

# Evaluation de la valeur alimentaire de génotypes de fétuque élevée obtenus par différentes stratégies d'amélioration

J.C. Emile, M. Ghesquière, R. Traineau, J. Jadas-Hécart, C. Mousset

Parmi les différentes voies possibles d'amélioration de la qualité des fourrages destinés aux ruminants, l'amélioration génétique est une méthode longue mais qui a fait les preuves de son efficacité. Dans le cas de la fétuque élevée, différentes stratégies génétiques sont ici comparées pour leur intérêt en ce qui concerne la valeur alimentaire.

## RÉSUMÉ

L'amélioration de la valeur alimentaire de la fétuque élevée a été évaluée par des mesures de digestibilité in vivo effectuées sur des génotypes représentatifs de 3 stratégies d'amélioration. Des progrès notables en qualité (digestibilité et ingestibilité) ont été mis en évidence. La sélection intraspécifique réalisée sur la flexibilité du feuillage (cultivar Lubrette) et l'hybridation de fétuques européennes et méditerranéennes (EM1) ont permis d'améliorer la digestibilité (DMO) de 6%. L'hybride ray-grass x fétuque (Festulolium FL1) permet un progrès en digestibilité et en ingestibilité représentant un gain de plus de 10% sur la valeur alimentaire. Une meilleure compréhension des mécanismes impliqués permettra d'envisager de nouveaux progrès.

## MOTS CLÉS

Digestibilité, fétuque élevée, hybridation interspécifique, ingestibilité, sélection variétale, valeur alimentaire.

## KEY-WORDS

Cultivar breeding, digestibility, feeding value, interspecific hybridization, tall fescue, voluntary intake.

## AUTEURS

Station d'Amélioration des Plantes Fourragères, INRA, F-86600 Lusignan ; e-mail : emile@lusignan.inra.fr ; tél. : 05 49 55 60 69 ; fax : 05 49 55 60 66.

**L**es fourrages occupent une place fondamentale dans le contexte agricole. La valorisation des ressources fourragères constitue en effet non seulement la forme la plus logique et la plus rationnelle pour produire lait et viande pour l'alimentation humaine mais aussi un élément important pour la mise en valeur et la protection des territoires. Selon les produits, les volumes de production sont contingentés (lait de vache) ou les prix de marché sont bas, voire très bas (viande ovine et bovine), les deux situations n'étant malheureusement pas exclusives. Toutes les études régionales récentes montrent que la stratégie majoritairement suivie par les éleveurs, à court et moyen terme, consiste à tenter de sauvegarder leur revenu par la réduction des coûts d'exploitation. Comme d'autres postes de dépenses, **les coûts alimentaires en élevage peuvent être comprimés** sans conséquences graves pour les animaux et pour la pérennité des exploitations. Dans cette optique, l'amélioration génétique de la valeur alimentaire d'une espèce de potentiel de production important comme la fétuque élevée est une perspective intéressante.

### ■ L'amélioration génétique de la fétuque : 30 ans d'expérience

Parmi les graminées fourragères cultivées dans le monde, la fétuque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb) est **une espèce fourragère aux multiples qualités agronomiques** qui expliquent sa large répartition, aussi bien en situations méditerranéennes qu'océaniques ou continentales. Son défaut majeur est cependant sa **médiocre valeur énergétique pour l'alimentation des ruminants**. Il est certes possible de remédier à ce défaut par des techniques de culture, de récolte et de conservation, ou par la mise en oeuvre du rationnement, mais **l'amélioration génétique de l'espèce est également une voie envisageable** et explorée depuis une trentaine d'années dans différents pays par des sélectionneurs institutionnels ou privés.

La fétuque élevée a en effet fait l'objet de nombreuses études sur le plan de la qualité, en particulier aux USA. **Ces travaux se sont focalisés essentiellement sur l'appétence**, facteur de qualité particulièrement défavorable chez cette espèce où la présence de nombreux composés chimiques, dont certains volatils, peut avoir un effet répulsif pour des animaux la consommant en vert (SCEHOVIC *et al.*, 1985). Cette évaluation de l'appétence des fourrages a aussi été prise en compte précocement dans les schémas de sélection en raison des faibles quantités de semences nécessaires pour ces études relativement à celles mises en oeuvre pour des mesures de digestibilité et d'ingestibilité avec animaux. De nombreux chercheurs faisaient alors le raisonnement implicite qu'une amélioration de l'appétence pouvait être associée à celle des quantités ingérées, même si en conditions réelles d'élevage les animaux n'ont pas à effectuer de choix variétal sur une parcelle ou à l'auge.

Les tests d'appétence, permettant de sélectionner très directement, et de façon précoce, la fétuque élevée sur un critère que l'on pensait lié aux performances des animaux, ont donc été utilisés dans des programmes de sélection, très tôt aux USA (BUCKNER et FERGUS, 1960 ;

CRAIGMILES *et al.*, 1964) et un peu plus tardivement en France (JADAS-HÉCART, 1982 ; GILLET *et al.*, 1989 ; PIETRASZEK et CHOSSON, 1989). Des critères indirects de sélection ont pu aussi être utilisés comme par exemple la flexibilité des feuilles (GILLET et JADAS-HÉCART, 1965), la teneur en composés phénoliques solubles (SCEHOVIC, 1979) ou la résistance à la rupture (NGUYEN *et al.*, 1982), même s'ils n'ont pas toujours été exploités directement au travers de programmes de sélection.

