

Les sécheresses passées et à venir : quels impacts et quelles adaptations pour les systèmes fourragers ?

G. Lemaire¹, A. Pflimlin²

L'élevage des herbivores est très vulnérable à la sécheresse, car les besoins en eau des prairies et du maïs sont maximum de mai à juillet, mois où la pluviométrie est très irrégulière. Un rapide retour sur les grandes sécheresses passées permet de mettre en valeur les diverses réponses et adaptations à la sécheresse des systèmes fourragers.

RÉSUMÉ

L'analyse des sécheresses de 1976 et 2003 montre que ce sont les systèmes herbagers stricts et les systèmes "bio" qui sont les plus vulnérables, malgré la capacité de récupération assez remarquable des prairies. La sécheresse peut être anticipée par l'éleveur qui introduit des adaptations stratégiques dans son système (gestion du pâturage, constitution de stocks et leur report, recours à des fourrages annuels, culture à double fin comme le maïs...). Lorsque la sécheresse est trop sévère, d'autres adaptations, tactiques, doivent être envisagées (achats de fourrages, paille ou concentrés, modification du système d'élevage) pour sauvegarder l'élevage. 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 (cultures d'hiver ou avec un enracinement profond, pâturage hivernal...).

MOTS CLÉS

Agriculture biologique, céréale immature, facteur climat, gestion du pâturage, histoire, luzerne, maïs, prairies, pratiques des agriculteurs, résistance à la sécheresse, sécheresse, sorgho, système fourrager.

KEY-WORDS

Climatic factor, drought, farmers' practices, forage system, grain sorghum, grassland, grazing management, history, lucerne, maize, organic farming, resistance to drought, unripe cereals.

AUTEURS

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

2 : Institut de l'Elevage, 149, rue de Bercy, F-75595 Paris ; andre.pflimlin@inst-elevage.asso.fr

Une analyse historique rapide des sécheresses montre que ces épisodes sont progressivement passés du statut d'événements climatiques exceptionnels à celui de phénomènes plus récurrents, même si parfois leur portée n'est que régionale. L'objet de cette contribution est de tirer les enseignements des sécheresses antérieures, de vérifier *a posteriori* comment les éleveurs ont fait face ou se sont adaptés à ces accidents, en vue d'affiner les stratégies d'adaptation des systèmes fourragers et d'élevage, à court ou moyen terme.

1. Historique : de la sécheresse exceptionnelle à la sécheresse à répétition

■ Des sécheresses plus fréquentes

La sécheresse de 1976 a été vécue comme un événement exceptionnel, par sa durée et son étendue sur l'Europe du Nord-Ouest, pouvant survenir une à deux fois par siècle ! Celle de 2003 a été de plus courte durée, mais accentuée par la canicule. Elle a concerné la plupart des pays de l'Europe continentale et a été particulièrement sévère sur la moitié est de la France. D'autres régions, dont la région Poitou-Charentes, ont subi récemment plusieurs années sèches consécutives, ce qui peut représenter un préjudice bien plus important pour l'agriculture en général et l'élevage en particulier. L'analyse des principaux épisodes depuis 1976 (tableau 1) montre une fréquence plus élevée au cours des 20 dernières années. Aussi, ces événements sont-ils davantage perçus comme une manifestation possible du changement climatique annonçant un retour de plus en plus fréquent de ces "anomalies".

Depuis la grande sécheresse de 1976, il y a eu une douzaine de sécheresses plus ou moins longues, plus ou moins étendues mais parfois plus dures localement. Aucune région n'a été épargnée. Parfois la sécheresse se répète deux années de suite : en 1975 et 1976 dans l'Ouest, en 1985 et 1986 en Auvergne, en 1989 et 1990 dans le Sud-Ouest, en 2005 et 2006 dans le Centre Ouest... Bien que chacun de ces événements soit encore qualifié d'exceptionnel dans

TABLEAU 1 : **Les sécheresses agricoles en France depuis 1975** (d'après SCHERER, 1993, complété par l'Institut de l'Élevage).

TABLE 1 : **Drought periods undergone by the French agriculture since 1975** (after SCHERER, 1993, completed by Institut de l'Élevage).

