

Sécheresse et production fourragère

Gilles Lemaire*

UR P3F, INRA, 86600 Lusignan, France

Introduction

La sécheresse de 1976 avait été vécue comme un évènement exceptionnel, par sa durée et son étendue géographique, ne devant intervenir qu'une ou deux fois par siècle. Depuis, d'autres sécheresses de même ampleur ont eu lieu à plusieurs reprises, s'établissant à des périodes différentes de l'année, printemps-été (1989-1990-2003), été (1995-1996) ou automne (1978, 2007), voire parfois en hiver (2005-2006), et affectant des zones géographiques différentes. Ainsi, d'évènements considérés comme exceptionnels en France en dehors des régions méditerranéennes, les sécheresses deviennent des contraintes relativement fréquentes affectant donc directement la production fourragère et les élevages. Dans certaines régions, l'irrigation qui permettait une régularisation de la production est elle-même restreinte du fait des tensions induites sur la ressource en eau. Aucune région française n'est épargnée, l'Europe du Nord étant elle-même soumise à des contraintes de manque d'eau parfois sévères. Les évolutions prévisibles du climat du fait du réchauffement de la planète semblent indiquer une légère tendance à l'augmentation de la pluviométrie hivernale, mais une diminution notable de la pluviométrie estivale et automnale se traduisant par une augmentation probable de la fréquence des sécheresses.

Il semble donc bien établi, que les sécheresses plus ou moins prononcées sont déjà et vont devenir de plus en plus des phénomènes climatiques récurrents auxquels la production fourragère et les systèmes d'élevage devront s'adapter. Il ne s'agira plus comme en 1976 de mettre en œuvre des mesures de sauvegarde exceptionnelle, mais bien de mettre en place une politique de gestion du risque en concevant des systèmes fourragers aptes à assurer une continuité de l'alimentation des troupeaux à partir d'une ressource fourragère soumise à l'aléa climatique. Nous analyserons dans un premier temps la réponse des espèces fourragères à la sécheresse. Nous verrons comment les systèmes d'élevage ont par le passé réagi aux deux sécheresses de 1976 et 2003 qui ont été les plus sévères. Enfin, nous essayerons de dégager quelques pistes permettant de concevoir des systèmes fourragers mieux adaptés à la sécheresse.

Réponse des plantes fourragères à la sécheresse

Par rapport aux systèmes de culture annuelles pour lesquelles on peut considérer que les aléas d'années sèches défavorables peuvent être compensées par les bonnes années et pour qui la production « moyenne » peut avoir économiquement un sens, les systèmes d'élevage qui doivent assurer à tout moment de l'année une adéquation entre l'offre en fourrage et la demande alimentaire du troupeau doivent mettre en œuvre des stratégies d'adaptation beaucoup plus coûteuses pour faire face à ces mêmes aléas. Ceci n'est d'ailleurs pas propre à la sécheresse. La croissance de l'herbe est un phénomène saisonnier, très irrégulier entre années même en absence de forte sécheresse, ce qui implique la constitution de stocks fourragers et de reports intra-annuels. Les aléas de sécheresses, par nature imprévisibles, amplifie cette distorsion entre offre et demande instantanée de fourrages. Dans les cas les plus extrêmes, cela peut même nécessiter des reports de stocks de fourrages d'une année

* correspondance : Gilles.Lemaire@lusignan.inra.fr

sur l'autre, très coûteux, voire des pénuries fourragères nécessitant l'importation de fourrages grossiers ou de paille.

Les systèmes fourragers sont en règle général composés de deux types de ressources fourragères associées en proportions variées dans les calendriers fourragers des troupeaux : (i) la production d'herbe des prairies permanentes ou temporaires qu'elle soit directement pâturée ou fauchée sous forme d'ensilage ou de foin, (ii) les cultures fourragères annuelles telles que le maïs ensilage, les céréales immatures ou certaines cultures dérobées. On trouve donc selon les régions des systèmes fourragers purement herbagers, des systèmes mixtes et des systèmes entièrement à base de maïs. Les différentes plantes n'ont pas exactement les mêmes capacités d'adaptation au manque d'eau, et il est important de rappeler ici quelques notions de base essentielles.

La consommation d'eau par un couvert végétal est le résultat de deux phénomènes conjoints : l'évaporation de l'eau directe du sol et la transpiration des plantes qui forment l'évapotranspiration. En réalité, il s'agit d'un seul et même phénomène physique, la transpiration des plantes n'étant en fait qu'une évaporation d'eau plus ou moins contrôlée par la plante à travers l'ouverture et la fermeture de ses stomates. Il s'agit donc d'une transformation de l'eau liquide en vapeur d'eau déterminée par l'apport d'énergie qui arrive au niveau des feuilles et du sol. Cette quantité d'eau qui peut ainsi s'évaporer à partir d'un couvert végétal bien développé et bien alimenté en eau est donc déterminée par le micro-climat local par les apports énergétiques nécessaires à cette évaporation. C'est ce qui est communément appelé Evapo-Transpiration Potentielle ou ETP. L'ETP est donc déterminée par les composantes du climat : rayonnement solaire, température, déficit de saturation de l'air et vitesse du vent.

La transpiration est le moyen par lequel la plante régule sa température et évite de voir ses tissus s'échauffer au-delà des limites compatibles avec la vie des cellules. Les pertes en eau d'une plante sont donc le prix à payer pour sa survie. En situation de bonne alimentation hydrique, les pertes d'eau par transpiration foliaire sont remplacées de manière quasiment continue par les prélèvements d'eau par les racines. Lorsque le sol se dessèche, les prélèvements d'eau par les racines diminuent et ne permettent plus de compenser les pertes par transpiration. Afin de maintenir la turgescence de ses tissus, la plante freine alors sa transpiration par une fermeture progressive de ses stomates. Or, cette fermeture des stomates a deux conséquences inévitables pour la plante : (i) une élévation de sa température, et (ii) une diminution de l'assimilation du CO₂. En fait, la plante 'anticipe' cette régulation en commençant à diminuer sa croissance foliaire bien avant de diminuer sa transpiration afin de réduire ses pertes en eau par la réduction des surfaces transpirantes. Mais, là aussi, cette réduction de croissance foliaire se traduit par une diminution de la captation de lumière et donc de photosynthèse et donc de la capacité de croissance de la plante.

