

La fétuque élevée et l'*Acremonium coenophialum*. Aperçu de la situation aux Etats-Unis

H.A. Fribourg¹, C.S. Hoveland², P. Codron³

Cet article a deux objectifs. Le premier est de faire le point de toutes les connaissances actuelles sur l'influence du champignon endophyte *Acremonium coenophialum* Morgan-Jones et Gams sur la fétuque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb.) aux Etats-Unis d'Amérique, et les conséquences de l'ingestion de cette graminée infectée sur certains animaux domestiques herbivores. Le deuxième a pour but de compléter les articles récemment parus sur ce problème en Europe (DO VALLE RIBEIRO et al., 1988 ; GAMS et al., 1990 ; LEWIS et CLEMENTS, 1986 ; RAYNAL et al., 1988 ; RAYNAL, 1989). En effet, dans ce numéro même, RAYNAL (1991) nous apporte des informations préliminaires sur la situation actuelle en France sur ce sujet.

Notre présentation est elle-même une compilation d'une monographie et d'une série récente de synthèses bibliographiques contenant des centaines de références (BACON et SIEGEL, 1988 ; BUCKNER et BUSH, 1979 ; BUSH et BURRUS, 1988 ; FRIBOURG

MOTS CLÉS

Acremonium coenophialum, bovin, épidémiologie, équin, Etats-Unis, fétuque élevée, lutte raisonnée, ovin, prophylaxie

KEY-WORDS

Acremonium coenophialum, cattle, epidemiology, horses, integrated control, prophylaxy, sheep, tall fescue, United States

AUTEURS

1 : Professor of Plant and Soil Science, Université du Tennessee, Knoxville, TN 37901, Etats-Unis.

2 : Terrell Distinguished Professor of Agronomy, Université de Géorgie, Athens, GA 30602, Etats-Unis.

3 : Directeur des Etudes, Institut Supérieur d'Agriculture, 59046 Lille Cedex, France.

et al., 1988 ; REDDICK, 1988 ; STUEDEMANN et HOVELAND, 1988). De plus, nous faisons référence au Symposium International de 1990 sur les Interactions Graminées x *Acremonium* (JOOST and QUISENBERRY, 1990a, 1990b).

Importance de la féтуque élevée aux Etats-Unis

La féтуque élevée, graminée pérenne de zone tempérée, est la plus répandue des espèces fourragères rencontrées aux Etats-Unis. Elle occupe une surface d'environ 14 millions d'hectares (figure 1), soit à peu près la majorité de la partie est du pays où la pluviométrie annuelle est supérieure à 635 mm.

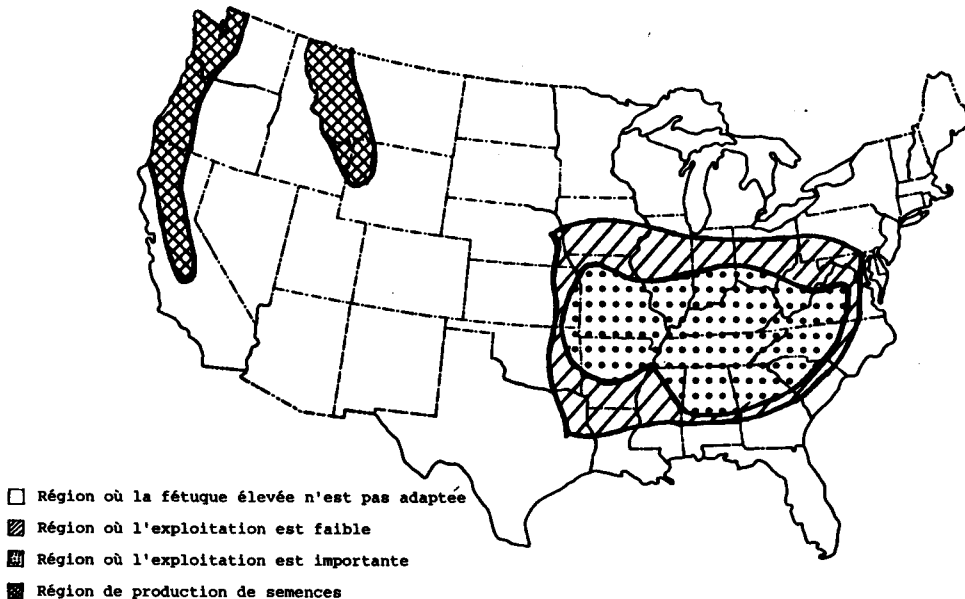


FIGURE 1 : Régions d'implantation de la féтуque élevée aux Etats-Unis

FIGURE 1 : Regions where tall fescue is grown in the United States

La féтуque élevée est principalement exploitée pour le pâturage et pour la production de foin. Elle est utilisée surtout pour l'alimentation des bovins à viande, et en quantités moins importantes pour les vaches taries, les génisses de remplacement, les moutons et les chevaux. Si son exploitation est correcte, elle peut rester en place très longtemps. Il faut signaler également qu'elle est utilisée à d'autres fins qu'agricoles : les parcs, les pelouses, les terrains de sport et les espaces verts.