Années	Périodes (mois les plus secs)	Régions concernées
1975	Juin, juillet, octobre	Ouest
1976	Janvier, avril, mai, juin, août	France entière (surtout nord-ouest)
1978	Septembre, octobre, novembre	France entière
1985	Juillet, août, septembre, octobre	Auvergne, Centre, Sud-Ouest et Côte d'Azur
1986	Juin, juillet	Moitié sud, dont Centre et Auvergne
1989	Mai, juin, août	Moitié ouest et Sud-Ouest
1990	Mars, mai, juillet, septembre	Moitié ouest
1991	Mai, septembre	Moitié est, Centre
1995	Juillet, août	Centre ouest (Pays-de-la-Loire)
1996	Juillet à septembre	Centre ouest, Nord-Est
1997	Janvier à avril	Sud-Ouest, Centre est
2003	Février, juin, juillet, août	France entière, surtout moitié est
2005	Hiver, printemps	Diagonale Nantes – Nice
2006	Hiver, printemps	Centre ouest

ces régions, au niveau français, la sécheresse est devenue un phénomène assez fréquent (une année sur deux sur les deux dernières décennies) pour justifier son intégration dans les choix et la gestion des systèmes fourragers.

■ 1976 et 2003 : deux sécheresses différentes

Ces deux sécheresses resteront dans les mémoires bien au-delà du monde agricole, avec "l'impôt sécheresse" pour la première et le nombre de décès de personnes âgées attribué à la canicule pour la seconde. En fait, pour les éleveurs, il s'agit de **deux épisodes de types très différents** par la période, la durée, l'intensité et les zones les plus touchées.

Celle de 1976 était une sécheresse précoce et longue avec un déficit de pluie dès l'hiver, jusqu'à la fin août, avec un vent desséchant en juin et des températures élevées. Elle a surtout concerné la moitié nord de la France, l'ouest du Massif central et une bonne partie du nord-ouest de l'Europe faisant craindre une pénurie généralisée de fourrage (ensilage, foin et paille comprise !).

Celle de 2003 a été de plus courte durée (3-4 mois) et plus tardive (de mai-juin à août), après un début d'année quasi normal. En revanche, les mois de juillet et août ont battu tous les records de température, plus particulièrement sur la moitié est de la France, incluant une large part du Massif central. Cette sécheresse doublée d'une canicule s'est étendue sur le sud et l'est de l'Europe, jusqu'en Hongrie. **Entre ces deux sécheresses, les systèmes fourragers ont également évolué.** En 1976, les 18 millions de surfaces fourragères (SFP) étaient constitués de 73% de prairies permanentes, 20% de prairies temporaires et artificielles et 7% de fourrages annuels (betteraves, choux, colza et maïs ensilage). Parmi les prairies cultivées, la luzerne et le trèfle violet représentaient environ un tiers des surfaces et le ray-grass d'Italie semé en automne et au printemps avançait encore le ray-grass anglais ; de même, les surfaces en maïs ensilage étaient à peine supérieures à celles de la betterave et des choux ; soit une nette diversité de cultures fourragères dont certaines assez résistantes à la sécheresse comme la luzerne et la betterave.

En 2003, la SFP n'était plus que de 15 millions d'hectares dont 66% de prairies permanentes, 20% de prairies temporaires et 9% de maïs ensilage. La luzerne et la betterave avaient quasiment disparu, évolution qui a renforcé la sensibilité à la sécheresse. Parallèlement, le cheptel herbivore s'est aussi profondément modifié : le troupeau laitier, fortement réduit en effectif (au profit du troupeau allaitant), est aussi devenu plus productif et nettement plus dépendant de l'ensilage de maïs.

■ Quels ont été les impacts des sécheresses de 1976 et 2003 sur les systèmes fourragers ?

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 environ 15 à 20 millions de tonnes de matière sèche

(MARION *et al.*, 1977 ; 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 foins 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 par rapport à 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 concentré, bien rééquilibrées 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 développées), 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 des intoxications de vaches par les nitrates non métabolisés.

Finalement, en l'absence d'enquêtes à grande échelle et de statistiques, nous avons 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. Cette sécheresse avait ainsi contribué à réduire notablement les excédents de beurre et de poudre de lait au niveau européen et à différer d'autant la mise en place des quotas laitiers...