En résumé, la seule réaction possible des plantes au manque d'eau se traduit inévitablement par une diminution de leur croissance. Il existe donc un lien direct entre la restriction de l'alimentation hydrique des plantes et leur diminution de croissance. Ce phénomène est général pour toutes les plantes supérieures. Lorsque le manque d'eau s'accroît, les plantes mettent en jeu des stratégies de survie. Celles-ci consistent en la sénescence accélérée de leurs feuilles, réduisant ainsi les pertes en eau, et l'accélération de la mise en réserve dans des organes de survie : stolons, rhizomes et base des tiges pour les graminées pérennes, graines pour les espèces annuelles. Ces stratégies de survie des espèces sont plus ou moins efficaces, permettant une reprise de végétation plus ou moins complète et rapide au retour des pluies, mais elles se traduisent toutes par un fort ralentissement voire un arrêt total de la croissance. L'adaptation à la sécheresse des plantes est ainsi antinomique de leur capacité à maintenir leur croissance en situation de manque d'eau.

Il ressort de ce bref rappel d'écophysiologie que la seule possibilité d'adaptation à la sécheresse des plantes est non pas la « résistance » à la sécheresse mais son « évitement ». Pour ceci, les plantes ont développé au cours de l'évolution différentes stratégies :

- (i) la saisonnalité de croissance qui permet aux plantes d'effectuer l'essentiel de leur croissance en période à faible probabilité de sécheresse et de passer la saison sèche en situation de dormance. C'est le cas des espèces ayant évolué en climat méditerranéen qui ont une forte croissance hivernale à faible température et une dormance estivale ;
- (ii) la profondeur d'enracinement qui permet à des espèces comme la luzerne d'avoir accès à des ressources en eau qui retardent la période de manque d'eau.

En jouant sur ces deux facteurs, on peut choisir des espèces fourragères plus ou moins adaptées à certains scénarios de sécheresse. Mais la gamme de variation est très étroite et il n'existe pas de plantes miraculeusement aptes à continuer leur croissance en situation de manque d'eau et rien ne permet d'annoncer qu'il sera possible d'en fabriquer, OGM ou pas...

Un autre point souvent discuté a trait à l'efficacité de l'eau. L'efficacité de l'eau mesure en réalité le rapport entre la production de matière sèche d'un peuplement végétal et la quantité d'eau qu'il a consommée. La plupart des plantes prairiales pérennes des régions tempérées ont une efficacité de l'eau assez similaire, autour de 25 kg/ha de matière sèche par mm d'eau consommée. Les graminées d'origine tropicale comme le maïs ou le sorgho ont une efficacité instantanée supérieure, soit autour de 40 kg MS/ha/mm d'eau. Pour un même volume d'eau disponible un maïs est donc plus efficace qu'une prairie ou une luzerne. Mais ceci n'a rien à voir avec l'adaptation à la sécheresse. On peut même dire qu'en valeur absolue une restriction d'eau sur maïs aura plus de conséquences (-40 kg de MS par mm d'eau) que sur la luzerne (-25 kg de MS par mm d'eau). De plus, l'efficacité de l'eau n'est pas le seul facteur à prendre en compte. Une eau moins efficace consommée en début de printemps par une luzerne à une période de relative abondance de la ressource peut s'avérer économiquement plus efficace qu'une eau plus efficace consommée en période d'étiage en été par un maïs. Il faut donc se méfier de ces comparaisons purement biologiques qui ne prennent pas en compte la réelle disponibilité de la ressource.

Impacts des sécheresses passées sur les systèmes fourragers. Exemples de 1976 et 2003.

En 1976, en simplifiant, on peut dire que le déficit fourrager national avait été d'un tiers de la production sur les deux tiers du pays, soit un manque d'environ 15 à 20 millions de tonnes de matière sèche (Marion *et al.*, 1972 ; Pflimlin *et al.*, 1997). Pour certaines régions, seules les premières coupes de ray-grass d'Italie avaient permis de faire un peu de stock. Les ensilages plus tardifs ou les foin avaient été fortement pénalisés ou inexistantes. Les maïs n'avaient pas levé ou très irrégulièrement, et n'avaient pas fait d'épi ou de grain par la suite. Aussi, dès début juin, l'ensilage des céréales a été fortement recommandé et ce d'autant plus que l'échaudage prenait de l'ampleur. Bien évidemment, l'herbe ne repoussant plus et grillant sur place, les animaux ont dû être rentrés à l'étable un à deux mois plus tôt que lors d'une année moyenne, souvent pour être alimentés à la paille et aux concentrés, faute d'autres aliments.

Des essais ou observations en fermes expérimentales ou chez des éleveurs ont d'ailleurs montré que ces rations à base de paille et de concentrés, bien ré-équilibrées en azote, minéraux et vitamines, permettaient de nourrir des vaches produisant une vingtaine de litres de lait, moyennant quelques précautions (Pflimlin, 1987). Après le retour des pluies, en septembre, les prairies y compris celles de ray-grass anglais (encore peu développé) avaient redémarré rapidement et permis des pâturages d'automne jusqu'en décembre, en complément de régimes à base de pailles et céréales. Les cultures dérobées avaient aussi apporté un complément substantiel, parfois trop riche en azote notamment pour les colzas, provoquant la mort de plusieurs centaines de vaches par intoxication par les nitrates non métabolisés par les plantes.

Finalement, en l'absence d'enquêtes à grande échelle et de statistiques, il a été estimé à partir de différents recoupements (Pflimlin *et al.*, 1997) qu'environ un quart du déficit fourrager avait été couvert par la paille (y compris les fanes de pois et cannes de maïs), un quart par l'ensilage des céréales ou de maïs grain, les dérobées et le pâturage prolongé, et un quart par les céréales et concentrés supplémentaires achetés, le dernier quart étant attribué à la décapitalisation, au tarissement précoce et prolongé des vaches ou à une restriction alimentaire plus sévère. Ainsi, sans pour autant handicaper les performances pour les années suivantes.

La sécheresse de 2003 n'a pas fait non plus l'objet d'un bilan précis, quant au déficit fourrager. Cependant, malgré la canicule et le déficit pluviométrique très important de juin à août, globalement les pertes de rendement ont été nettement plus faibles qu'en 1976. Une première estimation début septembre chiffrait le déficit fourrager à 20% (Institut de l'Élevage, 2003) d'après les experts régionaux et les observations en fermes, confortés par les estimations SCEES. De même, le Centre Commun de Recherche de la Commission Européenne annonçait, dès la mi-août 2003, une baisse globale de la production de blé et de maïs de l'ordre de 10%, les pays du sud étant les plus touchés, l'irrigation étant restreinte. Pour les prairies, l'estimation des pertes était nettement supérieure et se situait à plus de 30% pour la moitié sud de l'Europe, 10 à 20% pour la moitié nord (à l'exception de la Scandinavie), la France étant coupée en deux dans le sens nord-sud (CE 2003). Ces estimations étaient assez proches de celles faites par le SCEES avec ISOP mais avec une division de la France selon une diagonale sud-ouest – nord-est et non pas nord - sud.