Les bovins consommant de la fétuque infectée par *Acremonium coenophialum* (notée E + pour plus de commodité) ont une croissance et une tolérance à la chaleur plus faibles que les animaux nourris avec de la fétuque saine (notée E -). Le gain de poids peut être réduit de 30 à 100% chez les animaux consommant de la fétuque E +. Chez les vaches allaitantes, on constate une fertilité réduite et une baisse de la production laitière. Les juments pâturent de la fétuque E + ont une agalaxie et une mortalité foetale élevée. Chez les moutons, il existe des symptômes similaires à ceux observés chez les bovins. Signalons que des moutons consommant du ray-grass anglais (*Lolium perenne* L.) infecté par un champignon endophyte du même genre (*A. lolii* Latch, Christensen et Samuels) souffrent de vertigo (titubation) causé par un trouble neuromusculaire.

Sur le plan économique, les pertes sont importantes. Elles sont estimées à 354 millions de dollars uniquement pour le manque à gagner dû au nombre plus faible de veaux, et à 255 millions de dollars pour la croissance plus faible des veaux avant le sevrage.

Historique rapide de l'essor de la fétuque élevée aux Etats-Unis

Le développement de la fétuque élevée aux Etats-Unis, l'observation de certains symptômes sur le bétail, et ensuite la découverte du champignon endophyte, cause de cette toxicité, constituent un chapitre passionnant de l'histoire de la science agricole. Parmi les recherches menées dans le domaine des plantes fourragères, les recherches sur la fétuque et la mise en place de recommandations afin de minimiser les effets négatifs de l'infestation sont les plus importantes.

La fétuque élevée est arrivée aux Etats-Unis probablement parmi d'autres semences de graminées importées d'Europe. L'origine du cultivar "Kentucky 31", le plus utilisé actuellement, remonte aux années 1931. Pendant plus de dix ans, le professeur FERGUS travaille à son amélioration génétique. En 1942, les semences sont proposées aux agriculteurs qui les adoptent rapidement. En fait, il semble que la véritable origine de Kentucky 31 remonte à la fin du siècle dernier, puisque des plantes existaient déjà dans la ferme d'un certain M. SUITER située à l'est du Kentucky lorsqu'il l'acheta en 1887. Le rapide développement de cette graminée pérenne de zone tempérée et sa dominance dans les pâtures et les espaces verts dans l'est des Etats-Unis indiquent qu'elle a vraisemblablement rempli une niche écologique vacante.

Les raisons de son succès sont : la facilité d'implantation, une grande faculté d'adaptation à différents types de climat et de sols, une longue période de pâturage, une exploitation qui permet tous les écarts, une bonne résistance aux maladies, une bonne production de semences. Elle s'adapte également très facilement à des usages

non agricoles. La féтуque élevée se rencontre dans beaucoup des zones de climat tempéré du monde. En raison de toutes ses qualités, elle est l'objet de nombreux programmes d'amélioration génétique dans différents pays tels que la France, le Japon, l'Australie, la Nouvelle-Zélande, l'Afrique du Sud, et l'Union Soviétique.

Du fait de l'augmentation de l'utilisation de la féтуque aux Etats-Unis après la seconde guerre mondiale, les mauvaises performances zootechniques et l'apparition de symptômes sur le bétail furent remarquées dans les années cinquante. Les moyens classiques d'analyse de la qualité des fourrages (composition chimique, digestibilité de la matière organique) ne permettaient pas de comprendre ces phénomènes. Cependant, dans des études portant sur le pâturage, le gain moyen quotidien (G.M.Q.) de bouvillons était inférieur de 450 g/j à celui obtenu avec des animaux pâturant du dactyle (*Dactylis glomerata* L.). La fertilité des vaches allaitantes et la croissance des veaux étaient substantiellement inférieures à celles de mêmes animaux pâturant une association féтуque-trèfle (*Trifolium* spp.).

Les symptômes dus à l'ingestion de féтуque élevée infectée

Le symptôme le plus remarquable chez les bovins est l'apparition d'une gangrène des pieds et/ou de la queue des animaux pâturant une prairie infectée, du mois de novembre au mois de mars. Ce symptôme est plus fréquent dans les régions les plus froides. On constate une vasoconstriction des vaisseaux au niveau du boulet.

Le deuxième syndrome est l'apparition d'une nécrose du tissu adipeux des bovins, caractérisée par le durcissement des tissus entourant l'intestin, occasionnant des problèmes digestifs et des difficultés de vêlage. Cette nécrose fut d'abord observée sur des animaux pâturant des prairies fortement fertilisées par des fientes de poules. Plus tard, on trouva que cette maladie était accentuée par des fertilisations très importantes d'azote.

