était possible d'exploiter l'herbe sur la totalité de la surface en hiver, sans que cela porte préjudice ni à la production fourragère, ni aux performances animales. Les surfaces consacrées aux stocks ne diminuant pas, le système est devenu excédentaire donc beaucoup moins vulnérable aux aléas de la sécheresse estivale. Dans les régions océaniques à climat relativement doux en hiver, le pâturage des prairies temporaires ou naturelles pendant la période hivernale peut, dans les conditions qui s'y prêtent (portance des sols), fournir un supplément de ressource fourragère non négligeable qui permet d'aborder les périodes sèches de l'été avec plus de sécurité. On peut, en outre, penser que le réchauffement climatique en cours devrait permettre dans les années à venir une contribution plus importante du pâturage en hiver.

Il est possible également de **reporter une partie de la croissance d'herbe de la fin du printemps pour être consommée sur pied** pendant la période estivale en situation de sécheresse (POTTIER *et al.*, 2001). Des essais dans le Morbihan ont montré que supprimer la fauche d'une parcelle d'excédent en fin d'été pour laisser l'herbe sur pied permettait de prolonger de 25 jours la saison de pâturage estival, grâce au pâturage de ces repousses âgées de 50 à 100 jours d'une association dactyle - trèfle blanc, bien consommée, qui conserve l'essentiel de sa valeur alimentaire. Cette technique de pâturage de stocks sur pied comparée au système classique de constitution maximum de stocks au printemps a permis dans cette expérience de passer d'une conduite déficitaire en fourrages conservés à une conduite excédentaire plus robuste face à l'aléa sécheresse. Ainsi THEBAULT (1999) signale qu'en Bretagne les repousses feuillues peuvent être pâturées en juillet-août après plus de 55 jours de repousse, notamment lorsque la prairie comporte du trèfle blanc. Du fait de l'association avec le trèfle blanc, ces repousses feuillues conservent une valeur alimentaire très intéressante malgré un âge de repousse élevé (0,75 à 0,80 UFL, 80 à 90 g PDI, DELABY et PECCATTE, 2003). SURAULT *et al.* (2001) ont réalisé une étude sur la valorisation du report sur pied en été de repousses de ray-grass anglais en comparant 4 variétés. Cette étude montre que la baisse de la qualité de l'herbe lorsqu'elle se dessèche sur pied reste relativement faible (-3 points de digestibilité entre 42 et 63 jours) et que la qualité de l'herbe consommée est relativement haute : en moyenne 79% de digestibilité à 63 jours de repousse.

En conclusion, on peut dire que **l'extension de la saison de pâturage en hiver et au printemps permet de valoriser la croissance d'herbe permise par les ressources naturelles en eau** (réserves du sol et pluie), en rendant les systèmes fourragers moins dépendants des aléas de la sécheresse. Il faut noter également que ces techniques sont susceptibles d'abaisser assez significativement les coûts de l'unité fourragère produite et doivent être analysées en conséquence à l'échelle du système de production. Pour que cette technique apporte réellement un surcroît de sécurité dans les systèmes fourragers, il importe qu'elle soit mise en œuvre à chargement animal constant. Il ne s'agit pas ici d'exploiter une nouvelle ressource fourragère entraînant une possibilité d'augmentation du chargement car, dans ces conditions, la sensibilité du système d'élevage aux aléas de la sécheresse estivale serait accrue. En revanche, il s'agit, en utilisant cette nouvelle ressource fourragère, de diminuer la dépendance des troupeaux vis-à-vis des stocks fourragers en limitant la consommation de ceux-ci durant la période hivernale afin d'en réserver le plus possible l'usage pour les périodes de pénurie d'herbe en été.

Conclusion

Les systèmes herbagers basés essentiellement sur la production d'herbe sont les plus sensibles aux aléas de sécheresse car ils ne disposent pas le plus souvent sur place de ressources fourragères complémentaires de substitution. Les cultures de céréales qui autrefois accompagnaient ces systèmes ont disparu de la plupart des régions herbagères et, avec elles, a disparu un élément essentiel de flexibilité des systèmes. Aujourd'hui, la seule flexibilité de ces systèmes ne peut être apportée que par une gestion « sécuritaire » du pâturage et des stocks, se traduisant par un chargement modéré, voire faible. Se pose alors le problème du coût économique de cette adaptation au risque de sécheresse compte tenu de son occurrence. Il ne peut être question de baisser le chargement au-delà d'un certain niveau pour pouvoir s'adapter à des sécheresses exceptionnelles. Dans ces situations de crise, il est alors nécessaire de mettre en œuvre des pratiques de sauvegarde, et notamment le recours à des achats de paille et de concentrés dans le cadre de solidarités régionales ou nationales.