La sécheresse de 2003 n'a pas fait non plus l'objet d'un bilan fourrager précis. 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 du 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 (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-ouest 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 : les stocks fourragers ont été réduits de 20% en moyenne sur l'ensemble des élevages d'herbivores (RICA, 2003). 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 - 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 qui intègre de fait une partie des pertes de croissance et les problèmes de reproduction des animaux et de moindres recettes 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), **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, recours à l'ensilage de maïs, initialement destiné au grain, ou à l'achat de paille et au stockage de céréales ; de même en piémont, mais 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 sèches.

A l'automne 2003, de nombreux éleveurs 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 inférieures de 1 à 2 litres en dessous de la normale du fait de

la moindre disponibilité et qualité des fourrages, notamment du maïs ensilage, particulièrement pauvre en grain. Paradoxalement, en zone de montagne, le froid ayant succédé à la sécheresse, l'alimentation hivernale a été assurée par des fourrages achetés, plus riches en énergie que les régimes habituels, et les performances laitières se sont bien maintenues. La pénurie fourragère s'est surtout répercutée sur l'alimentation des génisses.

Une étude réalisée par les Réseaux d'élevage de l'est de la France (TOURNIER, 2005 ; CAILLAUD et TOURNIER, 2007) montre que **les systèmes herbagers et biologiques ont été davantage touchés par les effets de la sécheresse**. Sur 107 exploitations laitières ayant un déficit fourrager moyen de 600 kg de MS par UGB, les systèmes avec plus ou moins de maïs montrent un déficit de l'ordre de 500 kg/UGB, les herbagers stricts de 640 kg par UGB et les "bio" de 980 kg/UGB. Ces derniers, qui **ont rarement des stocks fourragers** d'avance d'après les auteurs, se sont révélés particulièrement vulnérables, notamment en raison d'un **démarrage plus lent des prairies au printemps** du fait de l'absence d'engrais azoté. Ces observations sont également confirmées par une analyse des élevages "bio" en zone de montagne (REULLON *et al.*, 2006) où l'on a constaté une baisse de rendement de l'ordre de 1 t MS par UGB, équivalente à celle des systèmes conventionnels maïs supérieure en proportion du rendement des prairies "bio".

Au printemps 2004, on a assisté à **une baisse généralisée de collecte laitière**, d'intensité plus ou moins forte selon les régions (de -2 à -9%) pour diverses raisons : nombre de réformes supérieur, problèmes de reproduction (vaches trop maigres, mal alimentées...), ou lactations prolongées. Les effets de la sécheresse 2003 se sont donc répercutés sur les performances du troupeau sur toute l'année 2004, voire au-delà, dans les régions les plus touchées.

L'ampleur et les impacts des sécheresses sur les systèmes fourragers ont été vraiment considérables en 1976 et 2003. Il s'avère donc indispensable de systématiser l'analyse des adaptations à mettre en œuvre par anticipation ou en situation de crise pour limiter les effets des sécheresses.

2. La gestion de l'aléa climatique dans les systèmes d'élevage

Pour les systèmes de cultures annuelles, on peut considérer que les aléas d'années sèches défavorables peuvent être compensés par les "bonnes" années maïs, pour les systèmes d'élevage, les besoins du troupeau devant être assurés à tout moment de l'année, les éleveurs doivent mettre en œuvre des stratégies d'adaptation beaucoup plus coûteuses pour faire face à ces mêmes aléas. Ici, **les bonnes années ne peuvent pas compenser les moins bonnes** car les excédents de fourrage d'une année ne peuvent souvent pas être valorisés. 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 (voire d'une année sur l'autre, dans certains cas). Les systèmes d'élevage basés sur l'exploitation de l'herbe sont donc directement dépendants 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. Les systèmes d'élevage 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, de la fermeture des stomates (DURAND, 2007) et, plus particulièrement pour les prairies, d'une restriction de la nutrition azotée et minérale des plantes car l'assèchement des horizons superficiels du sol amplifie largement 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. 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 d'herbivores 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 comporte, dans sa conception par l'éleveur et dans sa mise en œuvre, **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 à leur utilisation reportée.

