

Maîtrise de la pérennité du trèfle blanc dans les associations

J.C. Simon¹, D. Leconte², F. Vertès³, D. Le Meur⁴

Associé au ray-grass anglais, le trèfle blanc est une espèce fourragère très intéressante pour le pâturage. Le développement de cette association est freiné par la difficulté de maintien du trèfle dans certaines situations. Cet article fait la synthèse des connaissances actuelles sur les principaux facteurs qui limitent la pérennité du trèfle.

RÉSUMÉ

*Dans une association, la pérennité du trèfle blanc (*Trifolium repens* L.) est limitée par trois types de facteurs. Concernant le milieu, le trèfle disparaît rapidement en sol hydromorphe et lorsque la disponibilité en eau du sol est insuffisante ; la température et la lumière interviennent sur la morphogenèse et l'équilibre entre les 2 composantes du couvert. D'autres facteurs, induits par l'éleveur, interviennent aussi : le pâturage en sol fragile et humide est à proscrire ; la fertilisation azotée défavorise généralement le trèfle blanc : son utilisation doit se limiter aux régions à printemps froid et/ou défavorable ; le rythme d'exploitation conseillé est de 5 à 6 coupes par an. Enfin, le choix des espèces et variétés associées est déterminant et doit tenir compte du milieu et du mode d'exploitation envisagé.*

MOTS CLÉS

Association végétale, compétition, cultivar, facteur climat, facteur édaphique, fertilisation azotée, gestion des prairies, morphogenèse, pérennité, ray-grass anglais, trèfle blanc.

KEY-WORDS

Climatic factor, competition, cultivar, edaphic factor, morphogenesis, nitrogen fertilization, pasture management, perennial ryegrass, persistency, plant association, white clover.

AUTEURS

1 : Laboratoire Associé I.N.R.A. - Université de Physiologie et de Biochimie Végétale, Esplanade de la Paix, F-14032 Caen cedex.

2 : Domaine du Vieux Pin, Le Pin-au-Haras, F-61310 Exmes.

3 : Station d'Agronomie, 4, rue Stang Vihan, F-29000 Quimper.

4 : Chambre d'Agriculture du Finistère, 5, Allée Sully, F-29322 Quimper.

La maîtrise de la pérennité du trèfle dans les associations avec graminées n'est pas un sujet nouveau. De très nombreux travaux y ont été consacrés au cours des deux dernières décennies et la revue *Fourrages* s'en est fait l'écho dans de très nombreux articles (DE MONTARD *et al.*, 1983 ; NÖSBERGER, 1983 ; PRIMLIN et JOURNET, 1983 ; VERTÈS et LE MEUR ; 1993 ; SIMON, 1993 ; LÉCONTE, 1993...). Les contraintes de milieu et les grands facteurs techniques qui sont à l'origine du succès ou de l'échec de ces associations sont maintenant bien connus et les progrès qui ont été réalisés par la sélection permettent aujourd'hui aux éleveurs de disposer d'une gamme de variétés mieux adaptées au contexte pédoclimatique de leur exploitation et à leurs choix techniques. Dans cet article **nous rappellerons brièvement ces différents acquis en nous limitant aux facteurs dont le rôle paraît déterminant sur la pérennité des associations**. Nous aborderons successivement les facteurs du milieu, les facteurs induits par l'exploitant et les facteurs intrinsèques du couvert (figure 1).

1. Pérennité et facteurs pédoclimatiques

Depuis les années 80, de nombreuses études et enquêtes ont été réalisées, en France comme à l'étranger, pour préciser les conditions de réussite ou d'échec des associations. Parmi celles-ci, rappelons le travail réalisé par l'Institut de l'Élevage, des Établissements Départementaux de l'Élevage et l'I.N.R.A. dans les exploitations d'élevage de l'ouest de la France. Ces différentes études ont permis de préciser les facteurs favorables ou non à la pérennité du trèfle dans ces associations (VERTÈS et ANNEZO, 1989). **Deux facteurs concernant le sol paraissent jouer un rôle très important sur le maintien ou la disparition du trèfle blanc :**

- **L'hydromorphie**, qui est à l'origine de très nombreux échecs. Les sols hydromorphes à structure compacte sont très défavorables au trèfle ; dans ces sols, qui se caractérisent par la présence de taches de