Cependant, *a posteriori*, l'analyse des résultats des suivis technico-économiques des réseaux d'élevage et du RICA montrent que le déficit fourrager réel a été sensiblement plus faible. D'après la publication des résultats du RICA pour l'année 2003 (RICA, 2003), les stocks fourragers ont été réduits de 20% en moyenne sur l'ensemble des élevages d'herbivores. Les stocks ne représentant qu'une partie de la consommation de fourrage, nous en déduisons une perte de rendement moyen de l'ordre de 10% à 15% au niveau national avec une grande diversité. Toujours selon le RICA, les éleveurs de bovins viande ont acheté des fourrages et de la paille pour environ 1 000 € et du concentré pour 1 200 € supplémentaires pour une exploitation moyenne de 80 ha et 94 UGB, sans compter le manque à gagner sur le supplément de céréales autoconsommées. Ces dépenses moyennes supplémentaires ont été compensées par une aide publique de 3 200 € pour ce même groupe d'éleveurs de bovins viande car intégrant de fait une partie des pertes de croissance et les problèmes de reproduction des animaux et de moindre recette sur les cultures. Cette minoration du déficit fourrager apparent est également confirmée par une analyse plus détaillée sur la zone charolaise (Veysset *et al.*, 2007).

D'après le rapport de synthèse pour l'année 2003 des Réseaux d'élevages laitiers (Institut de l'Élevage, 2005), la sécheresse 2003 a particulièrement frappé l'Auvergne, la région Rhône-Alpes, Midi-Pyrénées, le Centre et la Bourgogne. Les élevages les plus affectés ont été les systèmes herbagers et herbagers-maïs de piémont, où les rendements en première coupe d'herbe ont été réduits d'environ 50% et les secondes coupes inexistantes. Les maïs ont été globalement moins pénalisés, sauf dans les piémonts du Massif central où les rendements ont chuté de plus de 50% avec une absence quasi totale de grain. Comme en 1976, la plupart des prairies ont fait preuve d'une remarquable faculté de récupération. Transformées en « paillason » pendant 3 à 4 mois, elles ont « redémarré » activement après le retour des pluies, du moins dans les zones inférieures à 700-800 m car, en montagne, la repousse a été arrêtée par le froid ayant brutalement succédé à la sécheresse.

Pour faire face au déficit fourrager, les solutions ont été adaptées selon les disponibilités régionales. En plaine, les déficits ont principalement été compensés par le recours à l'ensilage de maïs, initialement destiné au grain, ou par l'achat de paille et le stockage de céréales. En zone de piémont, les éleveurs ont acheté du maïs sur pied, souvent irrigué, aux céréaliers des plaines voisines avec des coûts de transport élevés. En piémont plus éloigné et en montagne herbagère, les éleveurs ont acheté de « l'énergie » sous forme relativement concentrée (pulpes, luzerne déshydratée, et divers co-produits), les

apports d'aliments grossiers étant assurés par de la paille et parfois du foin pour ceux qui en avaient acheté tôt. Dans le sud du Massif Central, on a eu recours aux rations dites « espagnoles » ou rations sèches.

A l'automne 2003, de nombreux éleveurs des zones de plaine et piémont ont fait pâturer les vaches en début de lactation, avec des productions de lait très correctes et des taux exceptionnels. Mais, en fin d'automne et en hiver, la production a décroché assez nettement avec des démarrages en lactation faibles et une persistance en dessous de la moyenne. Malgré un recours important aux aliments concentrés, les performances journalières des vaches pendant l'hiver 2003/2004 ont été, de 1 à 2 litres en dessous de la normale du fait de la moindre qualité de fourrages, notamment du maïs ensilage, particulièrement pauvre en grain.

En zone de montagne, en revanche, le froid ayant très rapidement succédé à la sécheresse, l'alimentation hivernale a été assurée par des fourrages achetés, plus riches en énergie que les régimes habituels à base de foin et d'ensilage, et les performances laitières se sont bien maintenues. La pénurie fourragère s'est surtout répercutée sur l'alimentation des génisses dont la croissance a été parfois affectée.

Mais c'est surtout au printemps 2004 que l'on a assisté à une baisse généralisée de collecte laitière, baisse d'intensité plus ou moins forte selon les régions : de -2 ou -3% en Auvergne et Rhône-Alpes à -7 ou -9% en région Centre, Poitou-Charentes ou Sud-Ouest. Les explications sont de différents ordres, certains éleveurs ayant fait le choix de réformer davantage, d'autres ayant été confrontés aux problèmes de reproduction (vaches trop maigres...), ou encore à des lactations prolongées. Ainsi, malgré la volonté des éleveurs laitiers de bien nourrir leurs vaches, les effets de la sécheresse 2003 se sont répercutés sur les performances du troupeau sur toute l'année 2004, voire au-delà, dans les régions les plus touchées.

Des systèmes fourragers mieux adaptés à la 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 sécheresse en terme 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; broutards, bouvillons ou bœufs, ...), 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...). 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).

1- 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 palier l'absence de croissance d'herbe pendant les mois d'été (2 à 3 mois selon les régions et les années) (Chénais et al. 1997). Certains systèmes d'élevage laitier intensifs ont fait de cette culture la ration unique de leur troupeau tout au long de l'année (Bretagne, Pays de 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'ajuste en fonction du niveau de rendement permis par le climat de l'été.

2- ...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 :

- (i) restrictions locales de la ressource en eau plus ou moins fortes liées aux pressions sociétales comme en Poitou-Charentes, ce qui limite les volumes d'eau disponibles et les périodes d'irrigation.
- (ii) 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).
- (iii) problèmes économiques liés au coût de l'unité fourragère produite (Grasset, 1997)).
- (iv) interdiction de l'ensilage pour certaines filières fromagères.
- (v) dépendance vis-à-vis des filières d'approvisionnement en complément azoté et minéral.