## ■ Des stratégies de sélection originales

Parallèlement, d'autres voies d'amélioration de la fétuque élevée ont été explorées qui, bien que n'ayant pas la valeur alimentaire pour objectif principal, pouvaient avoir un certain retentissement sur l'une ou l'autre de ses composantes. Une première voie visait à **étendre la période de croissance de la fétuque par des croisements entre types d'origine européenne et méditerranéenne**. Les hybrides F1 étant totalement stériles, le doublement du nombre chromosomique était nécessaire pour rétablir la fertilité et, ainsi, la production de semences (JADAS-HÉCART J. et POISSON C., 1992). Or, ce doublement artificiel du nombre de chromosomes amène à certaines modifications au niveau cellulaire (taille, rapport noyau/cytoplasme, teneur en eau, rapport cytoplasme/paroi) qui sont susceptibles d'avoir des effets directs sur la valeur alimentaire.

Une autre voie, plus récemment expérimentée, recourt à **l'hybridation intergénérique entre fétuque et ray-grass** où, à l'évidence, les aspects de valeur alimentaire sont automatiquement impliqués en raison des caractéristiques très contrastées des deux espèces parentales sur ce plan.

Cet article a pour objet de **faire le point sur la valeur alimentaire**, estimée avec des animaux en cages à digestibilité, **de ces trois directions d'amélioration de la fétuque élevée** : sélection pour l'appétence et la souplesse du feuillage, amphiploïdisation, et hybridation intergénérique, puis d'en discuter l'intérêt et les perspectives dans le cadre de l'évolution prévisible de la production fourragère.

## Matériel et méthodes

### ■ Les génotypes retenus

Un génotype expérimental ou une variété ont été étudiés pour chacune des trois voies d'amélioration. Les schémas d'amélioration génétique sont succinctement présentés par ailleurs (figure 1 et encadré 1).

**La variété Lubrette tire son origine de populations tardives de fétuque** prospectées en Normandie et dans le Bassin parisien sur lesquelles deux cycles de sélection ont été appliqués : sélection individuelle (flexibilité des feuilles de plantes en pépinière) et familiale (appé-

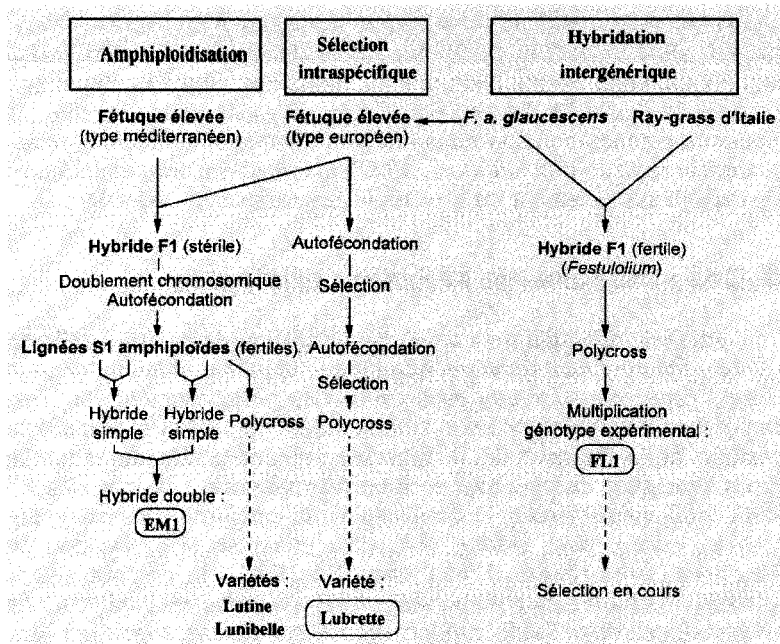


FIGURE 1 : Représentation schématique des 3 voies de sélection utilisées.

FIGURE 1 : Schematic diagram of the 3 breeding methods used.

tence de parcelles estimée par pâturage *in situ* ou en cafétéria d'auges). A chaque cycle, les individus sélectionnés étaient reproduits par autofécondation.

**EM1 est un génotype expérimental** à structure génétique d'hybride double entre 4 lignées S1, issues d'une génération d'autofécondation d'amphiploïdes entre fétuques européennes et méditerranéennes.

**FL1 est la première génération de multiplication d'un polycross** de 44 hybrides entre un ray-grass d'Italie tétraploïde et *Festuca arundinacea* var. *glaucescens*, espèce spontanée tétraploïde ( $2n = 4x = 28$  chromosomes) apparentée à la fétuque élevée cultivée (*F. arundinacea* var. *genuina*) hexaploïde ( $2n = 6x = 42$  chromosomes) (GHESQUIÈRE et JADAS-HÉCART, 1995). Contrairement aux hybrides entre fétuques européennes et méditerranéennes, l'hybride ray-grass d'Italie x *F. arundinacea* var. *glaucescens* est directement fertile et ne nécessite pas de doublement du nombre chromosomique.

Dans le cas des génotypes EM1 et FL1, aucune sélection intentionnelle sur un critère de valeur alimentaire quel qu'il soit n'a été réalisée.

Ces trois génotypes ont été comparés à la variété Clarine, inscrite en 1971 et considérée comme représentative des variétés demi-tardives de fétuque élevée n'ayant jamais fait l'objet de sélection pour la qualité, l'appétence en particulier. Une variété tétraploïde de ray-grass d'Italie a été incluse également dans la comparaison en guise de témoin, considéré comme optimum pour la qualité

ENCADRÉ 1 : Quelques définitions pour y voir plus clair...

INSERT 1 : A few explanatory definitions.

La fétuque élevée appartient au complexe d'espèces des *Festuca - Lolium* comprenant non seulement les espèces, cultivées ou non, de fétuque mais aussi tous les ray-grass.