Le troisième syndrome se caractérise par des gains de poids faibles, une intolérance à la chaleur, une salivation excessive, une croissance anormale des poils, une température corporelle plus élevée, une nervosité anormale, une diminution de la production de lait, et des problèmes de fécondité. Contrairement aux syndromes précédents, ce dernier s'observe beaucoup plus fréquemment et toujours au cours de la saison chaude. Par la suite, lorsqu'il sera question des effets du champignon endophyte sur le bétail, c'est uniquement à ce syndrome qu'il sera fait référence.

Enfin, chez les juments, la consommation de féтуque infectée, notamment au cours du dernier trimestre de la gestation, provoque une agalaxie, la formation d'un placenta plus épais, la mort du poulain peu avant la naissance, et quelquefois la mort de la jument.

Le champignon endophyte

En 1941, le champignon endophyte non sporulé de la fétuque élevée fut découvert en Nouvelle-Zélande, mais sans avoir provoqué de symptômes visibles sur la plante. Quelques décades plus tard, l'attention fut à nouveau attirée par l'importance des pertes sur le plan économique. Comme pour beaucoup de découvertes scientifiques, c'est le hasard qui a permis de montrer que les différents symptômes observés étaient dus à un champignon endophyte. En juin 1973, J.D. ROBBINS, du Centre de Recherches Russell à Athens (Géorgie), découvrit que des animaux pâturant de la fétuque présentaient des symptômes, alors que sur la pâture adjacente, le troupeau était sain. Avec l'aide de deux collègues, C.W. BACON et J.K. PORTER, il avança l'hypothèse que vraisemblablement la toxicose était due à la présence d'un champignon. En effet, la pâture où les animaux présentaient des symptômes était infectée à 100 %, alors que la pâture adjacente ne présentait qu'un taux d'infestation de 10 %. Des analyses sur plusieurs échantillons de fétuque en provenance de la Géorgie et d'autres Etats indiquaient que le champignon endophyte montrait un mycelium comparable à celui d'*Epichloe typhina* [(Fries) Tulasne]. Plus tard, il était reclassé comme *Acremonium coenophialum* (MORGAN-JONES et GAMS, 1982).

Au même moment où les chercheurs de la Géorgie identifiaient le champignon comme l'agent possible de la toxicose, des expérimentations sur pâtures en Alabama confirmèrent cette hypothèse. En effet, le G.M.Q. de bouvillons consommant de la fétuque infectée était inférieur de 30 à 60 % à celui d'animaux consommant de la fétuque saine ou d'autres plantes fourragères.

Ce champignon proviendrait du continent européen. Il aurait été présent dans les semences importées. Des tests "Elisa" pratiqués sur des échantillons provenant de Pologne montrent que la moitié d'entre eux étaient infectés. Des examens réalisés dans plusieurs Etats des Etats-Unis où l'exploitation de la fétuque est importante montrent que 90 % des pâtures sont contaminées.

La présence du champignon est surtout importante dans les gaines et dans les semences. Dans ces dernières, on le rencontre entre le scutellum de l'embryon et l'endosperme, le mycélium formant des entrelacs serrés. Le champignon est rarement présent dans les racines, dans les embryons, dans les rhizomes, dans les tiges au niveau du collet, et dans les méristèmes. Sur les feuilles, on le rencontre quelquefois près des ligules.

Le cycle de vie du champignon est relativement simple. Il se développe dès que la semence a germé, envahissant immédiatement la plantule. Moins de deux jours après la germination, le champignon peut être observé dans le premier entrenœud. Il n'y a pas d'infection de la feuille tant que la gaine n'est pas différenciée. Après sept jours, on trouve du mycelium sur toutes les plantules.

Pendant les périodes de croissance végétative de la fétuque, au printemps et à l'automne, le champignon est localisé dans le méristème des apex et dans les tissus de réserves de la gaine. A la floraison, le champignon endophyte se trouve dans le parenchyme de la tige. La présence est de plus en plus importante au fur et à mesure que l'on s'approche de la région apicale des tiges et des épillets à partir desquels il pénètre dans les tissus de l'ovaire et de l'ovule. La production de conidies et de chlamydo-spores n'a pas été observée dans la plante, ni à sa surface. Contrairement à ce qui se passe avec *Epichloe typhina*, l'infection des semences est donc la seule voie de dissémination du champignon. Le vent, la pluie et le pollen ne sont pas des agents de dissémination.

Mise en évidence de la présence du champignon

Du fait de l'absence de symptômes visibles, des analyses de laboratoire sont indispensables pour mettre en évidence la présence du champignon. Six à huit échantillons par hectare sont suffisants pour déterminer le pourcentage d'infection. L'échantillon est composé uniquement des 5 à 10 cm de tige les plus proches du sol. La méthode de prélèvement la plus fiable est l'échantillonnage aléatoire stratifié.