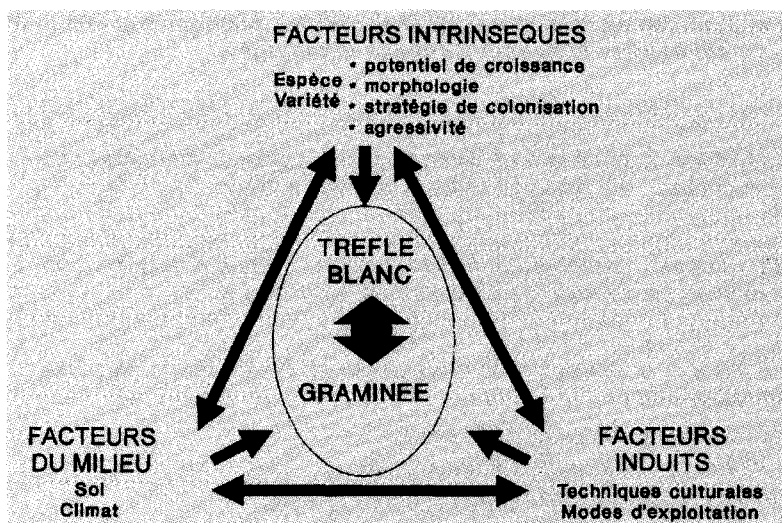
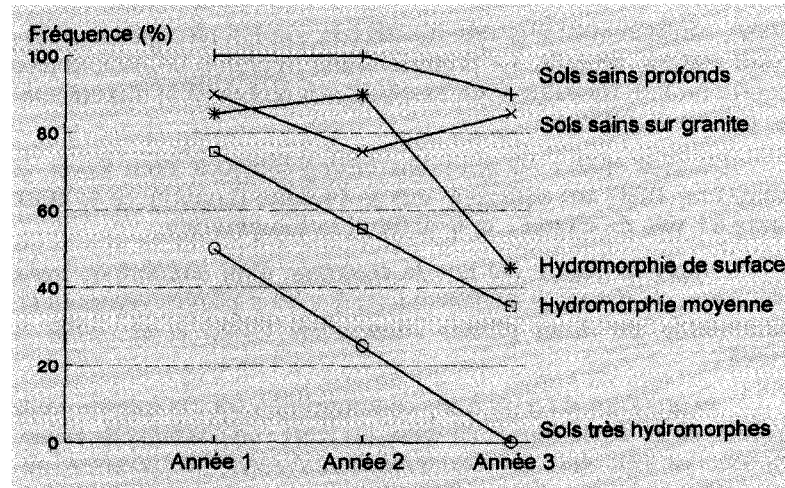


FIGURE 1 : Principaux facteurs agissant sur l'équilibre de l'association : facteurs du milieu, induits et intrinsèques.

FIGURE 1 : Main factors affecting the grass/clover balance : pedoclimatic, induced, and intrinsic factors.

FIGURE 2 : Au cours des 3 années suivant le semis, évolution du pourcentage de parcelles présentant au moins 30% de trèfle blanc, selon le type de sol.

FIGURE 2 : Changes, over a period of 3 years after sowing, in the percentage of plots with at least 30% clover, for various types of soils.

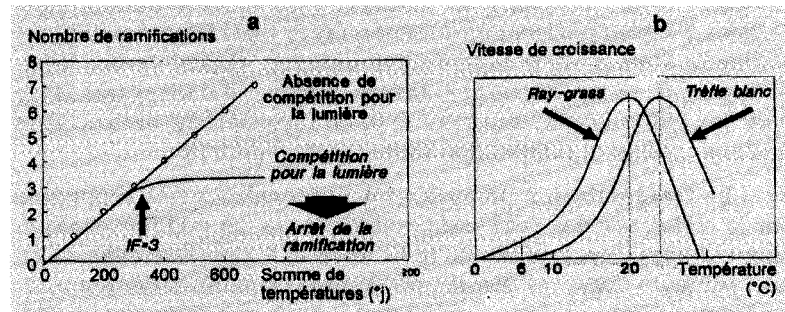


couleur rouille ou grise, l'excès d'eau prolongé entraîne un mauvais enracinement du trèfle, préjudiciable à sa pérennité. Quand le trèfle réussit à s'y implanter, il disparaît en général rapidement comme le montre la figure 2. On évitera donc d'implanter des associations dans ce type de sol, à réserver aux couverts de graminées pures qui supportent mieux ces conditions contraignantes. A l'inverse, les sols sains et profonds sont très favorables au trèfle, du moins si l'alimentation en eau est bonne ; la plante s'y enracine très facilement, son potentiel de production est élevé et sa pérennité excellente (figure 2).

- **La disponibilité en eau**, qui conditionne la croissance et la productivité du trèfle blanc. Le système racinaire du trèfle blanc est en grande partie constitué de racines adventives situées principalement dans les couches superficielles du sol (NÖSBERGER, 1983) ; de ce fait, sa croissance est fortement affectée quand les conditions hydriques se dégradent, en particulier dans les conditions de mauvais enracinement. La disponibilité en eau dépend d'une part de la réserve utile du sol (elle-même sous la dépendance de sa texture et de la profondeur exploitable par les racines) et d'autre part du régime pluviométrique local. En règle générale, il importe que le trèfle soit bien alimenté en eau durant sa période de forte croissance, c'est-à-dire du milieu du printemps à la fin de l'été. Ainsi, les sols convenant le mieux au trèfle sont les sols profonds en situation régulièrement arrosée (ANNEZO *et al.*,

FIGURE 3 : Phénomènes intervenant sur la croissance d'un couvert de ray-grass et de trèfle blanc a) compétition pour la lumière à partir d'un indice foliaire de 3, b) incidence de la température.