### Les amphiploïdes

La fétuque élevée existe sous deux types distincts, «européen» et «méditerranéen», qu'il est possible de croiser. Les hybrides directs (F1) sont cependant stériles et il est nécessaire de doubler le nombre de leurs chromosomes par un agent chimique, la colchicine, pour rétablir leur fertilité et développer un programme de sélection. Les variétés hybrides auxquelles on aboutit ainsi sont dites «amphiploïdes» parce qu'elles possèdent un nombre de chromosomes double, ou au moins en égale proportion, de celui de leurs parents.

### Les *Festulolium*

Les *Festulolium* rassemblent, d'une façon générale, tous les hybrides que l'on peut obtenir par croisement entre espèces de fétuque et de ray-grass. Malheureusement, ces espèces n'ont pas toutes le même nombre de chromosomes. La fétuque élevée est hexaploïde, comme le blé ou l'avoine, avec 42 chromosomes ; le ray-grass anglais et le ray-grass d'Italie sont diploïdes, comme l'orge ou le seigle avec 14 chromosomes. S'il est relativement facile de croiser un ray-grass et une fétuque, l'écart entre leurs nombres de chromosomes pose de sérieuses difficultés pour faire des variétés stables et bonnes productrices de semences. Cependant, les sélectionneurs ont aussi créé des variétés de ray-grass tétraploïdes à 28 chromosomes et il existe des espèces de fétuques qui possèdent ce même nombre de chromosomes. L'une d'elles est *Festuca arundinacea* var. *glaucescens* que l'on peut trouver à l'état spontané dans les Alpes. En 1987, la Station de Lusignan a créé les premiers hybrides entre *F. glaucescens* et ray-grass d'Italie tétraploïde ; elle expérimente depuis cette date de nombreuses descendance pour voir s'il est possible de produire une variété à bonne productivité grainière et qui associe de façon stable les qualités de la fétuque et du ray-grass.

chez les espèces de graminées fourragères. L'ensemble des génotypes présentait une précocité de floraison (mi-tardive à épiaison) suffisamment proche pour ne pas interférer avec l'évaluation de la valeur alimentaire, en particulier lors de la pousse du printemps.

## ■ Les comparaisons effectuées

Deux essais ont été conduits et servent de base à cette étude.

**Dans le premier essai, nous avons comparé Lubrette, l'amphiploïde EM1 et les témoins Clarine et Tétrone** (ray-grass italien tétraploïde). Les parcelles d'environ 1 000 m<sup>2</sup> ont été semées à l'automne 1979 et exploitées de façon comparable entre elles et selon les itinéraires techniques classiques. Les mesures de valeur alimentaire ont été effectuées durant 2 années (A1 et A2) pendant les 2 premiers cycles de végétation (C1 et C2) et pendant 2 à 5 semaines selon les périodes considérées, soit au total 15 mesures.

**Dans le second essai, les fétuques Clarine et Lubrette ont été comparées à l'hybride *Festulolium* FL1 et à Ansyl** (ray-grass italien tétraploïde). Les parcelles ont été semées à l'automne 1992. Les mesures de valeur alimentaire prises en compte dans cette étude ont été effectuées pendant 2 années (A1 et A2) durant les 2 premiers cycles de végétation (C1 et C2), pendant 2 à 3 semaines selon les périodes considérées, soit au total 9 mesures.

## ■ Estimation de la valeur alimentaire

Les mesures de digestibilité et d'ingestibilité ont été réalisées selon la méthode française standard **avec des béliers castrés maintenus à l'entretien en cases individuelles** (DEMARQUILLY *et al.*, 1995). Chaque année, 6 béliers ont été affectés à un génotype et maintenus tout au long des mesures de l'année, sauf incident. Les fourrages verts étaient récoltés quotidiennement et distribués à volonté en 2 repas aux animaux. Les quantités distribuées, les refus et les quantités de fèces des animaux ont été enregistrés individuellement 5 jours par semaine. Des prélèvements représentatifs des fourrages distribués ont permis de déterminer leur teneur en matière sèche (MS, en %), leur teneur en azote par la méthode Kjeldahl (MAT, en %) et leur teneur en cellulose brute par la méthode de Weende (CB, en %) ainsi que leur digestibilité *in vitro* (DIV, en %) par la méthode au jus de rumen (TILLEY et TERRY, 1963). L'ingestibilité des fourrages a été calculée par les quantités volontairement ingérées (QC, en g de MS par kg de poids métabolique, P<sup>0.75</sup>). L'analyse des fourrages distribués, refusés et des fèces a permis de calculer les digestibilités de la matière organique (DMO, en %) et de la cellulose brute (DCB, en %).

Pour chacun des 2 essais, les données hebdomadaires moyennes ont été analysées par analyse de variance (procédure GLM de SAS, 1989), où les effets de l'année, du cycle, de la semaine et du génotype ainsi que les interactions correspondantes ont été testés. Lorsque les interactions n'étaient pas significatives, elles ont été regroupées dans l'erreur résiduelle. Les valeurs moyennes des génotypes ont été comparées 2 à 2 par un test de Student lorsqu'il n'existait pas d'interac-