L'examen microscopique a l'avantage d'être simple et peut être utilisé aussi bien sur l'appareil végétatif que sur les semences. On prélève l'épiderme à l'intérieur de la gaine. Il est coloré avec du bleu d'aniline (0,06 % de bleu d'aniline à l'eau dans de l'acide lactique à 50 %). Le prélèvement est déposé sur une lame de microscope qui est chauffée à la flamme pour éliminer l'excès de colorant, et ensuite lavée à l'eau. L'examen se fait au grossissement 400.

La méthode "Elisa" est plus sensible et plus fiable, étant donné qu'elle est basée sur une réaction sérologique unique aux protéines extraites d'une culture d'*A. coenophialum*. Cette méthode permet de traiter rapidement un grand nombre d'échantillons. Quelle que soit l'époque de prélèvement, cette méthode donne des résultats puisque les antigènes sont présents (des précautions doivent être prises pour la conservation des échantillons pour plus de quelques jours : nécessité d'utiliser de l'azote liquide). Cependant, le kit pour cette méthode n'existe pas à l'heure actuelle. Son utilisation nécessite donc tout d'abord la production du sérum.

Il est à noter que la présence de mycélium dans les semences mise en évidence par l'une ou l'autre des techniques ne signifie pas que le champignon soit viable. Dans les régions où les températures sont très élevées et à l'occasion de sécheresses, l'activité du champignon est réduite au fur et à mesure que le stress de la plante augmente. Souvent cette dormance est accompagnée d'une désintégration du mycélium dans les gaines. Quand la présence du champignon endophyte doit être déterminée par un examen microscopique des tissus, les échantillons doivent être prélevés

durant la pousse de l'herbe. Par contre, les prélèvements peuvent se faire à tout moment si on utilise la méthode immunologique.

Dispersion de l'infection

On pense que le seul moyen de dispersion du champignon endophyte se fait par les semences. La généralisation du champignon à l'intérieur d'un pays ou d'un pays à l'autre se ferait donc par la commercialisation des semences. Par contre, à l'intérieur d'une prairie ou d'une prairie à l'autre, la dispersion peut se faire par des semences transitant dans le tube digestif des animaux. Ceci serait particulièrement le cas aux Etats-Unis, où les graminées peuvent souvent grainer dans des pâturages extensifs.

La viabilité de l'endophyte dans les semences décroît avec le temps de stockage et on pense qu'après un ou deux ans à la température ambiante, le champignon est détruit. Par contre, il est indispensable de réfrigérer les semences pour le conserver (de l'ordre de 2°C en atmosphère sèche). La destruction du champignon dans les semences peut être réalisée par des traitements physico-chimiques ou par l'utilisation de fongicides. Cependant, ces méthodes sont, vu leur coût, limitées aux sélectionneurs et aux producteurs de semences.

Si le cultivateur utilise des semences infectées, il a toutes les chances de retrouver sur la fétuque le même taux de contamination que celui qu'il avait dans les semences. Par la suite, ce taux peut rester constant ou augmenter. L'augmentation serait due à une meilleure vitalité de la fétuque E + ou/et à la consommation préférentielle par les animaux de la fétuque E - .

Effets de l'endophyte sur les herbivores

Le niveau d'infestation d'un pâturage traduit le pourcentage de plantes infectées par le champignon. De nombreuses études se sont développées pour confirmer les effets néfastes de l'endophyte sur les performances des animaux suite aux premières recherches faites dans l'Alabama. Jusqu'à maintenant la plupart des expérimentations ont été faites surtout sur des bouvillons. Elles sont moins importantes sur les vaches allaitantes ou laitières, les moutons, et les chevaux. La plupart des travaux se sont intéressés à la croissance ou aux gains de poids des animaux, et quelquefois à la fertilité et à la fécondité des femelles. A notre connaissance, il n'y a aucun résultat publié sur l'effet du champignon sur la fertilité des mâles.

En général, le G.M.Q. des bouvillons pâturant de la fétuque E + décroît d'environ 45 g pour chaque tranche de 10 % d'infestation supplémentaire. Par exemple, si la saison de pâturage est de 150 jours, la perte potentielle de poids est de 20 kg

par animal si l'infestation n'est que de 30%. Cela s'explique en partie par une diminution de la consommation de la fétuque E + de 10 à 50%. Comme il est courant de trouver dans nos régions des infestations égales ou supérieures à 65%, cela signifie des pertes de 45 kg pendant cette même période. Des études récentes montrent néanmoins que les effets de l'endophyte ne suivent pas une progression linéaire. Les pertes de poids seraient les plus importantes pour des taux d'infestation situés entre 20 et 35%. Au delà, il semble que l'on atteigne une limite.

Le chargement à l'hectare sur des pâtures E + peut être supérieur du fait de la résistance accrue de la fétuque infectée. Lorsque l'on change les animaux d'une pâture E + à une pâture E -, on enregistre une augmentation du G.M.Q. de 30 à 100%, mais le poids vif à l'hectare ne suit pas la même progression car le chargement doit diminuer.