FIGURE 3 : Factors affecting the growth of a ryegrass/white clover sward : a) competition for light as soon as the foliar index reaches 3, b) effect of temperature.



1987), contrairement aux sols superficiels, surtout en région à sécheresse estivale accusée. La pratique d'une irrigation de complément pourra lui être favorable dans les situations sèches où la disponibilité en eau est insuffisante.

D'autres études ou synthèses bibliographiques (dont FRAME et NEWBOULD, 1986) ont également mis en évidence l'importance de **deux facteurs clés du climat : la lumière et la température.**

Rappelons (figure 3a) que **la repousse d'un couvert** de trèfle blanc pur, de ray-grass anglais pur ou des deux plantes associées **se caractérise par deux phases successives** (SIMON *et al.*, 1989 et 1990) :

- la première, où il n'y a pas de compétition pour la lumière entre plantes de la même espèce ou entre les deux composantes de l'association ; ce sont alors les conditions de croissance (température, alimentation hydrique, alimentation minérale...) qui déterminent l'installation des deux plantes ;

- la seconde, où se manifestent les phénomènes de compétition pour la lumière et où la morphogenèse de chacune des deux espèces est profondément modifiée ; par exemple, dans le cas du trèfle, on observe un ralentissement de l'émission de nouvelles feuilles, un arrêt de la ramification et une forte élongation des stolons. En cas d'augmentation excessive de l'indice foliaire de l'association à la fin de cette phase, on observe des phénomènes de mortalité des ramifications. Cette mortalité constitue une cause importante de régression du trèfle dans les peuplements sous-exploités (SOUSSANA *et al.*, 1995).

La limite entre ces deux phases correspond au moment où le couvert a développé un indice foliaire voisin de 3 ; le rayonnement solaire transmis à la base des plantes devient alors très faible, la plus grande partie de celui-ci ayant été absorbée (ou réfléchi) par le couvert (BROWN et BLASER, 1968).

La lumière a un rôle déterminant sur la croissance et la morphogenèse du trèfle et du ray-grass (HAYNES, 1980 ; WOLEDGE et DENNIS, 1982 ; DEREGIBUS *et al.*, 1985 ; SIMON et LEMAIRE, 1987 ; SOLANGAARACHCHI et HARPER, 1987 ; SIMON, 1989 ; SIMON *et al.*, 1989 et 1990 ; MOULIA *et al.*, 1989 ; ROBIN *et al.* 1992, 1994a et 1994b ; FAURIE *et al.*, 1996...). En effet, la production de nouveaux organes, comme les talles et les points végétatifs, se fait au niveau de sites d'émission situés près du niveau du sol, au niveau du plateau de tallage pour le ray-grass et des stolons pour le trèfle. Pour émettre de nouveaux organes, les sites producteurs doivent recevoir une certaine quantité et qualité de lumière via le rayonnement transmis. Quand l'indice foliaire augmente, le rayonnement transmis diminue. Il devient très faible pour un indice foliaire supérieur à 3. Le rayonnement devient alors limitant : tallage et ramification sont stoppés (figure 3a).

La température a également une incidence très importante sur la croissance des deux composantes et sur un éventuel déséquilibre entre les deux espèces. Le trèfle blanc et le ray-grass diffèrent en effet par leurs exigences thermiques, le trèfle demandant des températures plus élevées pour sa croissance que le ray-grass (figure 3b).

Ainsi, le zéro de végétation du ray-grass (proche de 0°C) est nettement inférieur à celui du trèfle blanc (6°C), tout comme leurs optimums thermiques : voisin de 20°C pour le ray-grass et de 25°C pour le trèfle (MUNRO, 1970 ; FRAME et NEWBOULD, 1986...). Par ailleurs, la fixation symbiotique du trèfle n'est active qu'au dessus de 9°C, alors que l'absorption d'azote par le ray-grass est déjà active à cette température (CLARKSON *et al.*, 1988 et 1992...). Ces différences d'exigences thermiques expliquent que la contribution du trèfle blanc à la production d'une association soit variable au cours d'une saison de pâturage : elle sera plus faible au début du printemps et plus forte en été.

La pérennité du trèfle blanc est également en partie conditionnée par sa survie hivernale et sa reprise printanière, les basses températures modifiant à la fois la morphogenèse de la plante et le niveau de ses réserves carbonées et azotées (GUINCHARD, 1995 ; BOUCHARD, 1997 ; BOUCHARD *et al.*, 1997). L'accumulation d'amidon dans la plante en automne et son hydrolyse au cours de l'hiver suggèrent que les réserves carbonées sont plus importantes pour la survie hivernale du trèfle (adaptation et résistance au froid) que pour la reprise de croissance au printemps. En revanche, l'accumulation dans la plante de réserves azotées en automne et au début de l'hiver sous forme de protéines de réserve des organes végétatifs (appelées VSP par les physiologistes), suivie par une forte diminution de leur niveau au début du printemps, suggère leur implication dans la reprise de la croissance.