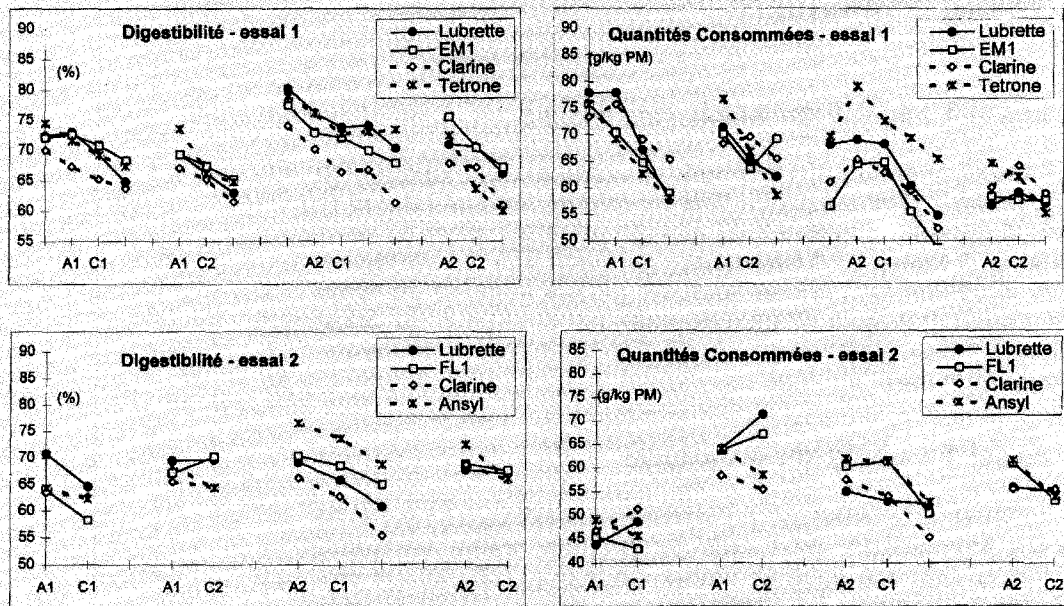


FIGURE 2 : Evolution dans le temps de la digestibilité et des quantités ingérées en fonction de l'année (A1, A2), du cycle (C1, C2) et de la semaine de mesure. Essai 1 : Lubrette, EM1 et les témoins Clarine et Tétrone. Essai 2 : Lubrette, FL1 et les témoins Clarine et Ansyl.

FIGURE 2 : *Changes in time of digestibility and voluntary intake, according to year (A1, A2), growth cycle (C1, C2), and week of measurement. Trial 1 : Lubrette, EM1, and controls Clarine and Tétrone. Trial 2 : Lubrette, FL1, and the controls Clarine and Ansyl.*

tion significative entre les effets du stade de récolte (année, cycle ou semaine) et celui du génotype.

## Résultats

Les espèces utilisées (fétuque, ray-grass italien) n'ont pas le même type de développement, ce qui a naturellement une forte incidence sur les caractéristiques du fourrage distribué aux animaux : ainsi, les remontaisons observées sur le ray-grass italien pénalisent la qualité, comme on peut le constater sur les graphiques de la figure 2. Par ailleurs, les observations ont dû être limitées à 2 années (printemps A1 et A2) en raison de la pérennité plus faible du ray-grass italien. Si les génotypes ne présentent pas la même teneur en matière sèche lors des récoltes, ce facteur n'explique pas les différences observées aussi bien sur la composition chimique que sur l'ingestibilité ou la digestibilité (GHESQUIÈRE *et al.*, 1996).

L'influence de l'âge de la plante sur les paramètres de qualité est forte, comme cela est largement connu (ANDRIEU *et al.*, 1988). Mais **les effets du génotype sur ces paramètres sont indépendants des effets du stade de récolte**, sauf pour les quantités ingérées (essai 1, interaction "année" x "génotype") et la teneur en cellulose (essais 1 et 2, interaction "cycle" x "génotype"). Ces 2 exceptions paraissent liées aux remontaisons observées sur les ray-grass italiens.

## 1. Valeur alimentaire

### ■ Essai 1 : effets du stade de récolte

Les effets de l'année et du cycle de végétation sont **significatifs et importants pour quasiment tous les critères retenus** (tableau 1). Seule la digestibilité *in vitro* (DIV) ne varie pas d'une année à l'autre. **L'effet de la semaine est également significatif** pour chacun des critères, traduisant bien la croissance des plantes au cours du temps avec modification de la composition chimique et baisse de la valeur alimentaire. Ces évolutions sont particulièrement visibles sur les graphiques de la figure 2.

### ■ Essai 1 : effets du génotype

EM1 se caractérise par une teneur en matière sèche à la récolte (18,4%) intermédiaire entre celle du ray-grass italien tétraploïde (17,5%) et celle des fétuques Clarine (20,3%) et Lubrette (19,5%). Lubrette se différencie des 3 autres génotypes par sa teneur en azote (MAT) un peu plus élevée.

EM1 a été légèrement moins bien ingéré (60,0 g MS/kg P<sup>0,75</sup>) que Clarine et Lubrette. Le ray-grass (64,6) est irrégulièrement consommé selon les années.

La digestibilité de la matière organique (DMO) a permis de séparer la variété Clarine, nettement moins digestible que les 3 autres (64,7 vs 69,0%). La digestibilité de la cellulose (DCB) du ray-grass est faible et comparable à celle de Clarine. **Lubrette et EM1 sont donc plus digestibles que le témoin Clarine** (de l'ordre de 4,3 points soit près de 7% de plus) **mais leur ingestibilité a été la même** (Lubrette) **ou plus faible** (EM1). Le ray-grass ne leur est supérieur que pour les quantités consommées.