Dans la plupart des systèmes d'élevage il y a (i) une période d'arrêt ou de quasi-arrêt de la croissance de l'herbe et autres plantes fourragères pendant la période hivernale et (ii) une plus ou moins forte réduction de la croissance d'herbe en été, voire même 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) et de certains fourrages qui peuvent 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 CHARPENTEAU, 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 et 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.**

■ Adaptations stratégiques et tactiques

Ceci conduit à considérer deux types d'adaptation des systèmes fourragers et d'élevage face à la sécheresse (LEMAIRE *et al.*, 2006) :

- **Une adaptation stratégique** du système fourrager et du système d'élevage en fonction d'une certaine estimation du risque sécheresse en termes de fréquence. On peut parler dans ce **cas de "sécheresse anticipée"** car 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 (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...) ainsi qu'au niveau du système d'élevage (date de vêlage ou d'agnelage, niveau de production laitière, type de production animale (gras ou maigre, broutards, bouvillons ou bœufs...)). Ces processus d'ajustement font donc partie intégrante du système fourrager et caractérisent sa flexibilité (ANDRIEU *et al.*, 2006).

- **Une adaptation tactique** qui concerne quant à elle **la gestion annuelle et saisonnière du système fourrager** en fonction de l'évolution climatique subie ou prévue. Ces ajustements sont nécessaires en **cas de "sécheresse imprévue"**, d'une intensité ou durée pour laquelle les ajustements envisagés au sein du système fourrager sont insuffisants 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 : date de mise à l'herbe, gestion des stocks, utilisation des cultures à double fin : maïs ensilage vs grain, céréales immatures, utilisation des pailles, achats

de fourrages ou concentrés) (PFLIMLIN, 1992), ou d'actions qui sortent du cadre du système d'élevage (baisse temporaire des performances animales, tarissement précoce, vente d'animaux avec réorientation du type d'animal).

Face aux aléas de sécheresse, le concept de **flexibilité du système fourrager** devient fondamental. Les ajustements mis en place au sein du système fourrager conduisent tous 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". De même, 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 et conduisent 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. Dans les régions où l'ensilage de maïs constitue la base essentielle des stocks fourragers, un élément d'ajustement très efficace consiste à jouer sur le rapport entre surfaces de maïs ensilées et 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 (même s'il est irrigué) ne soit pas elle-même soumise à de trop fortes variations de rendement dues à la sécheresse .

3. Des systèmes fourragers mieux adaptés au risque de sécheresse

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 *et al.*, 1997). Il convient par conséquent de voir comment favoriser au sein de ces systèmes leurs capacités d'adaptation à la sécheresse.

■ Le maïs ensilage une ressource fourragère essentielle... mais parfois remise en cause

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 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 fourrager permis par le climat de l'été.

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 fortes comme en Poitou-Charentes, 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, même 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 année humide. 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 séchantes (LEGARTO, 2000). L'analyse de cette solution alternative doit se faire à deux niveaux : l'adaptation de la culture du sorgho vis-à-vis de la sécheresse comparativement au maïs, et la valeur et l'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 (tableau 2).

TABLEAU 2 : Comparaison de la production de matière sèche, de la consommation totale d'eau entre un maïs (cv. Furio) et un sorgho (sorgho : cv. DK18) récoltés en ensilage à l'INRA de Lusignan en 1991 (d'après LEMAIRE *et al.*, 1996).

TABLE 2 : **Compared dry matter production and water consumption of a maize crop (cv. Furio) and a sorghum crop (cv. DK18) cut for silage at the INRA Estate at Lusignan in 1991 (after LEMAIRE *et al.*, 1996).**

	Irrigué		Sec	
	Maïs	Sorgho	Maïs	Sorgho
Production (t MS/ha)	24	18	9	13
Consommation d'eau (irrigation, pluie, réserve du sol ; 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 (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 était identique (39 vs 37 kg MS/mm H₂O). Cependant, l'efficacité de l'eau du maïs diminue de 39 à 30 kg MS/mm d'eau consommée lorsqu'il passe d'une condition irriguée à une condition sèche, alors que celle 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/ha 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 de conditions non limitantes d'alimentation en eau à une situation de sécheresse importante**. Ces résultats sont confirmés par des résultats obtenus dans la région Aquitaine par STRAEBLER et LE GALL (1998) qui indiquent qu'en situation de sécheresse importante le sorgho maintient une production plus élevée que le maïs.