En absence d'irrigation, la production de maïs ensilage peut varier dans de très grandes proportions, notamment dans les sols à faibles réserves hydriques. En Poitou-Charentes, même dans un sol à réserve utile d'environ 150 mm (Sol Rouge à Châtaignier, INRA de Lusignan) la production de maïs ensilage peut varier de 9 tonnes de matière sèche à l'hectare en année très sèche (1976, 1991, 2003) à 18-20 tonnes en années humides. Une telle variabilité peut devenir très difficile à gérer. En régions à sol à moindre réserve utile, il devient simplement impossible de baser un système d'élevage sur la seule ressource fourragère du maïs non irrigué.

3- 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 sèche et sous irrigation. Le tableau 1 permet de synthétiser ces résultats (Lemaire et al. 1996).

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, cv. Furio, et une culture de sorgho cv. DK18, récoltées en ensilage à l'INRA de Lusignan. (D'après Lemaire *et al.*, 1996).

| | Irrigué | | Sec | |
|--|---------|--------|------|--------|
| | Maïs | Sorgho | Maïs | Sorgho |
| Production de Matière Sèche (tonnes/hectare) | 24 | 18 | 9 | 13 |
| Consommation d'eau (mm) | 615 | 480 | 300 | 310 |
| Efficience de l'eau (kg MS/ha/mm H ₂ O) | 39 | 37 | 30 | 42 |
| Prélèvement d'azote (kgN/ha) | 288 | 290 | 135 | 240 |
| Prélèvement d'azote (kg N/ha/mm H ₂ O) | 0.47 | 0.60 | 0.33 | 0.74 |

En condition non limitante d'alimentation en eau, le maïs ensilage a un potentiel de production nettement plus élevé que le sorgho. Ceci est dû à une croissance foliaire plus rapide du maïs qui intercepte ainsi une plus grande quantité de rayonnement. On retrouve là l'exigence thermique plus importante du sorgho par rapport au maïs. Ceci montre qu'en absence de sécheresse ou en conditions d'irrigation le maïs reste la culture la plus intéressante en terme de rendement par hectare. Cependant, cette forte production du maïs ne peut être obtenue qu'avec une consommation d'eau globale très importante de 615 mm. Sur ces 615 mm d'eau consommée, un total de 350 mm a été apporté par irrigation, ce qui représente une pression sur la ressource de 3 500 m³ par hectare. Le sorgho, du fait de son potentiel de production plus faible n'a consommé que 480 mm d'eau au total, et a nécessité une irrigation de 160 mm seulement, soit un prélèvement sur la ressource de 1 600 m³ par hectare. On pourrait alors en déduire qu'en cas de ressource en eau quantitativement limitée, il serait préférable d'irriguer du sorgho que du maïs. L'efficience de l'eau du maïs et du sorgho en situation irriguée étant identique (39 vs. 37 kgMS/ha/mm H₂O), on peut penser qu'il aurait été possible d'obtenir sur le maïs une production de 18 tonnes de MS par hectare, équivalente au sorgho en utilisant la même quantité d'eau d'irrigation de 160 mm. Cependant, on s'aperçoit que l'efficience de l'eau du maïs diminue de 40 à 30 kg de MS par mm d'eau consommée lorsqu'il passe d'une condition non limitante d'alimentation hydrique à une condition très restreinte, alors que l'efficience du sorgho augmente de 37 à 42. Cette différence entre maïs et sorgho avait déjà été signalée et quantifiée par Marty et Puech (1971). Ainsi, en conditions de restriction du volume d'eau disponible, une plus grande efficience de l'eau sera obtenue par l'irrigation du sorgho que par l'irrigation restrictive du maïs. En conditions de sécheresse prononcée le maïs et le sorgho consomment une même quantité d'eau de 300 mm environ correspondant à l'extraction de l'eau du sol (180 mm environ) et à l'apport des pluies. Cependant, le maïs ne produit que 9 tonnes de MS par hectare alors que le sorgho en produit 13 du fait de sa meilleure efficience pour l'eau dans ces conditions. Il y a donc une inversion du potentiel de production entre le sorgho et le maïs lorsque l'on passe d'une condition non limitante d'alimentation en eau à une condition de sécheresse importante. Ces résultats sont confirmés par les observations faites par Straeber et Le Gall (1998) qui indiquent en effet à partir de résultats obtenus dans la région Aquitaine qu'en situation de sécheresse importante le sorgho maintient une production plus élevée que le maïs.

Il doit donc exister un point d'équi-potentialité entre les deux cultures qui doit permettre de déterminer les situations où la culture du maïs reste favorable et celles où la culture du sorgho devient plus intéressante. Ce point d'équi-potentialité est difficile à établir expérimentalement dans chaque cas car il est fonction des types de sol et du climat.

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 au regard 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.

Tableau 2 : Performances comparées d'ensilage de maïs et d'ensilage de sorgho. (D'après Emile *et al.* INRA Lusignan, données non publiées).

| | Culture | | | Ensilage | | |
|--------|---------|------------|-----------------|------------|------------|---------------|
| | Pluie | Irrigation | Rendement en MS | 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) | Lait (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 encore préliminaires et en cours de confirmation indiquent que l'ensilage de sorgho grain effectué dans de bonnes conditions (teneur en MS de 33% par rapport à 35% pour le maïs) a une valeur alimentaire comparable à celle du maïs. On peut noter cependant que le sorgho présente deux points de MAT de plus que le maïs, ce qui est confirmé par Legarto (2000). L'ensilage de sorgho est davantage consommé que l'ensilage de maïs. Cet avantage ne se retrouve pas dans la production laitière mais seulement dans l'état corporel des animaux. Ces résultats impliquent donc que la substitution du maïs irrigué par du sorgho s'accompagnerait d'une affectation accrue de surface par vache (i) pour compenser l'écart de production de 6 tonnes de MS par ha, soit une augmentation de 30% et (ii) pour compenser le différentiel de consommation qui est de 17%, soit au total une augmentation de la surface par vache à production laitière constante de près de 50%. Cependant, en toute rigueur, la comparaison entre maïs et sorgho aurait dû s'effectuer dans les mêmes conditions de non irrigation. Compte tenu de l'intensité assez faible de la sécheresse en cette année 2004, le volume d'eau d'irrigation n'a été que de 150 mm. Si l'on prend comme hypothèse une efficacité de l'eau de 40 kg de MS par mm d'eau, le même maïs en sec aurait eu un déficit de production de 6 tonnes de MS, soit une production équivalente à celle du sorgho cette année-là. Dans ces conditions d'équi-production des deux cultures, la substitution du maïs par le sorgho se heurte à la moindre valorisation du sorgho ensilé en terme de lait produit. Toutefois, on peut estimer que dans toutes les situations à sécheresse plus forte entraînant une production du maïs inférieure de plus de 20% à celle du sorgho, la substitution du premier par le deuxième sera économiquement avantageuse. Seule une étude fréquentielle à l'aide d'un simulateur de culture tel que STICS, prenant en compte, le type de sol et la variabilité climatique permettra de déterminer dans chaque situation s'il y a un avantage stratégique à substituer le sorgho au maïs. Ce type d'étude est en cours à l'INRA de Lusignan dans le cadre du projet PRAITERRE (Agriculture et Développement Durable). Elle sera couplée avec une analyse économique. Comme signalé par Straeber et Le Gall (1998) et indiqué dans le tableau 2, il est important de tenir compte du fait qu'en condition de déficit hydrique prononcé, la teneur en grain du maïs est 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.