Critères observés (1)	MS	MAT	CB	QC	DMO	DCB	DIV
<b>Effets (2)</b>							
- année	**	**	**	**	**	**	ns
- cycle	**	**	**	**	**	**	**
- semaine	**	**	*	**	**	**	**
- génotype	**	**	ns	0,07	**	**	**
- année x génotype	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
- cycle x génotype	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
<b>Valeurs moyennes (3)</b>							
- Lubrette	19,5 c	12,8 b	27,6	62,4	69,0 b	68,9 b	67,0 b
- EM1	18,4 b	11,2 a	28,3	60,0	69,0 b	70,9 b	62,5 a
- Clarine (témoin)	20,3 c	11,6 a	28,1	62,3	64,7 a	64,2 a	61,7 a
- Tétrone (témoin)	17,0 a	10,9 a	26,8	64,6	68,9 b	64,4 a	68,8b

(1) MS : teneur en matière sèche (%), MAT : teneur en azote (%), CB : teneur en cellulose brute (%), QC : quantités volontairement ingérées (g MS/kg P<sup>0,75</sup>), DMO et DCB : digestibilités de la matière organique et de la cellulose brute (%), DIV : digestibilité *in vitro* (%)  
 (2) différences significatives au seuil de P<0,05 (\*), P< 0,01 (\*\*) ou non significatives (ns)  
 (3) pour un même critère, les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents

TABLEAU 1 : Critères de valeur alimentaire (essai 1) : effets (analyse de la variance et tests de Fisher) et valeurs moyennes pour une fétuque améliorée (Lubrette), un amphiploïde (EM1) et les témoins (15 mesures par génotype).

TABLE 1 : Measures of the feed value (Trial 1) : effects (analyses of variance and Fisher's tests) and mean values for an improved fescue (Lubrette), an amphiploid (EM1) and the controls (15 measurements per genotype).



TABLEAU 2 : Critères de valeur alimentaire (essai 2) : effets (analyse de la variance et tests de Fisher) et valeurs moyennes pour une fétuque améliorée (Lubrette), un *Festulolium* (FL1) et les témoins (9 mesures par génotype).

TABLE 2 : Measures of the feed value (Trial 2) : effects (analyses of variance and Fisher's tests) and mean values for an improved fescue (Lubrette), a *Festulolium* (FL1) and the controls (9 measurements per genotype).

Critères observés (1)	MS	MAT	CB	QC	DMO	DCB	DIV
<b>Effets (2)</b>							
- année	**	**	**	ns	**	**	**
- cycle	**	**	0,03	**	ns	ns	ns
- semaine	ns	**	**	0,06	**	**	**
- génotype	**	ns	ns	ns	0,03	0,06	ns
- cycle x génotype	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
<b>Valeurs moyennes (3)</b>							
- Lubrette	20,2 b	14,6 a	30,4	54,2 a	65,7 b	66,5 b	54,6 ab
- FL1	19,4 b	13,3 a	30,8	54,5 a	65,3 b	64,7 ab	54,8 ab
- Clarine (témoin)	20,8 b	14,9 a	29,9	52,1 a	62,5 a	62,5 a	52,7 a
- Ansyl (témoin)	17,4 a	13,1 a	30,3	55,2 a	66,5 b	67,1 b	57,7 b

(1) MS : teneur en matière sèche (%), MAT : teneur en azote (%), CB : teneur en cellulose brute (%), QC : quantités volontairement ingérées (g MS/kg P<sup>0,75</sup>), DMO et DCB : digestibilités de la matière organique et de la cellulose brute (%), DIV : digestibilité in vitro (%)  
 (2) différences significatives au seuil de P<0,05 (\*), P< 0,01 (\*\*) ou non significatives (ns)  
 (3) pour un même critère, les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents

### ■ Essai 2 : effets du stade de récolte

Comme pour l'essai 1, des **effets massifs des facteurs "année", "cycle" et "semaine"** ont été observés sur la plupart des critères (tableau 2). Cependant, dans cet essai, le second cycle est apparu aussi bon (DMO de 64,5 vs 65,5% respectivement pour les 1<sup>er</sup> et 2<sup>nd</sup> cycles), sinon meilleur (QC de 50,9 vs 57,1 g/kg P<sup>0,75</sup> ; p<0,01) que le premier cycle. Les critères de composition chimique corroborent ces observations. Les valeurs relevées durant les 2 semaines de mesures au 1<sup>er</sup> cycle de l'année 1 ont été en effet particulièrement médiocres en raison d'une exploitation trop tardive et d'une période de sécheresse marquée (figure 2).

### ■ Essai 2 : effets du génotype

FL1 a été récolté à une teneur en matière sèche (19,4%) intermédiaire entre celle du ray-grass (17,4%) et celles des fétuques (respectivement 20,2 et 20,8% pour Lubrette et Clarine). Les teneurs en azote et en cellulose des génotypes ne sont pas significativement différentes. L'effet du génotype sur les quantités consommées n'a pas été significatif mais Clarine a été légèrement moins bien ingérée. Ce même génotype a été significativement moins bien digéré (62,5% DMO) que le ray-grass, Lubrette et FL1 (respectivement 66,5 ; 65,7 et 65,3%). La digestibilité de la cellulose confirme ce classement.

**Lubrette et FL1 sont donc plus digestibles que Clarine et un peu mieux ingérés.** Ils sont légèrement moins intéressants sur ces critères que le ray-grass sans que les faibles différences observées ne soient significatives.

## 2. Regroupement des 2 essais

Le comportement relatif des 2 variétés de fétuque élevée présentes à la fois dans les 2 essais (Clarine et Lubrette), ainsi que celui

du ray-grass italien (bien que deux variétés aient été utilisées), est stable d'un essai à l'autre. Nous avons donc regroupé les 2 essais en utilisant les variétés Clarine et Lubrette comme témoins communs afin de permettre une comparaison des 3 voies d'amélioration suivies. Les caractéristiques des variétés présentées dans le tableau 3 sont alors exprimées par rapport à celles de Clarine.