TABLEAU 3 : Comparaison des performances agronomiques et zootechniques d'ensilages de maïs irrigué et de sorgho à l'INRA Lusignan (2004), d'après EMILE *et al.* (2006).

TABLE 3 : **Compared crop and animal performances of irrigated maize silage and sorghum silage at the INRA Estate at Lusignan in 2004 (after EMILE *et al.* (2006).**

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 3 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.

	Culture			Ensilage		
	Pluie (mm)	Irrigation (mm)	Rendement (t MS/ha)	MAT (%)	NDF (%)	Amidon (%)
Maïs	190	152	20,1	8,2	39	30,4
Sorgho	162	0	14,3	10,4	40	27,7
Performances animales						
	Quantités ingérées (kg MS/j)	Lait (kg/j)	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 STRAEBER et LE GALL (1998), il est important de tenir compte du fait qu'en situation 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, 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.** Il doit cependant être réservé à des sols suffisamment profonds permettant d'atteindre des niveaux de rendements suffisants sans recours à l'irrigation.

■ Les céréales immatures : une stratégie pour réaliser des stocks avant la période estivale

Lorsque la sécheresse estivale est trop intense, et en situation 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 à une autre période, ces stocks devant permettre d'assurer l'alimentation des animaux à la fois pendant la période sèche et pendant la période hivernale.

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). 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 palier 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 dans l'ensilage que de distribuer séparément le grain et la paille aux animaux (PFLIMLIN, 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 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/ha, 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/ha (de 13 à 18 t/ha), alors que

le maïs ensilage produit en moyenne 14 t MS/ha 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 plus sèches (sud de la 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 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). En conclusion de ces études, 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 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 conditions, ce qui constitue alors une véritable **stratégie d'évitement de la sécheresse** au niveau du système fourrager.

■ La luzerne pure ou en mélange pour valoriser au mieux les ressources naturelles en eau : pluies et réserves du sol

En situations de faibles disponibilités en eau, la luzerne peut produire 12 à 14 t MS/ha 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. Cependant, 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 selon 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, ce qui contribue (i) à diversifier les assolements, participant ainsi 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, pour s'adapter à la période de croissance de l'herbe

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 sécurise le système vis-à-vis de la sécheresse.

La croissance d'herbe est peu importante **en hiver** dans certaines régions mais, **dans les zones océaniques, elle peut atteindre par jour 10-20 kg MS/ha** (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 qu'à l'échelle d'un système ovin, 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 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, THÉBAULT (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.

Conclusion

Les systèmes herbagers basés essentiellement sur la production d'herbe sont les plus sensibles aux aléas de sécheresse car, le plus souvent, ils ne disposent pas 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 crises, il est alors nécessaire de mettre en œuvre des pratiques de sauvegarde, et notamment le recours à des achats de paille et de concentrées dans le cadre de solidarités régionales ou nationales. Mais il semblerait plus judicieux de prévoir un stock de sécurité de fourrages secs (foin et paille) renouvelé tous les ans comme auto-assurance soit individuelle, soit collective et locale.

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 adaptés à la sécheresse à l'échelle territoriale.

Mais l'analyse des sécheresses passées nous montre :

- qu'il est indispensable de disposer et donc de mettre en place des outils permettant de mieux cerner le déficit fourrager en temps réel... ;
- et que les services d'appui et de conseil devront anticiper davantage pour aider les éleveurs dans leurs choix tactiques (à court terme) sans oublier d'amorcer en parallèle une réflexion conduisant à des réorientations plus stratégiques, puisque le changement climatique annonce un retour plus fréquent de ces anomalies.