Des recherches complémentaires sont indispensables afin de voir comment mieux optimiser l'utilisation du sorgho grain ensilé dans les rations pour l'élevage des ruminants. La plus faible efficacité alimentaire du sorgho par rapport au maïs mérite d'être plus précisément analysée afin d'en déterminer les causes : moins bonne digestibilité de la partie « tige » ou moindre efficacité du type d'amidon. Des études sur d'autres types d'animaux seraient également nécessaires notamment pour l'engraissement. Au niveau du matériel génétique végétal, une grande variabilité de types de sorgho est disponible avec des rapports tiges/grains très variables et des précocités très différentes. L'utilisation des sorghos dit « sucriers » (Soudais, 1998) qui accumulent des sucres solubles dans leur tige permettraient d'accroître les potentialités de production par rapport aux sorghos grain classiques de 10 à 40%. Cependant, les taux de grain de ces types de sorgho sont très variables et ne permettent pas toujours d'atteindre une teneur en MS de 35% pour la récolte, ce qui handicape la qualité de l'ensilage et réduit fortement les quantités ingérées. Il existe donc un certain nombre de voies à explorer afin de permettre une meilleure utilisation de cette espèce.

En conclusion, on peut dire que, dès à présent, 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 dans des situations où l'irrigation n'est pas possible ou trop sujette à restrictions. Cette culture n'apparaît cependant possible qu'au Sud de la Loire avec le matériel génétique actuel. Elle doit cependant être réservée à des sols suffisamment profonds permettant d'atteindre des niveaux de rendements suffisants sans recours à l'irrigation. Afin de limiter les fluctuations de rendements les années les plus sèches, des irrigations de complément en quantité limitée pourraient être envisagées, du fait de la bonne efficacité de cette culture en conditions de limitation d'alimentation hydrique. Cependant, ceci se heurte souvent à la nécessité d'anticipation dans la gestion des tours d'eau et des blocs d'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 situations de sols 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 devant permettre d'assurer l'alimentation des animaux à la fois pendant la période sèche et pendant la période hivernale.

1- Les céréales immatures

L'ensilage de céréales immatures peut constituer une solution pour fournir des stocks fourragers en situations où les cultures d'été telles que maïs ou sorgho ne sont pas possibles. De nombreuses études, tant en France qu'à l'étranger ont montré tout l'intérêt de l'ensilage des céréales d'hiver pour l'alimentation des troupeaux (Legall *et al.*, 1998 ; Bergen *et al.*, 1991 ; Garnsworthy et Stokes, 1993 ; Jobim et Emile, 1999 ; Mac Cartney et Vaage, 1997). Pfmilin (1998) indique que les céréales étant généralement présentes dans les régions d'élevage, à l'exception de la montagne, elles peuvent constituer le cas échéant une solution de rattrapage pour pallier un déficit fourrager occasionnel. A ce titre, les céréales immatures constituent sans doute la première sécurité vis-à-vis d'un déficit fourrager car elles peuvent être menées soit en grain soit en ensilage. En effet, pour ces cultures, la décision de les reconverter en ensilage au stade immature se prend en début d'été, moment où l'éleveur peut déjà évaluer le risque de sécheresse. D'autre part, d'un point de vue zootechnique, il est plus rassurant pour l'éleveur de faire consommer 5 kg de blé dans l'ensilage que de distribuer séparément le grain et la paille aux animaux (Pfmilin, 1998). Cependant, on peut penser que 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 immature récolté 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 tonnes de matière sèche 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 tonnes de matière sèche à l'hectare avec un écart de 13 à 18 t/ha, alors que le maïs ensilage produit en moyenne 14 tonnes de matière sèche à l'hectare avec une variation de 10 à 16 t/ha. 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 Loire et Poitou-Charentes), les céréales immatures présentent une régularité de rendement supérieure au maïs ensilage. Ces estimations de rendement ont été réalisées sur la base des cultures de céréales en grain, principalement les blés. Or, il est possible de diversifier la gamme de céréales. En utilisant soit de l'orge soit de l'avoine (Garnsworthy et Stokes, 1993 ; Mac Cartney et Vaage, 1994). L'utilisation du triticale permet d'avoir des productions de matière sèche souvent supérieures (Royo et Pares, 1996 ; Andrews *et al.*, 1991).

L'évolution rapide de la qualité impose une récolte à un stade « laiteux-pâteux » correspondant à une teneur en matière sèche comprise entre 30 et 40%. Pour le blé, l'avoine et le triticale, cela correspond en moyenne à 39-40 jours après la floraison. En revanche, l'orge doit être récoltée plus tôt (15-20 jours après floraison) en raison de la présence des barbes. Dans les tables alimentaires de l'INRA (1998), la digestibilité des céréales immatures est donnée à 60% (0,64UFL/kg MS) contre 70% au maïs ensilage. Cependant des essais plus récents (Emile *et al.*, 2008) donnent des valeurs un peu plus élevées (0,70 UFL/kg MS). Des travaux danois (Kristensen, 1992) indiquent même des valeurs quasiment identiques à celle du maïs ensilage. De plus, des résultats obtenus en Angleterre (Tetlow, 1992) montrent que l'application d'urée ou de soude permet d'améliorer l'ingestibilité et la digestibilité de ces ensilages de 2 à 5 points. Leaver et Hill (1995) montrent que les performances laitières permises par l'ensilage de céréales immatures sont analogues à celles des ensilages d'herbe. Les travaux d'Arvalis sur la ferme de la Jaillière dans le Maine et Loire 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)). Les conclusions de ces travaux sont que

- (i) l'ingestion des céréales immature est inférieure à l'ingestion de l'ensilage de maïs,
- (ii) la production laitière permise par l'ensilage de blé immature est nettement plus faible que celle observée pour le maïs ensilage (-3kg lait/vache),
- (iii) mais les taux protéiques et butyreux sont supérieurs ainsi que l'état corporel des animaux.