Les hybrides (EM1 et FL1) ont une teneur en matière sèche intermédiaire entre les fétuques et le ray-grass italien tétraploïde. Lubrette se caractérise dans ces essais par une teneur en MAT plus forte et une teneur en CB plus faible que Clarine qui peuvent être mises en parallèle avec sa meilleure digestibilité. La digestibilité des 3 génotypes testés (Lubrette, EM1 et FL1) est supérieure à celle de Clarine et voisine de celle du ray-grass italien. **La création de ces 3 génotypes, par des stratégies totalement indépendantes et aboutissant à des types très différents, constitue donc un réel progrès en ce qui concerne l'amélioration de la digestibilité de la fétuque.**

Si l'on associe la digestibilité, la teneur en matière organique et l'ingestibilité pour calculer **un critère synthétique**, on observe, **pour Lubrette et FL1, que la quantité d'énergie ingérée quotidiennement par l'animal (MOD-ING, en g/kg P<sup>0,75</sup>) est près de 10% supérieure à ce que permet le témoin.** Cette valeur est très proche de ce que permet le ray-grass italien, mais en évitant ses inconvénients en termes de pérennité et de remontaison.

## Perspectives et marges de progression

Ces essais n'avaient pas pour ambition de fournir des valeurs définitives sur les génotypes utilisés ou plus encore sur les méthodes de sélection employées. Il s'agissait simplement de comparer certains des produits obtenus par des approches diverses dans le but d'améliorer la valeur alimentaire de l'espèce fétuque et, dans un second temps, pour évaluer les perspectives et donc les espoirs que l'on peut raisonnablement fonder sur l'exploitation de ces stratégies de sélection, pour ces critères de qualité.

### 1. La voie des fétuques européennes

**La sélection réalisée sur la flexibilité du feuillage chez Lubrette a incontestablement permis d'améliorer la valeur du fourrage et particulièrement sa digestibilité.**

	MS	MAT	CB	QC	DMO	DCB	MOD-ING
Clarine (valeurs moyennes)	20,5	12,9	28,8	58,2	63,8	63,5	33,0
Clarine	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
EM1	90,9	93,6	101,6	97,2	106,3	110,2	102,0
FL1	93,0	92,0	102,1	103,6	104,9	103,8	109,5
Lubrette	96,6	104,0	99,9	102,1	105,9	106,9	107,6
Ray-grass d'Italie (témoins)	83,7	90,9	98,3	104,8	106,4	103,8	113,4

**TABEAU 3 : Comparaison globale des génotypes améliorés par rapport au témoin Clarine.**

*TABLE 3 : General comparison of the improved genotypes with the control Clarine.*

La distribution de cette variété à des vaches laitières en affouragement en vert a montré que Lubrette est mieux ingérée que le témoin Clarine et permet une production laitière plus élevée. Lors d'essais conduits au pâturage, durant 3 printemps consécutifs et avec des niveaux de chargement variés, la variété Lubrette a permis des productions de lait supérieures de 11% sans modification des taux butyreux et protéique (EMILE *et al.*, 1992).

L'écart important et significatif en digestibilité entre ces 2 variétés (6% dans ces essais) nous amène à éliminer l'hypothèse selon laquelle les écarts de production laitière observés en affouragement ou au pâturage pourraient être dus à la présence du champignon endophyte *Acremonium coenophialum* chez la variété Clarine (RAYNAL, 1991). En effet, des essais conduits ultérieurement (EMILE *et al.*, 1996) ont montré que la présence du champignon incriminé n'a d'incidence ni sur la composition, ni sur la digestibilité du fourrage, l'éventuelle perturbation des productions zootechniques étant d'ordre toxique. Des essais sont d'ailleurs en cours pour estimer le seuil de toxicité dans les conditions européennes.

**Cette amélioration notable de la valeur alimentaire s'est malheureusement accompagnée, pour cette variété,** et sans doute pour la plupart des variétés améliorées pour la souplesse de leur feuillage, **de problèmes de productivité** (en matière sèche et en production de semences) qui ont freiné son développement malgré d'autres atouts comme, pour Lubrette, son excellente tolérance au flétrissement bactérien. Cette baisse du niveau de production peut être expliquée par **un effet de consanguinité**, donc indépendant de la qualité, Lubrette ayant été sélectionnée par autofécondation. Mais elle peut également être **en relation avec la morphogenèse de la plante**, la souplesse des feuilles n'étant alors obtenue que grâce à une vitesse de croissance plus lente ; **le niveau de production et la qualité seraient alors négativement corrélés**. Si l'on choisit de privilégier la qualité intrinsèque du fourrage plutôt que les quantités disponibles au champ, cette relation entre niveau de production et qualité ne devrait pas limiter l'utilisation de ce type de variétés. Ceci est en particulier vrai dans les modes d'élevage privilégiant les performances individuelles des animaux ainsi qu'au pâturage avec des chargements moyens à faibles.

**Pour l'avenir, il serait souhaitable de tenter des sélections sur des critères chimiques comme la teneur en phénols solubles ou la digestibilité des parois en contrôlant simultanément la vitesse de croissance.**

## 2. La voie des fétuques amphiploïdes

**Le doublement du nombre de chromosomes paraît avoir amélioré en lui-même la digestibilité du génotype expérimental EM1 (+ 6%)** puisque celle-ci n'avait pas été directement sélectionnée. En revanche, **son ingestibilité est ici plus faible.**

Par construction, cet hybride amphiploïde se caractérise essentiellement par **un rythme de croissance différent** (en particulier par une reprise de végétation plus précoce en fin d'hiver) **qui peut pré-**

**senter de l'intérêt pour allonger la période de pâturage**, permettre un pâturage tout au long de l'année dans certaines conditions favorables (zones très océaniques) et réaliser des stocks de fourrages (foin ou stocks sur pied).