2. Pérennité et facteurs induits

Outre les conditions de milieu, favorables ou non aux associations, les choix techniques de l'agriculteur jouent également un rôle important sur la pérennité du trèfle blanc. De nombreux travaux ont ainsi permis de préciser les techniques à proscrire ou à promouvoir, tant au niveau de la conduite des cultures que de leur mode d'exploitation. Nous ne rappellerons ici que celles dont les incidences sont particulièrement déterminantes sur le maintien du trèfle.

Le pâturage sur sol humide à structure fragile est une pratique très préjudiciable au trèfle blanc ; en effet, dans de telles conditions, le piétinement par l'animal entraîne une forte dégradation du couvert prairial et plus particulièrement du trèfle. Le piétinement module la pérennité du trèfle par **deux types d'effets** :

- **les effets directs**, par blessure, écrasement, enfouissement, sectionnement, qui semblent plus néfastes au trèfle qu'au ray-grass. En effet, le piétinement tend à favoriser le tallage ultérieur de la graminée alors qu'il entraîne une mortalité importante des stolons et une forte chute du nombre de points végétatifs du trèfle ; il en résulte le plus souvent un déplacement de l'équilibre de l'association au profit du ray-grass (VERTÈS *et al.*, 1988 ; VERTÈS, 1989 ; SIMON *et al.*, 1990). Par son action mécanique, le piétinement modifie également la structure de la végétation en ouvrant le couvert ; il induit ainsi une organisation en touffes où les espaces nus pourront par la suite être recolonisés ;

- **les effets indirects**, en modifiant les caractéristiques des sols par tassement. Dans les sols à structure fragile, le piétinement pro-

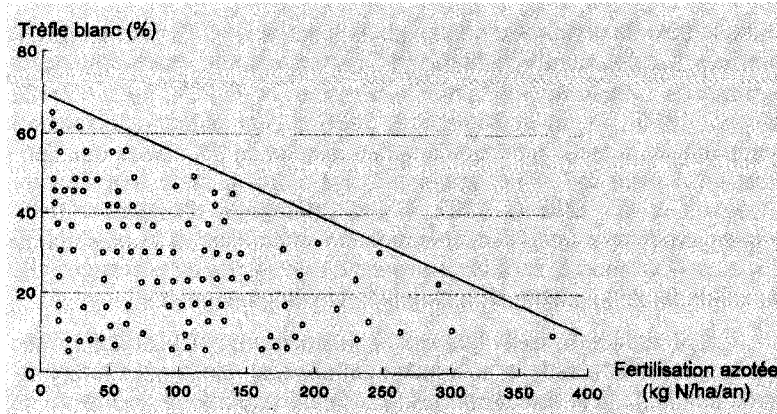


FIGURE 4 : En Bretagne, relation entre le niveau de fertilisation azotée et le taux de trèfle blanc (250 parcelles-années en 1985-1986).

FIGURE 4 : *Relationship between nitrogen fertilization and clover rate, as observed in Brittany on 250 plot-years in 1985-1986.*

voque des phénomènes de compaction qui sont très dommageables au système racinaire du trèfle et à son développement ultérieur (VERTÈS *et al.*, 1989) ; la compaction entraîne également une mauvaise aération du sol et est ainsi néfaste à la fixation symbiotique. Une forte compaction du sol conduit à plus ou moins court terme à une chute importante du taux de trèfle blanc.

La pratique d'une fertilisation azotée sur association conduit le plus souvent à une régression du trèfle blanc (FRAME et NEWBOULD, 1986 ; LÉCONTE, 1986 ; SIMON *et al.*, 1990 ; LÉCONTE et LEAU, 1993...). L'effet bénéfique de l'azote sur la précocité de production et sur le niveau de production doit donc être mis en balance avec son impact généralement dépressif sur le trèfle (figure 4). Il conviendrait ainsi de **réserver cette pratique à certaines situations particulières** :

- **les contextes pédoclimatiques peu favorables au trèfle** : selon divers auteurs, l'apport d'azote devient indispensable dans les prairies où le trèfle a du mal à s'implanter et à se maintenir, et dès que son taux descend au printemps en dessous d'un certain seuil à partir duquel il ne peut plus jouer son rôle de "moteur de la prairie" ; ANNEZO *et al.* (1987) situent cette valeur critique à 15% ;

- **les régions à printemps froid** : pour permettre une mise à l'herbe plus précoce, un apport modéré d'azote en sortie d'hiver permet de réaliser cet objectif sans nuire semble-t-il au maintien ultérieur d'un bon taux de trèfle blanc (LÉCONTE, 1986).