Pour les systèmes plus intensifs de plaine, basés sur un système mixte herbe-fourrages annuels, la mixité entre le système fourrager et les cultures céréalières de vente devient un élément de flexibilité considérable face à la sécheresse. Cette complémentarité peut le plus souvent s'opérer à l'échelle de l'exploitation lorsque celle-ci reste dominée par un système de production de polyculture élevage. Mais la spécialisation de plus en plus prononcée des exploitations doit permettre d'envisager cette complémentarité à l'échelle des territoires par le biais d'échanges ou d'entraides entre exploitations céréalières et d'élevage voisines. Ainsi, l'élevage doit pouvoir se maintenir même dans les zones les plus sèches du pays comme élément régulateur des paysages dans le cadre d'un développement territorial durable. L'amplification et l'extension territoriale des sécheresses annoncées pour le futur n'impliquent donc pas inexorablement l'uniformisation de grands territoires céréaliers pour peu que l'on y maintienne un nombre suffisant d'exploitations d'élevage interagissant spatialement avec les exploitations céréalières dans le cadre de systèmes fourragers adaptés à la sécheresse.

Références bibliographiques

- ANDRIEU N., DURU M., COLÉNO F., OSTY P.L. (2006). Flexibilité de la gestion des ressources fourragères et pastorales permises par l'organisation du système fourrager. In : B.Dedieu, E. Chia, C. Moulin, M. Tichit (Eds), Flexibilité et changements dans les exploitations d'élevage (à paraître).
- CHENAIS F., LE GALL A., LEGARTO J., KEROUANTON J. (1997) La place du maïs et de la prairie dans les systèmes fourragers laitiers. I)- L'ensilage du maïs dans les systèmes d'alimentation. *Fourrages*, 150, 123-136.
- DEDIEU B., GIBON A., ROUX M. (1991). Notion d'état corporel des brebis et diagnostic des systèmes d'élevage ovin. *Etudes et recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*. INRA, 48p.
- DELABY L., PECCATTE J.R. (2003). Valeur alimentaire des prairies d'association ray-grass trèfle blanc utilisées entre 6 et 12 semaines de repousses. *Rencontres recherches sur les Ruminants*, 6, 135-138.
- DOBBELS M., POTTIER E., VAN QUACKEBEKE, (1996). Hivernage des brebis sous taillis et pâturage précoce de printemps. *Rencontres Recherches sur les Ruminants*, 7, 123-125.
- DURAND J.L. (2007) Les effets du déficit hydrique sur la plante : aspects physiologiques.(Même volume)
- DURU M., CHARPENTEAU J.L. (1981). Working on the farming systems in the Pyrenees. Elaboration of a model of constitution and utilization of hay stock. *Agricultural System*, 7, 137-156.
- DURU M. COLÉNO F.C., GIBON A. (1998). Systèmes d'élevage et aléas climatiques : une approche par modélisation. *Symposium Systèmes d'élevage et aléas climatiques en milieu méditerranéen*. Agadir (Maroc), 11/98, 329-338
- EMILE J.C., AL RIFAI M., CHARRIER X., LE ROY P., BARRIERE Y. (2006). Grain sorghum silages as an alternative to irrigated maize silages. In: *Proceedings XXIth European Grassland Federation*, Badajoz (Spain), 80-82.
- GIBON A. (1981). Pratiques des éleveurs et résultats d'élevage dans les Pyrénées Centrales. Thèse INA-PG, 106p.