Depuis la création de cet hybride double expérimental EM1, deux variétés (Lutine et Lunibelle) ont été inscrites sous la forme, plus habituelle, de variétés synthétiques.

**Des progrès doivent être possibles par sélection à différents niveaux du schéma d'amphiploïdisation** : parents européens et méditerranéens, hybrides F1, lignées S1, familles issues du polycross des S1.

### 3. La voie des hybrides *Festulolium*

Selon cette étude, **le génotype expérimental FL1 représente une amélioration indéniable** par rapport au témoin fétuque **pour les 2 critères fondamentaux de valeur alimentaire** que sont la digestibilité et l'ingestibilité. **Cette voie d'hybridation interspécifique paraît donc riche de promesses d'autant que les possibilités de constructions génétiques sont multiples**. Ainsi, dans le processus de sélection qui a abouti à la création de FL1, un autre génotype expérimental apparaît supérieur à FL1 et très proche du témoin ray-grass (GHESQUIÈRE *et al.*, 1996). Il est cependant primordial de veiller à conserver dans ces constructions génétiques les atouts de la fétuque et en particulier la pérennité et la rusticité, l'objectif de cette voie d'amélioration étant bien de cumuler dans une seule variété les qualités des 2 espèces. Engagés initialement sur le ray-grass d'Italie, des programmes d'hybridation ray-grass anglais x fétuques sont également en cours, soit directement, soit en passant d'abord par des hybrides ray-grass d'Italie x fétuques.

## Conclusion

Une amélioration notable de la qualité de la fétuque élevée a pu être obtenue avec différentes stratégies de sélection. Divers mécanismes sont impliqués dans ces progrès et soulèvent des questions intéressantes.

A partir des données présentées ici et comme dans d'autres essais conduits à la Station INRA de Lusignan, on constate donc que **le choix variétal peut induire des différences non négligeables dans la valorisation de la ration par l'animal**. Ces écarts atteignent couramment 8 à 10%, aussi bien avec du maïs qu'avec de la luzerne ou des graminées fourragères. Dans le cas d'une exploitation laitière performante et dans les conditions économiques actuelles, on peut alors estimer que le choix d'une bonne variété permet d'améliorer le revenu de l'exploitation de près de 1 000 Francs par vache et par an, et ceci soit par une augmentation de production, soit par une diminution des apports de concentrés.

**De nouveaux progrès en qualité de la fétuque doivent donc être possibles.** Il y a cependant d'abord **nécessité de réfléchir aux objectifs à privilégier dans les nouvelles perspectives d'utilisation des fourrages.** Si la **digestibilité reste un facteur prioritaire** pour la fétuque quelles que soient les situations, la prise en compte de l'**ingestibilité du fourrage à l'auge et au pâturage est importante.** Il semble en effet qu'il existe une large variabilité génétique pour ce critère comme cela a été mis en évidence par exemple sur ray-grass anglais au pâturage (HAZARD *et al.*, 1997) ou luzerne distribuée en vert (EMILE *et al.*, 1997). **La régularité de la qualité au cours du temps et selon les conditions d'exploitation des prairies** comme la fumure et le chargement doit être également prise en compte (EMILE, 1996 ; HAZARD, 1996). Par ailleurs, l'appétibilité, mesurée *in situ* ou en cafétéria d'auges, est un critère de sélection qui semble aujourd'hui de moins en moins pertinent puisqu'il ne permet pas de caractériser les quantités ingérées (BAUMONT, 1996). De plus, les animaux n'ont que très exceptionnellement le choix entre 2 génotypes différents pour s'alimenter.

**Enfin, ces objectifs ayant été correctement identifiés et hiérarchisés, il est nécessaire de dégager des critères prédictifs adéquats permettant leur utilisation en routine dans des programmes de sélection.** On peut penser bien entendu à des constituants chimiques (phénols, fibres...), à des prédictions de la qualité (mesures *in situ* ou enzymatiques) ou à des paramètres descriptifs de l'anatomie et de la croissance des plantes en relation avec la structure du couvert.

Accepté pour publication, le 10 août 1997.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDRIEU J., DEMARQUILLY C., SAUVANT D. (1988) : "Tables de la valeur nutritive des aliments", *Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins*, Jarrige R. (eds), INRA, Paris, pp. 356-443.
- BAUMONT R. (1996) : "Palatability and feeding behavior in ruminants: a review", *Ann. Zootech.*, 45, 385-400.
- BUCKNER R.C., FERGUS E.N. (1960) : "Improvement of tall fescue for palatability by selection within inbred lines", *Agron. J.*, 52, 173-176.
- CRAIGMILES J.P., CROWDER L.W., NEWTON J.P. (1964) : "Palatability differences in tall fescue using leaf and plant type", *Crop Sci.*, 4, 658-660.
- DEMARQUILLY C., CHENOST M., GIGER S. (1995) : "Pertes fécales et digestibilité des aliments et des rations", *Nutrition des ruminants domestiques - ingestion et digestion*, Jarrige R., Ruckebush Y., Demarquilly C., Farce M.H., Journet M. (eds), INRA, Paris, 601-648.
- EMILE J.C. (1996) : "Demain, quelles prairies, et avec quel matériel végétal, pour les systèmes de production de ruminants ?", *Fourrages*, 147, 223-236.
- EMILE J.C., GILLET M., GHESQUIÈRE M., CHARRIER X. (1992) : "Pâturage continu de fétuques élevées par des vaches laitières : amélioration de la production par utilisation de variétés sélectionnées pour l'appétibilité", *Fourrages*, 130, 159-169.