L'effet dépressif de l'azote sur le trèfle blanc associé au ray-grass s'explique principalement par les incidences de ce paramètre sur les cinétiques de mise en place des appareils foliaires des deux espèces (SIMON, 1989). L'azote, en augmentant l'élongation et la taille des feuilles du ray-grass, accélère l'installation de son appareil foliaire et conduit à l'apparition plus précoce de phénomènes de compétition pour la lumière (figure 3), l'indice foliaire seuil "3" étant atteint plus rapidement avec un net avantage du ray-grass. La ramification du trèfle s'arrête alors plus rapidement, ce qui a pour effet de réduire le nombre de points végétatifs du trèfle (DENNIS et WOLEDGE, 1987 ; WOLEDGE, 1988...) et l'équilibre de l'association bascule en faveur du ray-grass. Si l'application d'azote sur une culture pure de trèfle blanc

a peu d'effet sur la production et la morphologie de la plante (DAVIDSON et ROBSON, 1990), il n'en est pas de même en culture associée où l'azote entraîne une chute de la contribution pondérale du trèfle à la production (figure 4). Il conviendrait donc d'éviter les apports d'azote sur association à l'exception de quelques contextes particuliers.

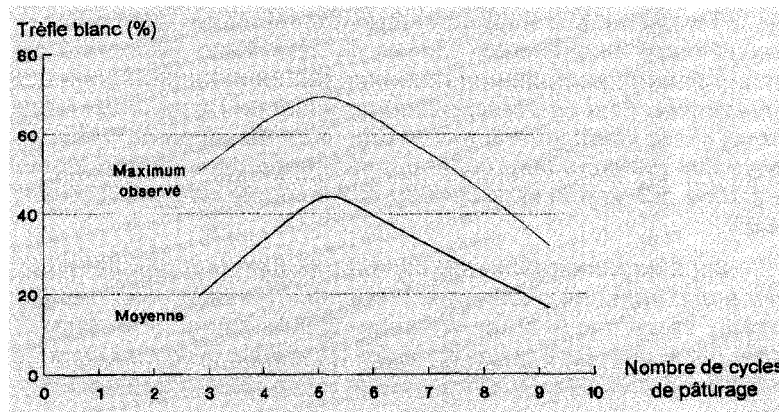
Plus généralement, il importerait de **tenir compte de l'effet du niveau de fertilité azotée du sol sur l'équilibre de l'association**. SOUSSANA et ARREGUI (1995) proposent une méthode de diagnostic s'appuyant sur la "loi de dilution de l'azote dans la matière sèche" (SALETTE et LEMAIRE, 1981). Ces auteurs montrent ainsi que le taux de trèfle blanc varie à l'inverse du niveau de nutrition azotée du ray-grass. Selon d'autres auteurs (THORNLEY *et al.*, 1995 ; SCHWINNING et PARSONS, 1996), l'alimentation azotée du couvert dépendrait de manière dynamique du taux de trèfle blanc. Les modèles proposés suggèrent que les fluctuations interannuelles du taux de trèfle blanc sont en partie causées par la variation cyclique de la fertilité azotée du sol inhérente à la fixation symbiotique, la période de ce mouvement oscillatoire étant de l'ordre de 3 à 4 ans. Un fort taux de trèfle engendre une augmentation de la fertilité azotée du substrat via le retour au sol d'organes sénescents ; cet effet a ultérieurement pour conséquence une plus forte croissance du ray-grass et une régression du trèfle blanc ; il s'ensuit une diminution de la fertilité azotée du sol et une moindre croissance du ray-grass ; le trèfle retrouve alors des conditions plus favorables à sa croissance et son taux augmente ; le système repart alors dans un nouveau cycle. Selon ces auteurs, cette variation cyclique signifie que les légumineuses contribuent de façon substantielle à la fertilité du sol et à la production fourragère.

De façon générale, la fertilité chimique du sol (pH, teneurs en P_2O_5 , K_2O ,...) **ne doit pas être négligée**, certains paramètres pouvant être limitants dans de nombreuses régions françaises.

Le nombre de cycles de pâturage pratiqués chaque année module également fortement la contribution du trèfle à la production (VERTÈS et ANNEZO, 1989 ; SIMON *et al.*, 1990). Bien que le trèfle blanc supporte une gamme assez large de rythmes d'exploitation (LECONTE et LAISSUS, 1985), les rythmes trop lents ou très rapides réduisent sensiblement la contribution du trèfle à la production (figure 5).

FIGURE 5 : En Bretagne, relation entre le nombre de cycles de pâturage par saison et le pourcentage de trèfle blanc (250 parcelles-années en 1985-1986).