Pour la production de viande, Le Gall *et al.* (1998) indiquent que les quantités ingérées d'ensilage de céréales peuvent être supérieures à celle du maïs et conduisent à des performances identiques en terme de GMQ que les ensilages de maïs. En conclusion de leur étude, Le Gall *et al.* (1998) 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... ». De façon plus structurelle, l'ensilage de céréales immatures pourrait être avantageusement associé à l'ensilage d'herbe. C'est aussi un excellent complément du pâturage de cultures dérobées et des repousses d'herbe d'automne pour la production de viande.

Le recours à l'utilisation de céréales immatures pour constituer des stocks fourragers de bonne qualité constitue donc une solution permettant à la fois de sécuriser les systèmes fourragers et d'élevage dans les situations où l'irrigation du maïs n'est pas possible. Des études complémentaires sont en cours

actuellement à l'INRA de Lusignan pour essayer d'optimiser cette production. En effet, une analyse plus exhaustive des différents types de céréales utilisables, tant au niveau des espèces (blé, orge, avoine, triticale) que des variétés s'avère nécessaire. De plus, il semble possible d'améliorer la valeur énergétique et protéique en introduisant des légumineuses à graines 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 » permettant seulement d'apporter une sécurité au système fourrager en année sèche, à un statut de culture fourragère « de base » permettant de réaliser tout ou partie des stocks fourragers dans un certain nombre de conditions ce qui constitue alors une véritable stratégie d'évitement de la sécheresse au niveau du système fourrager. Enfin, il est intéressant d'analyser cette culture dans le cadre d'un développement agricole plus durable. En effet, les itinéraires techniques pour la production d'ensilage ne sauraient être les mêmes que ceux mis en œuvre pour la production de grains. La gestion des apports azotés, du désherbage et des maladies sur cette nouvelle culture doit pouvoir conduire à des économies appréciables d'intrants par rapport aux productions céréalières classiques. Ceci doit être analysé et intégré dans une analyse environnementale et technico-économique.

2- La luzerne pure ou en mélange

Les surfaces de luzerne ont continuellement diminué en France depuis les années 1960, passant de plus d'un million d'hectares à environ 470 000 ha dans les années 1990 (Arnaud et al. 1993) puis à 360 000 ha aujourd'hui (Huyghe et al. 2005). Ces chiffres ne concernent que la luzerne semée en pure. Les ventes de semences étant relativement stables, on devrait pouvoir conclure en une légère augmentation des surfaces semées en association luzerne-graminées. Cette diminution correspond pour partie à la disparition de l'élevage dans les régions céréalières. Mais même dans certaines zones de polyculture-élevage cette culture, pourtant dotée de propriétés agronomiques et environnementales indéniables, reste largement sous-utilisée dans les systèmes fourragers. Face à la simplicité d'utilisation du maïs ensilage, la luzerne présente certaines contraintes de récolte et d'utilisation, notamment pour les premières coupes, période à laquelle la réalisation de foins de qualité reste délicate et aléatoire. La déshydratation est apparue comme une solution idéale, ce qui a permis le maintien de la luzerne dans les rotations céréalières en Champagne. On peut noter que la luzerne déshydratée constitue une ressource fourragère largement mobilisée par différents types d'élevage, notamment pendant les épisodes de sécheresse. Cependant, cette solution, techniquement très satisfaisante notamment en ce qui concerne la réduction de la charge de travail, ne peut guère être généralisable étant donné le prix de l'énergie. Il est cependant possible que des solutions techniques plus souples comme le séchage en grange utilisant des sources d'énergie alternatives puissent se développer localement pour permettre de sécuriser la récolte de foins de qualité (Baud, 1998 ; Foucras, 1998).

En situations de faibles disponibilités en eau, la luzerne peut produire 12 à 14 tonnes de matière sèche là où le maïs n'en produit que 10 à 12 (Straëbler et Le Gall, 1993). 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. Cependant, la technique de l'enrubannage peut permettre une récolte plus facile et de meilleure qualité (Le Gall *et al.*, 1993) bien qu'elle ne soit pas aussi aisée avec la luzerne pure, ce qui justifie parfois le recours aux associations. Les repousses d'été d'intensité assez variable avec la sécheresse et le type de sol peuvent être aisément pâturées. Les risques de météorisation peuvent être maîtrisés (cf les élevages argentins), mais la réduction de la pérennité des luzerne demeure un problème. Le mélange

de la luzerne avec des graminées telles que le dactyle ou la fétuque élevée permet en générale une meilleure fenaison et une utilisation plus souple de la luzerne (Lavoine et Peres, 1993).

Les foin de luzerne sont un très bon complément alimentaire du maïs ensilage ou des ensilages de céréales immatures. En outre, les stocks fourragers ainsi constitués sont aisément reportables d'une année sur l'autre, offrant ainsi à l'éleveur une souplesse d'adaptation à la sécheresse dans son système fourrager. Malgré des teneurs en MAT assez élevées, la luzerne a une valeur azotée assez moyenne du fait de la grande dégradabilité de ses protéines dans le rumen (Julier et al. 2002), c'est pourquoi sa distribution avec un ensilage riche en amidon est préférable.

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. Dans le cadre d'une agriculture durable, il est important de prendre en compte les économies d'énergie réalisées par l'utilisation de la luzerne à travers les économies d'engrais azotés. Enfin, cette culture limite de manière importante les fuites de nitrates vers les nappes et ne requiert qu'une très faible application d'herbicides. Malgré une efficacité pour l'eau de l'ordre de 25 kg MS/mm H₂O comparée à celle du maïs de 40 kg MS/mm, une irrigation d'appoint de la luzerne en fin de printemps peut permettre d'assurer une troisième voire une quatrième coupe en été qui peut procurer un excellent foin. Cette irrigation précoce de la luzerne peut se situer avant le début de l'irrigation du maïs.