- EMILE J.C., GHESQUIÈRE M., TRINEAU R. (1996) : "Appétence et valeur alimentaire de foin de fétuque indemnes ou infestés par le champignon *Acremonium coenophialum*", *Ann. de Zootech.*, (45), 401-410.
- EMILE J. C., MAURIÈS M., ALLARD G., GUY P. (1997) : "Genetic variation in the feeding value of alfalfa genotypes evaluated from experiments with dairy cows", *Agronomie*, 17, 119-125.
- GHESQUIÈRE M., JADAS-HÉCART J. (1995) : "Les fétuques ou le genre *Festuca*", *Ressources génétiques des plantes fourragères et à gazon*, Prosperi J.M., Guy P. et Balfourier F. (eds), INRA, Paris, 53-59.
- GHESQUIÈRE M., EMILE J.C., JADAS-HÉCART J., MOUSSET C., TRINEAU R., POISSON C. (1996) : "First in-vivo assessment of feeding value in *Festulolium* hybrids derived from *Festuca arundinacea* var. *glaucescens* and selection for palatability", *Plant breeding*, 115, 238-244.
- GILLET M., JADAS-HÉCART J. (1965) : "La flexibilité des feuilles, critère de sélection de la fétuque élevée en tant que facteur d'appétibilité", *Fourrages*, 22, 6-11.
- GILLET M., SCEHOVIC J., MARTON M., L. HUGUET (1989) : "Sélection des graminées fourragères pour la qualité : des critères basés sur des références avec animaux", *XV<sup>e</sup> Congr. Int. des Herbages*, Nice, 399-400.
- HAZARD L. (1996) : "La plasticité pour une meilleure souplesse d'utilisation des graminées fourragères", *Fourrages*, 147, 293-302.
- HAZARD L., DE MORAES A., BETIN M., TRINEAU R., EMILE J.C. (1997) : "Cultivar effect on the feeding value of perennial ryegrass under grazing", *Ann. de Zootech.* (à paraître).
- JADAS-HÉCART J. (1982) : "Etude en pâture de l'appétibilité de fétuques élevées (*Festuca arundinacea* Schreb.) à l'aide de moutons", *Agronomie*, 2, 501-511.
- JADAS-HÉCART J., POISSON C. (1992) : "La fétuque élevée", *Amélioration des espèces végétales cultivées*, Gallais A. et Bannerot H. (eds), INRA, Paris, 299-309.
- NGUYEN H.T., SLEPER D.A., MATCHES A.G. (1982) : "Inheritance of forage quality and its relationship to leaf tensile strength in tall fescue", *Crop Science*, 22, 67-72.
- PIÉTRASZEK W., CHOSSON J.F. (1989) : "Amélioration de la qualité du fourrage chez la fétuque élevée", *XV<sup>e</sup> Congr. Int. des Herbages*, Nice, 405-406.
- RAYNAL G. (1991) : "Observations françaises sur les *Acremonium*, champignons endophytes des graminées fourragères", *Fourrages*, 126, 225-237.
- SAS (1989) : *SAS/STAT User's guide*, Version 6, Fourth edition, Volume 2, Cary, NC: SAS Institute Inc., 846 pp.
- SCEHOVIC J. (1979) : "Prévision de la digestibilité de la matière organique et de la quantité de la matière sèche volontairement ingérée des graminées sur la base de leur composition chimique", *Fourrages*, 79, 57-78.
- SCEHOVIC J., POISSON C., GILLET M. (1985) : "Appétibilité et caractéristiques organoleptiques des graminées. Comparaison du ray-grass et de la fétuque élevée", *Agronomie*, 5, 347-354.
- TILLEY J.M.A., TERRY R.A. (1963) : "A two stage technique for the in-vitro digestion of forage crops", *J. Brit. Grassl. Soc.*, 18, 104-111.

## SUMMARY

**Assessment of the feed value of tall fescue genotypes obtained by different breeding strategies**

Improving quality in tall fescue (*Festuca arundinacea*) is a major objective in forage grass breeding. The aim of this paper is to compare final quality, as assessed by animal trials, of three genotypes resulting from three different breeding strategies developed in the INRA Station at Lusignan : 1) selfing within European tall fescue populations, mass selection for leaf flexibility, and polycrossing (cv. Lubrette), 2) hybridization between European and Mediterranean types of tall fescue and restoration of fertility by colchicine-induced polyploidization (Amphiploid EM1), and 3) intergeneric hybridization at the tetraploid level between Italian ryegrass and a wild species of tall fescue, *F. arundinacea* var. *glaucescens*, (*Festulolium* FL1). Forage was given *ad libitum* as fresh herbage to sheep on maintenance. Voluntary intake (QC) and digestibility of organic matter (DMO) were recorded. Selection for palatability through leaf flexibility led to a significantly increased DMO, but not QC, in Lubrette. Polyploidization in Amphiploid EM1 ( $2n=12x=84$ ) appeared also to be by itself a way of improving DMO, albeit this was associated with a lower QC. The *Festulolium* FL1, by retaining the high quality of Italian rye-grass, achieved a good compromise with gains in both DMO and QC. An improvement in the quality of tall fescue can therefore be obtained by different breeding strategies, involving more or less independent causal mechanisms such as cytoplasmic composition, amount of fibre, cell size, cell wall structure. The recent release of new amphiploid cultivars (Lutine and Lunibelle) should contribute to the expansion of the use of tall fescue in southern EC. In the future, the manipulation of tall fescue x ryegrass hybrids seems to be a promising method for combining high quality and hardiness into a single forage grass genotype.