FIGURE 5 : *Relationship between number of grazing cycles per season and percentage of clover, as observed in Brittany on 250 plot-years in 1985-1986.*



Dans le grand ouest de la France, les enquêtes réalisées en exploitations par l'Institut de l'Élevage et par les Etablissements Départementaux de l'Élevage ont montré que le nombre annuel optimal de passages se situe vers 5 à 6, soit un intervalle de l'ordre de 35 à 40 jours entre 2 cycles de pâturage (du moins pour la variété de trèfle rencontrée : Huia).

Le rythme d'exploitation module en fait très fortement le microclimat lumineux du couvert, la lumière transmise à la base des plantes dépendant plus de la gestion de l'association (défoliations) que du climat général, ce qui explique la durée de repousse optimale de 35 à 40 jours mise en évidence ci-dessus. Les conséquences du rythme d'exploitation sur la morphogenèse du trèfle blanc (et de la graminée associée) conduit à classer également la lumière parmi les facteurs induits.

La consommation sélective du trèfle par les herbivores pourrait également modifier l'équilibre dynamique entre les deux espèces. Ce phénomène a été étudié sur associations pâturées par des moutons (CARRÈRE *et al.*, 1993 et 1997...), ces animaux présentant une préférence alimentaire pour le trèfle (PARSONS *et al.*, 1991 ; ILLIUS *et al.*, 1992). Si le comportement alimentaire de l'animal est un facteur plus difficile à maîtriser que d'autres, selon certains auteurs, il serait possible d'agir sur ce dernier, du moins dans certaines conditions, afin de favoriser la croissance du trèfle associé (LOUAULT *et al.*, 1997).

3. Pérennité et facteurs propres au couvert

L'équilibre de l'association dépend également de facteurs intrinsèques du couvert végétal : espèces et variétés. Ces dernières se caractérisent par une grande variabilité de leur agressivité, ce qui n'est pas sans conséquence sur la pérennité des associations.

■ Incidence de la graminée associée

Les principales graminées prairiales peuvent être classées par **agressivité** décroissante : dactyle, fétuque élevée, ray-grass anglais. Diverses expérimentations ont permis d'établir ce classement. A titre d'illustration, les essais réalisés en Normandie sur le Domaine du Vieux-Pin dans l'Orne (tableau 1) montrent clairement que l'indice de recouvrement de différentes variétés de trèfle blanc associées à ces trois espèces de graminées est nettement plus élevé sous ray-grass que sous dactyle. Pour une échelle d'indices allant de 1 (couverture totale du sol par la graminée) à 9 (couverture totale du sol par le trèfle), les moyennes observées dans ces essais sont respectivement de 4,7 pour le dactyle, 5,2 pour la fétuque élevée et 7,4 pour le ray-grass (LECONTE, 1993).

Dans les associations avec ray-grass anglais, la ploïdie de ce dernier a une incidence variable sur le taux de trèfle blanc. Par exemple, exploité en rythme lent, un ray-grass diploïde conduit à un taux de trèfle blanc plus élevé qu'un ray-grass tétraploïde (respectivement 56 et 50%). En effet, lors d'une repousse, si les ray-grass tétraploïdes pré-

TABLEAU 1 : Variabilité de l'indice de recouvrement de différents types et variétés de trèfle blanc associés à trois espèces de graminées (dactyle, fétuque élevée et ray-grass anglais).

TABLE 1 : Cover index variability for various types and cultivars of white clover associated with cocksfoot, tall fescue and perennial ryegrass.

Trèfle blanc	Variété	Dactyle	Fétuque	Ray-grass anglais*	Moyenne de l'indice*	% Trèfle blanc
Géant	a	+	+	+	7,0	47
	b	+	+	+		
	c	=	=	=		
	d	+	+	+		
	e	=	=	+		
Intermédiaire	f	+	+	+	6,3	42
	g	=	=	=		
	h	=	=	=		
Nain	i	-	-	-	3,9	37
	j	-	-	-		
Moyenne de l'indice*		4,7	5,2	7,4		

* : L'indice de recouvrement varie de 1 (couverture totale par la graminée) à 9 (couverture totale par le trèfle) ; +, =, - : indice fort, moyen, faible

sentent d'abord une végétation assez lâche favorable au trèfle, ils deviennent ensuite très agressifs, en particulier en fin de croissance en raison d'un développement plus important des limbes. Ils ont alors tendance à étouffer le trèfle. Ainsi, **le choix de la ploïdie du ray-grass pourrait être conditionné par le rythme d'exploitation envisagé**. Notons par ailleurs que les ray-grass tétraploïdes résistent mieux à la sécheresse.

Contrairement au comportement généralement observé au printemps, **les variétés de ray-grass tardives limitent la prolifération du trèfle blanc en période estivale** (baisse du taux de 5%) ; ce phénomène est à mettre en relation avec un tallage plus important de ces variétés et une répartition saisonnière de la production différente.