On a souvent remarqué que les vaches consommant de la fétuque E + ont des productions laitières inférieures à celles consommant d'autres fourrages. La réduction importante de la production laitière, la réduction du poids des vaches, les problèmes de reproduction, font que la fétuque infectée est très rarement destinée aux vaches laitières. Elle est réservée à l'alimentation des vaches tarées et des génisses. Des études récentes montrent que l'on peut obtenir des productions laitières sensiblement égales à celles obtenues avec d'autres fourrages (par exemple, le dactyle) pour des animaux consommant de la fétuque E -.

Chez les vaches allaitantes, le poids au sevrage des veaux est inférieur de 10 à 75% à celui des veaux dont les mères ont pâturé de la fétuque E -.

Le pourcentage de vêlage, qui est de 85 à 90% sur des pâtures de fétuque E -, passe à 55% sur des pâtures de fétuque E +. Les problèmes de reproduction sont dus à une perturbation de l'activité ovarienne. Le démarrage du cycle n'a pas lieu, il s'arrête même chez des génisses cyclées. La concentration de prolactine dans le sérum sanguin est réduite par la présence de l'endophyte sur les graminées pâturées par le bétail. Sa concentration est cinq fois plus faible que la normale (150 ng/ml).

Le bétail pâtureur de la fétuque E + est intolérant à la chaleur et a tendance à patager dans l'eau ou la boue, particulièrement pendant les heures les plus chaudes de la journée. Le poil des animaux est anormalement long, hérissé et terne; ceci est dû, en partie tout au moins, au fait qu'il n'y a pas de mue. Les animaux ont tendance à se coucher dans les endroits ombragés et humides, si bien qu'ils sont souvent couverts de boue. Les bouvillons pâtureur de la fétuque E - passent plus de 2 heures à pâturer entre midi et seize heures alors que ceux consommant de la fétuque E + ne pâturent que 3/4 d'heure pendant la même période. Le passage des animaux d'une pâture E + à une pâture E - ne permet pas de rattraper le temps de pâturage. En effet, si on change les animaux et après 26 jours d'obser-

vation, on enregistre toujours des différences. L'adjonction de concentrés dans la ration permet souvent de compenser ces effets néfastes.

Peu d'études existent sur l'effet de l'*A. coenophialum* sur des moutons en pâture. Par contre, nous disposons de résultats sur des moutons utilisés pour l'étude de son métabolisme et de sa physiologie. Généralement, ils sont analogues à ceux obtenus sur les bovins. Une expérience de courte durée montre que la quantité de fourrage ingérée par des agneaux recevant du foin de fétuque E + est inférieure de 83 % à celle d'agneaux consommant de la fétuque E - . Une étude portant sur des brebis et des bouvillons au pâturage montre que l'endophyte a les mêmes effets sur la fertilité des brebis que sur les bovins. Par contre, la capacité d'ingestion et la croissance ne semblent pas diminuées.

La fétuque élevée est utilisée aussi pour le pâturage des chevaux. Cependant, la consommation de fétuque E + peut poser de graves problèmes chez les juments : diarrhées, transpirations excessives, avortements, gestations prolongées, placentas anormalement épais, mortalités plus élevées des poulains, distoxies et agalaxies. La mort de la jument peut avoir lieu lors du poulinage en raison d'une gestation prolongée qui conduit à des poulains plus grands et à des infections utérines dues à la rétention placentaire. Cependant, si le pâturage de la fétuque élevée est arrêté entre 30 et 60 jours avant le poulinage, il n'y a pour ainsi dire aucun effet néfaste résiduel.

Nature et mode d'action de la(les) toxine(s)

De très gros efforts ont été réalisés pour essayer de déterminer les alcaloïdes responsables de la toxicose de la fétuque. L'action de la perloline et d'autres composés similaires sur l'activité de la microflore du rumen, et particulièrement sur l'activité cellulolytique, laissent à penser que les alcaloïdes peuvent être responsables de cette maladie. Cependant, s'il est démontré qu'il y a une relation entre le niveau d'infection et les symptômes observés chez les animaux, aucune relation de cause à effet entre les alcaloïdes et la toxicose n'a été encore clairement démontrée.

Il semble évident que les symptômes sont dus à la présence d'une ou plusieurs substances toxiques. Deux groupes d'alcaloïdes, les pyrrolizidines et les ergopeptides, ont été trouvés dans les plantes E + . L'ergovaline, appartenant au groupe des ergopeptides, vient d'être mise en évidence dans le sérum sanguin de bouvillons pâturant de la fétuque E + . Cette substance est absente du sérum sanguin des bouvillons pâturant la fétuque E - . A l'heure actuelle, des recherches sont menées sur l'effet de l'ergovaline et d'autres composés similaires afin de mieux comprendre le mode d'action de ces produits et de mettre éventuellement en place des moyens thérapeutiques pour lutter contre cette toxicose.