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

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", B.Dedieu, E. Chia, C. Moulin, M. Tichit (éds.), *Flexibilité et changements dans les exploitations d'élevage* (à paraître).
- CAILLAUD D., TOURNIER S. (2007) : "Les systèmes laitiers du Nord Est confrontés à la sécheresse de 2003", *Actes Journées AFPF 2007*, 170-171.
- 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.
- Commission Européenne (2003) : *Le Centre Commun de Recherche de la Commission Européenne prévoit des dégâts aux cultures dus à la sécheresse. Note et cartes*, 8 p.
- 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 E. (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", *Fourrages*, 190 (ce 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", *Symp. 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", *Proc. XXI^e Europ. Grassl. Fed.*, Badajoz (Spain), 80-82.
- GIBON A. (1981) : *Pratiques des éleveurs et résultats d'élevage dans les Pyrénées Centrales*, thèse INA-PG, 106 p.
- 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 J. Agric. Res.*, 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.
- Institut de l'Elevage (2003) : *Gérer l'après sécheresse 2003 : les solutions techniques pour faire face au déficit fourrager*, Institut de l'Elevage, Technipel, 20 p.

- Institut de l'Elevage (2005) : *Les systèmes bovins laitiers en France. Réponses techniques et économiques. Synthèse de l'exercice 2003 dans les Réseaux d'élevage*, Institut de l'Elevage, Technipel, 24 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.
- 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 G. (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*, CR n° 91062 et 92081, Institut de l'Elevage-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 féruque 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", *Sécheresse et Agriculture*, Rapport Expertise Scientifique Collective INRA, 88-108.
- MARION, HUMBERT, MOURIER, 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", *CR Acad. Agric. 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", *Proc. XXth Int. Grassl. Cong.*, 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", *Anim. Res.*, 53, 489-502.
- PFLIMLIN A. (1987) : *L'alimentation des vaches laitières*, n° spécial *France Agricole*.
- PFLIMLIN A. (1992) : "Nouveaux concepts pour l'analyse et la gestion des systèmes d'élevage et des systèmes fourragers extensifs", *Fourrages*, n° hors série, *L'Extensification en production fourragère*, déc. 1992, 27-31.
- PFLIMLIN A. (1998) : "Risques climatiques et sécurités fourragères selon les régions d'élevage. Cas de la sécheresse", *Fourrages*, 156, 541-566.
- PFLIMLIN A. et al. (1997) : *Sécheresse : gérer les risques. Méthodes et exemples de scénarios d'adaptation par grandes zones d'élevage*, Dossier spécial, Institut de l'Elevage, 111 p.

- POTTIER E., SAGOT L., VAN QUACKEBEKE E. (1996) : "Pâturage hivernal de brebis dans le cadre d'une conduite extensive", *Rencontres 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.
- REUILLON J.-L. et al. (2006) : *Systèmes d'exploitation bovins lait en agriculture biologique du Massif Central*, Réseaux d'élevage, Institut de l'Élevage, ENITAC, Chambres d'agriculture, 8 p.
- 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.
- 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, Malézieux, Trébuil et Jaeger (éds.), *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.
- SCHERER (1993) : *Sécheresse et Agriculture*, Chambres d'Agriculture, Supplément au n° 807, APCA.
- STRAÉBLER 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.
- TOURNIER S. (2005) : *Vers une meilleure gestion des aléas climatiques dans les exploitations laitières de l'Est de la France*, mémoire de stage Institut de l'Élevage - ISARA.

SUMMARY

Past and future periods of drought : what are their effects on the forage systems and the possible adaptations ?

The rearing of herbivorous stock is very sensitive to drought as the largest water requirements of pastures and of maize take place in the period May-July, when rainfall is very erratic. A quick reminder of the past severe droughts will bring to light the various ways in which the forage systems reacted and adapted to drought.

The analysis of the 1976 and 2003 droughts shows that the herbage systems in the strict sense and the 'organic' systems were those that suffered most, in spite of the rather remarkable aptitude of grasslands for recovery. The farmer may anticipate a period of drought by including some strategic adaptations in his system (grazing management, constitution and postponement of forage stores, recourse to annual forages, dual-purpose crops such as maize...). If the drought is too severe, other adaptations, of tactical nature, have to be considered (purchase of forage, of straw or of concentrate, change in the livestock management) in order to save the animals. In view of the growing risk of severe and frequent droughts, the preference is to be given to a strategy that gives the best utilization of the rainfall and of the soil water reserves during winter and spring (winter crops or crops with deep roots, winter grazing...).