■ Incidence du type de trèfle blanc

Parmi les variétés de trèfle blanc disponibles sur le marché, **les variétés de type "géant" sont les plus agressives** (tableau 1). Quelle que soit l'espèce de graminée associée, elles présentent les indices de recouvrement les plus élevés (en moyenne 7). Les variétés de type "intermédiaire" ont un comportement très variable (note 6,3) et les trèfles blancs de type "nain" se révèlent très peu agressifs (note 3,9).

Les trèfles "nains" supportent assez mal la compétition et disparaissent. Ils ont été sélectionnés pour une exploitation en rythme rapide (peu de compétition pour la lumière) et sont bien adaptés au pâturage continu. Les trèfles "géants" ont un bon comportement, même en association avec les graminées les plus agressives comme le dactyle et la fétuque élevée, et même en rythme d'exploitation lent ; **ils sont en revanche peu adaptés aux rythmes très rapides** qui semblent les épuiser et qui les font rapidement disparaître.

■ Incidence des variétés en présence

Au sein de chaque espèce (ray-grass, dactyle, trèfle blanc,...) ou bien au sein de chaque type botanique (nain, intermédiaire et géant),

les différences variétales sont très importantes. La variabilité est particulièrement forte pour le trèfle blanc, ce qui permet aujourd'hui à l'agriculteur de disposer d'un ensemble de génotypes dont certains seront plus adaptés au contexte pédoclimatique de son exploitation et à ses choix stratégiques.

Il semble *a priori* difficile de disposer de variétés de trèfle blanc passe-partout. Elles devraient en effet présenter une grande plasticité morphologique et se caractériser par :

- un important réseau de stolons, siège des réserves carbonées et azotées dont on commence à percevoir l'importance sur la survie hivernale de la plante (GUINCHARD, 1995 ; LÉCONTE, 1987) et dont on soupçonne l'influence sur la dynamique de repousse après une coupe ou un pâturage (CORRE *et al.*, 1996 ; BOUCHARD, 1997) ;

- une capacité à mettre en place de très nombreux points végétatifs, sites où s'exprime la croissance, en particulier en rythme rapide ;

- une aptitude à allonger ses pétioles, afin de placer les folioles dans les strates supérieures du couvert pour que le trèfle puisse capter au mieux le rayonnement solaire actif pour la photosynthèse (au lieu d'être étouffé), surtout en rythme lent.

Néanmoins, certaines variétés semblent répondre assez bien à ces différentes exigences et présentent une grande souplesse d'adaptation. De telles variétés permettent une bonne pérennité du trèfle dans des contextes variés. En général, elles se maintiennent bien, quels que soient les rythmes d'exploitation retenus. Pour les génotypes qui ne répondent pas à ces critères de souplesse, il est primordial de les choisir en fonction du mode d'exploitation envisagé.

De fortes différences d'agressivité existent aussi bien entre variétés de trèfle qu'entre variétés de ray-grass. Pour assurer un certain équilibre entre les deux composantes de l'association, il importe donc de choisir les variétés en fonction du contexte pédoclimatique local (LE MEUR, 1995a, 1995b).

Dans une expérimentation réalisée dans le contexte pédoclimatique du domaine de Trévarez (département du Finistère, tableau 2), en sols sains ou légèrement hydromorphes sur schistes et en climat océanique doux et humide, de telles différences d'agressivité apparaissent nettement (LE MEUR, 1995a). Quelle que soit la variété de ray-grass associée, Huia se caractérise ici par son manque d'agressivité (faible participation du trèfle à la production : 16%) alors que d'autres variétés comme Aran sont très envahissantes (taux moyen de trèfle égal à

Variété de trèfle blanc	% de trèfle (tous ray-grass confondus)	Variété de ray-grass anglais	% de trèfle (tous trèfles blancs confondus)
Aran	57	Belfort	45
Aran + Menna	56	Colorado	39
Merwi	35	Mammout	38
Donna	28	Fanal	33
Milo	26	Tivoli	28
Menna	23	Ohio	27
Huia	16		

TABLEAU 2 : Dans une association ray-grass anglais - trèfle blanc à Trévarez, variabilité du taux de trèfle blanc (taux pondéral) en fonction de la variété.

TABLE 2 : Variation of the white clover rate (by weight) in an association with perennial ryegrass in Trévarez (Brittany), according to cultivar.

TABLEAU 3 : Combinaisons de variétés de trèfle blanc et de ray-grass à éviter dans le contexte pédoclimatique du Centre Finistère (Trévarez).

TABLE 3 : *Associations of cultivars of white clover and perennial ryegrass that are unadapted to the pedoclimatic conditions of Central Finistère (Western Brittany).*

Variété de trèfle blanc	Variété de ray-grass anglais	% de trèfle blanc
Huia	Ohio	7
Menna	Herbie Tivoli	22
Aran	Belfort Fanal Mammout	75

57%). Ce tableau met également en évidence la forte variabilité qui existe entre variétés de ray-grass dans l'aptitude à résister à l'envahissement du trèfle. Toutes variétés de trèfle confondues, le taux de trèfle blanc est nettement plus faible avec Ohio qu'avec Belfort.