Effets de la fertilisation azotée sur la toxicose

Une fertilisation azotée importante a une influence marquée sur la nécrose des tissus adipeux des bovins, et peut-être sur la gangrène des pieds. Un taux important d'azote aggraverait les effets du champignon. Cependant, des récentes études montrent que le rôle de l'azote n'est pas aussi bien défini. En effet, sur trois saisons de pâturage, l'effet significatif de la fertilisation azotée n'a été remarqué que sur l'une d'entre elles. En général, la nécrose des tissus adipeux est en évidence surtout dans les pâturages qui ont reçu une fertilisation azotée importante, mais il semblerait que des infestations d'endophyte existent aussi dans les pâtures où l'on remarque cette nécrose. On ignore à présent si ces deux facteurs doivent agir simultanément pour causer ces difficultés des tissus adipeux.

Rénovation des prairies contaminées

Pour des prairies utilisées par des bovins et lorsque l'infestation est inférieure ou égale à 30% (10% quand il s'agit de vaches laitières ou de juments), il n'est probablement pas utile de retourner la prairie : des actions de rénovation sont possibles. En effet, depuis de nombreuses années, les expérimentations montrent clairement que l'incorporation de légumineuses dans des pâtures de fétuque infectée améliore les performances des animaux. C'est pourquoi nous conseillons le semis de légumineuses fourragères, après un pâturage intensif et une fertilisation raisonnée en fonction des résultats d'analyses de terre. Le choix entre le trèfle blanc Ladino (*T. repens* L.), le trèfle violet (*T. pratense* L.), le lotier corniculé (*Lotus corniculatus* L.), la luzerne (*Medicago sativa* L.) ou d'autres légumineuses, sera fonction des conditions climatiques et des préférences de l'agriculteur. Pour que les résultats soient bons, il faut veiller à ce que la proportion de légumineuse dans la prairie soit au moins de 25 à 30% au printemps.

Les champignons du genre *Acremonium* ont co-évolué avec leurs graminées hôtes et ne sont pas parasites ; au contraire, la relation endophyte-plante est une véritable symbiose. L'infection par l'endophyte confère à la plante une résistance à de nombreux insectes parasites ainsi qu'aux nématodes du sol, permettant ainsi une meilleure croissance de la plante et une tolérance à la sécheresse plus importante. Dans les pâtures, la fétuque indemne d'endophyte est beaucoup plus sensible à la sécheresse et au surpâturage que la fétuque E+. En conséquence, l'exploitation d'une prairie non infectée est beaucoup plus délicate (ARACHEVALETA et al., 1989). Généralement, les plantes E- sont beaucoup moins compétitives que les plantes E+, si bien que dans les pâtures où l'on peut trouver à la fois des plantes infectées et non infectées, la fétuque E+ est le plus souvent dominante.

Il est très important de bien connaître le taux d'infestation de chaque prairie afin de décider ou non de son retournement, car c'est un travail long et coûteux. Dans le cas où le labour est possible, nous conseillons un ou plusieurs traitements herbicides (paraquat ou/et glyphosate) ; dans le cas où les conditions topographiques, climatiques ou édaphiques ne permettent pas le labour, deux traitements herbicides, au minimum, espacés de deux à quatre semaines, sont nécessaires. Pour rompre le cycle du champignon, il est utile d'implanter une autre culture avant de ressemer la fétuque.

Dans tous les cas, il est essentiel de s'assurer que toutes les plantes infectées, leurs semences et leurs rhizomes, sont complètement morts. La présence de quelques survivants entraînerait automatiquement une réinfestation de la nouvelle prairie mise en place, l'année du semis ou plusieurs années plus tard.

Comme nous l'avons déjà dit précédemment, la vigueur et la résistance aux maladies, et surtout aux insectes et aux nématodes, de la fétuque E + sont plus importantes que celles de la fétuque E – (synergie entre le champignon et la plante). Il est donc plus difficile pour les agriculteurs d'exploiter une prairie de fétuque E – et un certain nombre de précautions sont à prendre pour éviter une baisse de productivité, voire même sa destruction. A titre d'exemple, signalons qu'en Nouvelle-Zélande, le ray-grass anglais indemne de champignon endophyte *A. lolii* a disparu à la suite des attaques généralisées du charançon des tiges (*Listronotus bonarensis* Kuschel). Quoique jusqu'à présent la plus grande sensibilité de la fétuque E – aux insectes n'a pas présenté de problèmes, sa sensibilité à la sécheresse et aux nématodes du sol limite sa région d'adaptation. En effet, la fétuque E – ne survit pas dans les régions méridionales de sa zone de production et surtout elle est en compétition avec certaines graminées pérennes qui poussent rapidement en été.