3- 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)). De ce fait, il est possible de diminuer la part des stocks nécessaires. Cette extension de la période de pâturage consiste essentiellement à faire consommer au pâturage, en période de faible croissance de l'herbe en hiver ou en été, des stocks sur pied qui ont été élaborés pendant des saisons où la croissance de l'herbe était possible (automne et fin de printemps - début d'été avant la sécheresse). Mieux valoriser la croissance hivernale par le pâturage à une période où il n'y a aucun risque de sécheresse est un moyen de produire sans réduire la disponibilité en eau aux périodes à risque. C'est aussi 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 10-15 kg MS/ha/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). Cependant, lorsque l'on laisse un stock d'herbe sur pied important à l'automne pour être consommé pendant l'hiver, l'accumulation de matériel sénescé diminue fortement la qualité de l'herbe (Lemaire, 1999 ; Ducrocq, 1996 ; Delagarde *et al.*, 1999). Il s'agit donc d'avoir une gestion adaptée du pâturage en cette saison pour tirer un profit maximum de cette ressource en faisant coïncider les périodes à faibles besoins des animaux aux périodes à faible croissance de l'herbe et en adaptant le chargement aux conditions climatiques (Pottier *et al.* 2001). 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). Pottier *et al.* (2001) rapportent une série d'expérimentations où ils montrent que le pâturage hivernal de prairies temporaires ou permanentes n'a pratiquement pas affecté la production d'herbe au printemps suivant. Seul un décalage de la production en début de printemps est observé. Il importe cependant d'utiliser cette pratique avec une certaine prudence en évitant de trop forts chargements instantanés qui pénaliseraient la prairie par le piétinement en période trop humide et qui poseraient des problèmes environnementaux de lixiviation du nitrate. Dans cette expérimentation, toujours selon Pottier *et al.* (2001), la conduite des bovins et des ovins en plein air pendant l'hiver n'a

pas d'effet négatif sur les performances, sous réserve d'une disponibilité minimale de l'herbe. Dans une étude expérimentale, Pottier *et al.* (1996) ont montré qu'à l'échelle d'un système ovin, il était possible d'exploiter l'herbe jusqu'à une hauteur de 2 à 2,5 cm sur la totalité de la surface en hiver, sans que cela porte préjudice ni à la production fourragère ni aux performances animales. Au cours des 5 années d'expérimentation, les surfaces consacrées aux stocks n'ont pas diminué et le système est devenu excédentaire donc beaucoup moins vulnérable aux aléas de la sécheresse estivale. On peut donc dire que 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. En effet, l'herbe produite en fin d'automne et en hiver, si elle n'est pas consommée sur place par les animaux, sera perdue par sénescence (Lemaire, 1999). Il s'agit donc d'exploiter au mieux une ressource fourragère naturelle qui, bien que modeste, peut fournir une part de l'alimentation de certains troupeaux. Lemaire (1991) a montré que la précocité de croissance de l'herbe en fin d'hiver et au début du printemps était fortement dépendante des modes d'exploitation de l'herbe à l'automne. On peut en outre penser que le réchauffement climatique en cours devrait permettre dans les années à venir une contribution plus importante de l'hiver au pâturage.

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 la suppression d'une fauche de parcelles d'excédent en fin d'été et son dessèchement sur pied permettait un prolongement de 25 jours de la saison de pâturage estival en pâturant des repousses âgées de 50 à 100 jours d'une herbe bien consommée (association dactyle – trèfle blanc) 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, Thébaud (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. Cette étude confirme les résultats obtenus par Lemaire *et al.* (1989) qui montraient que la qualité de la luzerne était en général augmentée par la sécheresse. En effet, la diminution de la digestibilité au cours du temps est liée à la croissance des plantes (Duru *et al.*, 1995 ; Ducrocq et Duru, 1996) or celle-ci devenant presque nulle avec la sécheresse elle ne diminue que très lentement.

En conclusion, on peut dire que l'extension de la saison de pâturage en hiver et au printemps permet de valoriser au mieux la croissance d'herbe permise par les ressources naturelles en eau, réserves du sol et pluie, en rendant les systèmes fourragers moins dépendant 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. Il s'agit par contre en utilisant cette nouvelle ressource fourragère de diminuer la dépendance des

troupeau 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.

4- La paille : une ressource à mobiliser

D'après le Bureau Commun des Pailles et Fourrages, environ 40% des pailles produites sont autoconsommées, 20% sont régulièrement commercialisées et plus de 30% seraient enfouies pour l'entretien organique des terres (d'après Pflimlin *et al.*, 1997). Ceci permet donc une certaine mobilisation supplémentaire de la ressource en cas de pénurie fourragère importante au niveau régional ou national. Ainsi, en 1976, il a été possible de mobiliser de 3 à 4 millions de tonnes de paille supplémentaires pour l'alimentation des animaux sur un total de 20 millions de tonnes de paille produite. Ceci n'a été possible qu'au prix d'un grand effort de solidarité nationale (plan « paille »). Cependant, cette ressource est plutôt en régression du fait que les zones céréalières prennent de plus en plus conscience de l'entretien organique de leurs sols.

La paille peut être consommée en l'état et il n'est pas besoin de la broyer ni de la hacher. Les traitements chimiques ne sont pas nécessaires lorsque la paille est distribuée avec des concentrés. Des régimes paille + concentrés conviennent à toutes les catégories d'animaux, la part de concentrés dans la ration devant être ajustée au niveau des performances animales attendues (Pflimlin *et al.*, 1997).

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 et 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 à l'échelle territoriale adaptés à la sécheresse.