- GONZALEZ-DUGO V., DURAND J.L., GASTAL F., PICON-COCHARD C. (2005). Short-term response of the nitrogen nutrition status of tall fescue and Italian rye-grass swards under water deficit. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56, 1260-1276.
- GRASSET M. (1997). Place du maïs et de la prairie dans les systèmes fourragers laitiers. II)- Aspects technico-économiques et exemples en Bretagne. *Fourrages*, 150, 137-146.
- JOBIM C.C., EMILE J.C. (1999). Systèmes d'utilisation des céréales d'hiver pour l'alimentation des animaux au Brésil. *Fourrages*, 159, 259-267.
- LAVOINNE M., PERES M. (1993). Intérêt des associations fourragères graminées-luzerne pour économiser la fumure azotée. *Fourrages*, 134, 205-210.
- LECOMTE P., PARACHE P. (1993). L'association avoine-pois : une culture fourragère adaptée aux régions de demi-altitude et utilisable comme plante abri d'un semis fourrager. *Fourrages*, 134, 211-216.
- LE GALL A., CORROT G., CAMPAGNAUD M., GARRIGUE. (1993). L'enrubannage : une technique pour optimiser la récolte de la luzerne. *Fourrages*, 134, 234-250.
- LE GALL A., LEGARTO J., PFLIMLIN A. (1997). Place du maïs dans les systèmes fourragers laitiers. III)- Incidences sur l'environnement. *Fourrages*, 150, 147-169.
- LE GALL A., DELATTRE J.C., CABON G. (1998). Les céréales immatures et la paille : une assurance pour les systèmes fourragers. *Fourrages*, 156, 557-572.
- LEGARTO J. (1991). le sorgho grain ensilé en plante entière. Utilisation par les vaches laitières. *Comptes Rendus N° 91062 et 92081 Institut de l'Élevage. ARPEB.*
- LEGARTO J. (2000). L'utilisation en ensilage plante entière des sorghos grains et sucriers : intérêts et limites pour les régions sèches. *Fourrages*, 163, 323-338.
- LEMAIRE G., SALETTE J. (1982). The effects of temperature and fertilizer nitrogen on the spring growth of tall fescue and cocksfoot. *Grass and Forage Science*. 37, 191-198.
- LEMAIRE G., DENOIX A. (1987) Croissance estivale en matière sèche de peuplement de Fétuque élevée et de Dactyle dans l'Ouest de la France. II) Interaction entre les niveaux d'alimentation hydrique et de nutrition azotée. *Agronomie*, 7, 381-389.
- LEMAIRE G., HÉBERT Y., CHARRIER X. (1996). Nitrogen uptake capacities of maize and sorghum crops in different nitrogen and water supply conditions. *Agronomie*, 9, 841-848.
- LEMAIRE G., DURU M., MICOL D., DELABY L., FIORELLI J.L., RUGET F. (2006) Sensibilité à la sécheresse des systèmes fourragers et de l'élevage des herbivores. In : *Sécheresse et Agriculture*. Rapport Expertise Scientifique Collective INRA, 88-108.
- MARTY J.R., PUECH J. (1971). Efficience de l'eau en production fourragère. *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France*. 57, 938-949.
- NASCIMENTO W.G., BARRIERE Y., CHARRIER X., HUYGHE C., EMILE J.C. (2005). Evaluation of sweet grain sorghum silage for dairy cows as an alternative to irrigated maize silage. *Proceedings of the XXth International Grassland Congress*, University College, Dublin, Eire, 2, 679.
- O'DONAVAN M., DELABY L., PEYRAUD J.L. (2004). Effect of time of initial grazing and subsequent stocking rate on pasture production and dairy performances. *Animal Research*, 53, 489-502.
- PFLIMLIN A. (1997). Sécheresse : gérer les risques. Méthodes et exemples de scénarios d'adaptation par grandes zones d'élevage. Dossier spécial Institut de l'Élevage, 111p.
- PFLIMLIN A. (1998). Risques climatiques et sécurités fourragères selon les régions d'élevage. Cas de la sécheresse. *Fourrages*, 156, 541-566.
- POTTIER E., SAGOT L., VAN QUACKEBEKE E. (1996). Pâturage hivernal de brebis dans le cadre d'une conduite extensive. *Rencontres des recherches sur les Ruminants*, 3, 99.
- POTTIER E., D'HOOR P., HAVET A., PELLETIER P. (2001). Allongement de la saison de pâturage pour les troupeaux allaitants. *Fourrages*, 167, 287-310.
- RUGET F., DELECOLLE R., LE BAS C., DURU M., BONNEVIALE N., RABAUD V., DONET I., PÉRARNAUD V., PANIAGA S. (2001). L'estimation régionale des productions fourragères. Colloque Ager-Mia, in, Malézieux, Trébuil et Jaeger (eds): *Modélisation des agroécosystèmes et aide à la décision*, Cirad-montpellier, Collection Repères, 263-282
- RUGET F., NOVAK S., GRANGER S. (2006). Adaptation du modèle STICS à la prairie. Valorisation dans le dispositif ISOP pour l'estimation des productions fourragères. *Fourrages*, 186, 241-256.
- STRAËBLER M., LE GALL A. (1998). Luzerne, sorgho et betterave. Trois cultures fourragères sécurisantes en conditions sèches ou froides. *Fourrages*, 156, 573-587.
- SURAUULT F., HAZARD L., EMILE J.C. (2001). Une approche qualitative des ray-grass anglais en stock sur pied au pâturage. *Fourrages*, 168, 573-587.
- THÉBAULT M. (1999). Gestion du pâturage en été. *Revue Elevage Rentabilité*, 355, 5-7.