Cultivars indemnes et infectés d'endophyte

L'utilisation de cultivars indemnes d'endophyte peut être une solution pour résoudre le problème économique résultant de l'utilisation de pâtures contaminées. Les cultivars indemnes d'endophyte sélectionnés par les instituts de recherches publics et les plus utilisés en ce moment sont AU-Triumph, Johnstone, Kenhy, Kentucky 31, Martin, et Mozark. L'exploitation du cultivar Johnstone est difficile, à cause d'une faible résistance au pâturage. AU-Triumph, sélectionné dans l'Alabama à partir de génotypes méditerranéens, ne supporte pas bien les hivers froids. Martin et Mozark, provenant du Missouri, sont des cultivars récents et l'on ne connaît pas encore bien leurs performances. Par contre, Kenhy et surtout Kentucky 31 peuvent être utilisés dans la plupart des cas. Il en existe d'autres, surtout en provenance des sélectionneurs privés. Dans certains Etats, le contrôle de la présence de l'endophyte est obligatoire et le maximum permis doit être généralement inférieur à 5%.

Cependant, l'utilisation de cultivars indemnes d'endophyte ne va pas sans poser quelques problèmes. Ces cultivars sont beaucoup moins résistants et nécessitent une exploitation et une gestion des pâtures différentes de celles qui sont contaminées. Leur utilisation nécessitera probablement de nouveaux efforts de recherches et des modifications des habitudes des exploitants agricoles.

Comme la féтуque élevée et le ray-grass anglais E + sont plus résistants à de nombreuses agressions biotiques et abiotiques, on réserve maintenant l'utilisation des semences de *Festuca* et de *Lolium* infectées d'endophytes aux espaces verts, aux pelouses d'agrément, aux terrains de golf, etc. Là-aussi, dans certains Etats, le contrôle de la vitalité de l'endophyte, ainsi que de celle de la semence, est obligatoire, puisqu'un stockage de plus de quelques mois conduit à une baisse de vitalité de l'endophyte.

Conclusion

La féтуque élevée est une graminée fourragère très importante aux Etats-Unis d'Amérique et on peut se poser la question d'une utilisation plus importante dans d'autres pays où les conditions le permettent. Nos connaissances actuelles sur l'association graminée-endophyte proviennent des observations faites sur les performances des animaux domestiques. Les répercussions sur le plan économique sont très importantes aux Etats-Unis.

L'association féтуque-*A. coenophialum* est une véritable symbiose, la graminée devenant plus résistante aux stress et ayant une longévitité plus importante. C'est peut-être une nouvelle voie de recherches qui s'ouvre : trouver de nouveaux génotypes d'endophytes qui, associés à de nouveaux génotypes de graminées, permettraient de conférer à la plante hôte une résistance accrue sans pour autant diminuer les performances des animaux. Il est vraisemblable que l'utilisation éventuelle de certaines méthodes du génie génétique puisse en partie résoudre ce problème.

Mais, à court terme, les pistes de recherches les plus importantes sont l'amélioration des connaissances sur l'association graminée-légumineuse, la recherche d'additifs alimentaires permettant de lutter contre les effets des alcaloïdes, et la définition des paramètres d'exploitation et de gestion des prairies non contaminées. L'adoption par la majorité des producteurs agricoles des connaissances aussitôt acquises permettra de diminuer les grandes pertes économiques dues à l'endophyte.

La toxicose de la féтуque aux Etats-Unis est surtout aggravée par les conditions climatiques : températures très chaudes en été, alternances de températures chaudes et froides au cours de l'hiver. On sait depuis peu que le champignon endophyte existe en Europe (DO VALLE RIBEIRO et al., 1988 ; GAMS et al., 1990 ; LEWIS et CLEMENTS, 1986 ; RAYNAL, 1989) et que même il a probablement conduit à des

troubles dans un élevage de vaches laitières en France (RAYNAL, 1991). Serait-ce que la présence des champignons endophytes ait été moins dommageable pour le bétail en France qu'aux Etats-Unis parce que les conditions climatiques y sont moins sévères ? D'autre part, si l'utilisation de la fétuque élevée est limitée en Europe, peut-être est-ce en raison des performances des animaux consommant de la fétuque élevée infectée par *Acremonium coenophialum*, performances qui seraient inférieures à celles obtenues avec d'autres graminées ?