Références bibliographiques

- Andrews A.C., Wright R., Simpson P.G., Jessop R., Reeves S., Wheeler J., 1991. Evaluation of new cultivars of triticale as dual-purpose forage and grain crops. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 31, 769-775.
- Arnaud J.D., Le Gall A., Pflimlin A., 1993. Evolution des surfaces en légumineuses fourragères en France. *Fourrages* 134, 145-154.
- Baud A., 1998. En Franche-Comté, du foin de qualité par le séchage en grange. *Fourrages* 156, 451-458.
- Bergen W.G., Byrem T.M., Grant A.L., 1991. Ensiling characteristics of whole-crop small grains harvested at milk and dough stages. *Journal of Animal Science* 69, 1766-1791.
- Chénais F., Le Gall A., Legarto J., Kerouanton J., 1997. Place du maïs et de la prairie dans les systèmes fourragers laitiers. I- l'ensilage du maïs dans le système 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, 48 p.
- Delaby L., Peccatte J.R., 2003. Valeur alimentaire des prairies d'association ray-grass / trèfle blanc utilisées entre 6 et 12 semaines de repousse. *Rencontres Recherches sur les Ruminants* 10, 389.
- Delagarde R., Peyraud J.L., Delaby L., 1999. Effet des quantités offertes sur l'ingestion de l'herbe d'automne chez la vache laitière au pâturage. *Rencontres Recherches sur les Ruminants* 6, 135-138.
- Dobbels M., Pottier E., Van Quackebeke E., 1996. Hivernage des brebis sous taillis et pâturage précoce de printemps. *Rencontres Recherches sur les Ruminants* 7, 123-125.
- Ducrocq H., 1996. Croissance des prairies de graminées selon la fertilisation azotée, l'intensité et la fréquence des défoliations. Thèse de Doctorat, 150p.
- Ducrocq H., Duru M., 1996. Effet de la conduite d'un pâturage tournant sur la digestibilité de l'herbe offerte. *Fourrages* 145, 91-104.
- Duru M., Calviere I., Tirilly V., 1995. Evolution de la digestibilité *in vitro* du dactyle et de la fétuque élevée au printemps. *Fourrages* 141, 63-74.
- Emile J.C., Jacobs Dias F., Al Rifai M., Le Roy P., Faverdin P., 2008. Triticale and mixtures silages for feeding dairy cows. Proceedings of the 22nd General meeting of the European Grassland federation, Uppsala, Sweden, *Grassland Science in Europe*.
- Foucras J., 1998. Le séchage en grange dans les systèmes laitiers en Aveyron. *Fourrages* 156, 477-486.
- Gibon A., 1981. Pratiques des éleveurs et résultats d'élevage dans les Pyrénées Centrales. Thèse INA-PG, 106 p.
- Gransworthy P.C., Stokes D.T., 1993. The nutritive value of wheat and oat silages ensiled on three cutting dates. *Journal of Agriculture Science (Cambridge)* 121, 233-240.
- 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.
- Huyghe C., Duru M., Peyraud J.L., Lherm M., Gensollen V., Bournoville R., Couteaudier Y., 2005. Prairies et cultures fourragères: au carrefour des logiques de production et des enjeux environnementaux. INRA Editions, 209 p.
- 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.
- Julier B., Lila M., Huyghe C., Morris P., Allison G. and Robbins M., 2002. Effect of condensed tannin content on protein solubility in legume forages. *Grassland Science in Europe*, 7, 134-135.
- Kristensen V.F., 1992. The production and feeding of whole-crop cereals and legumes in Denmark. In: *Whole-Crop Cereals*, B.A. Stark and J.M. Wilkinson eds., pp 21-37.
- Lavoine M., Pérès 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 semi-altitude et utilisable comme plante abri d'un semis fourrager. *Fourrages* 134, 211-216.
- Le Gall A., Corrot G., Campagnaud M., Garrigue G., 1993. L'enrubannage : une technique pour optimiser la récolte de la luzerne. *Fourrages* 134, 234-250.
- Le Gall A., Ledgarto 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.
- Leaver J.D., Hill J., 1992. Feeding cattle on whole-crop cereals. In: *Whole-Crop Cereals*, B.A. Stark and J.M. Wilkinson eds.
- Lemaire G., 1999. Les flux de tissus foliaires au sein des peuplements prairiaux. *Éléments pour une conduite raisonnée du pâturage. Fourrages* 159, 203-222.
- Lemaire G., Charrier X., Hébert Y., 1996. Nitrogen uptake capacities of maize and sorghum crops in different nitrogen and water supply conditions. *Agronomie* 16, 231-246.
- Lemaire G., 1991. Précocité de croissance d'une prairie au printemps. Importance de la densité de talles. *Fourrages* 127, 313-320.
- Lemaire G., Durand J.L., Lila M., 1989. Effet de la sécheresse sur la digestibilité *in vitro*, la teneur en ADF et la teneur en azote de la luzerne. *Agronomie* 9, 841-848.
- Lemaire G., Salette J., 1982. The effects of temperature and fertilizer nitrogen on the spring growth of a tall fescue and cocksfoot. *Grass and Forage Science* 37, 191-198.
- Mac Cartney D.H., Vaage A.S., 1994. Comparative yield and feeding value of barley, oat and triticale silages. *Canadian Journal of Animal Science* 74, 91-96.
- Marion R., Humbert M., Mourier C., Pflimlin A., 1977.. Les conséquences de la sécheresse sur l'alimentation des ruminants. *Bulletin Technique d'Information*, 324-325.
- 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., Barrière 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'Donovan M., Delaby L., Peyraud J.L., 2004. Effect of time of initial grazing date and subsequent stocking rate on pasture production and dairy performance. *Animal Research* 53, 489-502.
- Pflimlin A., 1997. Sécheresse: gérer les risques. Dossier spécial, Institut de l'Élevage. Mai 1997. 111 pages.
- Pflimlin A., 1998. Risques climatiques et sécurités fourragères selon les régions d'élevage. Cas de la sécheresse. *Fourrages* 156, 541-556.
- Pottier E., d'Hour P., Havet A., Pelletier P., 2001. Allongement de la saison de pâturage pour les troupeaux allaitants. *Fourrages* 167, 287-310.
- Pottier E., Sagot L., Van Quackebeke E., 1996. Pâturage hivernal de brebis dans le cadre d'une conduite extensive. *Rencontres Recherche sur les Ruminants* 3, 99.
- RICA, 2003. Situation financière et disparité des résultats économiques des exploitations. Commission des comptes de la Nation, session du 17-12-04, CCAN/04/024, 12p.
- Royo C., Pares D., 1996. Yield and quality of winter and spring triticales for forage and grain. *Grass and Forage Science* 51, 449-455.

- Soudais D., 1998. Le sorgho grain ensilage. Document des Journées d'été de la Confédération Paysanne FADEA, Saint Gaudens. Chambre d'Agriculture de la Haute-Garonne.
- Surault F., Hazard L., Emile J.C., 2001. Une approche qualitative des ray-grass anglais en stock sur pied au pâturage. Fourrages 168, 499-508.
- Straëbler M., Le Gall A., 1998. Luzerne sorgho et betterave. Trois cultures fourragères sécurisantes en conditions sèches ou froides. Fourrages 156, 573-587.
- Tetlow R.M., 1992. A decade of research into whole-crop cereals at Hurley. In: *Whole-Crop Cereals*, B.A. Stark and J.M. Wilkinson eds. pp 73.
- Thébault M., 1999. Gestion du pâturage d'été. Revue Elevage Rentabilité 355, 5-7.
- Veysset P., Bebin D., Lherm M., 2007. Impact de la sécheresse 2003 sur les résultats technico-économiques en élevages bovins allaitants charolais. Document interne, INRA Theix.