Accepté pour publication, le 12 mars 1991

Remerciements

Nous remercions M. RAYNAL, de l'Institut National Agronomique, Paris-Grignon, qui nous a fourni des copies d'articles récemment parus sur les champignons endophytes des graminées en Europe.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARACHEVALETA M., BACON C.W., HOVELAND C.S., RADCLIFFE D.E. (1989) : "Effect of the tall fescue endophyte on plant response to environmental stress", *Agron. J.*, 81:83-90.
- BACON C.W., SIEGEL M.R. (1988) : "Endophyte parasitism of tall fescue", *J. Prod. Agric.*, 1:45-55.
- BUCKNER R.C., BUSH L.P. (ed.) (1979) : *Tall fescue*, Am. Soc. Agronomy, Madison, Wisconsin, 351 p.
- BUSH L.P., BURRUS P.B.Jr. (1988) : "Tall fescue forage quality and agronomic performance as affected by the endophyte", *J. Prod. Agric.*, 1:55-60.
- DO VALLE RIBEIRO M.A., BUSH L.P., HOGAN L. (1988) : "Research on fungal endophytes of grasses", *Proc. 12th. Gen. Meet. Europ. Grassl. Fed.*, Dublin, Ireland, 363-367.
- FRIBOURG H.A., WILKINSON S.R., RHODES G.N.Jr. (1988) : "Switching from fungus-infected to fungus-free tall fescue", *J. Prod. Agric.*, 1:122-127.
- GAMS W., PETRINI O., SCHMIDT D. (1990) : "Acremonium uncinatum, a new endophyte in *Festuca pratensis*", *Mycotaxon*, 37:67-71.
- JOOST R.E., QUISENBERRY S.S. (ed.) (1990a et b) : *Intern. Symp. on Acremonium/Grass Interactions*, a) *Program and Abstracts*, b) *Proc.*, New Orleans, 5-7 Nov. 1990, Louisiana Agric. Exp. Stn., Louisiana State Univ., Baton Rouge, LA 70803.
- LEWIS G.C., CLEMENTS R.O. (1986) : "A survey of ryegrass endophyte (*Acremonium loliae* in the U.K. and its apparent ineffectuality on a seedling pest", *J. Agric. Sci. Camb.*, 107:633-638.

- MORGAN-JONES G., GAMS W. (1982) : "Notes on Hyphomycetes. XLI. An endophyte of Festuca arundinacea and the anamorph of Epichloe typhina, new taxa in one of two new sections of Acremonium", *Mycotaxon*, 15:311-318.
- RAYNAL G. (1989) : "Maladies des plantes fourragères prairiales [B.I.3.b] Champignons endophytes", *Ennemis et Maladies des Prairies*, RAYNAL, GONDRAN, BOURNOVILLE et COURTILLOT ed., Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, pp.64-65.
- RAYNAL G., CHAMPION R., SICARD G., DE GOYON B. (1988) : "Les Acremonium, champignons endophytes des graminées, néfastes ou bénéfiques", *Bull. Semences FNAMS*, 104:12-14.
- RAYNAL G. (1991) : "Observations françaises sur les Acremonium, champignons endophytes des graminées fourragères", *Fourrages*, 126.
- REDDICK B.B. (1988) : "Detection of the tall fescue endophyte with emphasis on enzyme-linked immunosorbent assay", *J. Prod. Agric.*, 1:133-136.
- STUEDEMANN J.A., HOVELAND C.S. (1988) : "Fescue endophyte : history and impact on animal agriculture", *J. Prod. Agric.*, 1:39-44.

RÉSUMÉ

L'importance de la fétuque élevée est considérable aux Etats-Unis, où elle occupe 14 millions d'hectares, principalement dans la partie est du pays.

Les symptômes observés chez les bovins, les ovins et les équins sont décrits ainsi que les principales caractéristiques du champignon qui est diffusé par les semences. La toxicose semble aggravée par des conditions climatiques très contrastées et parfois par les fortes fertilisations azotées.

Les répercussions sur la croissance et la production laitière des bovins varie avec le taux d'infestation de la prairie. L'endophyte est en symbiose avec la plante et lui confère une résistance supérieure aux parasites et à la sécheresse. De ce fait, le taux d'infestation d'une prairie ne peut que stagner ou augmenter au fil des ans ; le ressemis, la rénovation ou le semis de légumineuses sont les principaux moyens d'assainir une prairie. D'autre part, la conduite des prairies contaminées est plus facile et leur pérennité supérieure. La sélection des cultivars et les manipulations génétiques des champignons pourraient ouvrir des perspectives intéressantes.

SUMMARY

Tall fescue and Acremonium coenophialum. View of the situation in the United States

Tall fescue is a very important crop in the United States, where it covers 14 M hectares, mainly in the East.

The observed symptoms on cattle, sheep and horses are described, and also the main features of the fungus which is transmitted by the seed. Toxicosis seems to be aggravated under contrasted climatic conditions and sometimes when there are heavy applications of nitrogen fertilizers.

The consequences on the growth rate and the milk production of cattle vary with the rate of infestation of the pasture. The endophyte is living symbiotically in the plant and gives it increased resistance to pests and to drought. As a consequence, the rate of infestation of the pasture can only remain level or rise with increasing years ; reseeding, renovation or the sowing of legumes are the main ways of curing the pastures. On the other hand, contaminated pastures are easier to manage and persist longer. Interesting prospects could be created by the selection of new cultivars and genetic engineering of the fungi.