Dans ce contexte, **certaines combinaisons variétales apparaissent inadaptées** (tableau 3). Ainsi, un trèfle blanc envahissant semé avec un ray-grass peu agressif conduit à une explosion de trèfle blanc : par exemple une association Aran - Belfort conduit ici à un taux de trèfle voisin de 75%. A l'inverse, l'association d'un trèfle peu vigoureux avec un ray-grass diploïde dense se solde par un très faible taux de trèfle blanc : 7% pour Huia - Ohio.

Une règle simple de conduite pourrait être la suivante : lorsque les conditions pédoclimatiques sont favorables au trèfle, on associera de préférence des variétés moyennement envahissantes de trèfle à des ray-grass agressifs ; en situation moins favorable au trèfle, on pourrait opter pour des trèfles plus agressifs associés à des ray-grass peu (ou moins) agressifs.

Les exemples présentés ci-dessus montrent que le choix des espèces, types et variétés est un des points clés de la réussite ou de l'échec des associations. Ce choix doit tenir compte du type de sol (plus ou moins favorable au trèfle), du mode d'exploitation (fauche ou pâture), des rythmes de défoliation, des éventuels reports sur pied mais aussi des risques parasitaires. Au cours des 15 dernières années, la sélection a réalisé des progrès très importants. Les agriculteurs disposent aujourd'hui d'une gamme de variétés assez large, ce qui n'était pas le cas au début des années 80, lors de la relance de ces associations (POCHON, 1981). Le facteur variétal est apparu rapidement comme l'un des freins techniques les plus importants (KÉROUANTON, 1993). Les variétés anciennes, qui se sont avérées inadaptées à certains contextes pédoclimatiques et à certains modes d'exploitation, peuvent maintenant être remplacées par des génotypes mieux adaptés. Là où ces variétés ont engendré de nombreux déboires, elles pourront être remplacées.

Conclusion

Dans la conjoncture socio-économique agricole actuelle et dans les perspectives d'extensification, le trèfle blanc cultivé en association avec une graminée devrait connaître un certain regain d'intérêt auprès des éleveurs.

Des résultats importants ont déjà été acquis en France et à l'étranger, tant sur les facteurs limitant la pérennité du trèfle que sur les mécanismes régissant la compétition entre les deux plantes. Néanmoins, si les principaux facteurs responsables de la réussite ou de l'échec de ces associations sont aujourd'hui bien connus, comme nous avons pu le montrer dans cet article, on est loin d'une gestion optimale de ces cultures et il est encore difficile pour l'éleveur de maîtriser son taux de trèfle blanc. "Beaucoup d'éleveurs ont essayé ; peu ont persisté" soulignait KÉROUANTON en 1993 lors des journées AFPP consacrées aux nouvelles perspectives des légumineuses fourragères. **Pour favoriser un retour durable des associations, il importe donc que les techniques de conduite et les modes d'exploitation soient parfaitement maîtrisés.** Les acquis actuels doivent donc être mieux valorisés et l'effort de recherche doit être poursuivi.

Signalons en particulier les travaux développés actuellement en physiologie végétale sur la mobilisation des réserves azotées et carbonées lors d'une repousse après une coupe et sur l'incidence de l'état initial morphologique et biochimique du couvert sur le potentiel de repousse (AVICE, 1996 ; AVICE *et al.*, 1997 ; CORRE *et al.*, 1996 ; BOUCHARD, 1997). Ces travaux apportent de nouveaux éléments explicatifs permettant de mieux interpréter le potentiel de croissance des peuplements prairiaux. Dans un proche avenir, ils pourraient aider à mieux comprendre et prévoir une dynamique de végétation et contribuer à assurer une meilleure pérennité du trèfle blanc dans les associations.

Travail présenté aux Journées d'information de l'A.F.P.F.
"Des prairies plus pérennes, pour des produits de qualité
et l'entretien du territoire",
les 1^{er} et 2 avril 1997.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANNEZO J.F., LE GALL A., PFIMLIN A., BOSCHER B., LYMES T., LE VIOL B., HÉNOT A.Y., KÉROUANTON J. (1987) : *Des prairies riches en trèfle blanc : pourquoi ? comment ?*, Ed. Institut de l'Elevage, 32 p.
- AVICE J.C. (1996) : *Mobilisation des réserves carbonées et azotées chez Medicago sativa L. : étude par marquage ¹⁵N et ¹³C, caractérisation des protéines de réserve du pivot et relations avec le potentiel de repousse après coupe*, thèse de Doctorat de l'Université de Caen, 135 p.
- AVICE J.C., OURRY A., LEMAIRE G., BOUCAUD J. (1997) : "Root protein and VSP are key organic nutrients for alfalfa shoot regrowth", *Crop Science*, 37 (sous presse).
- BOUCHARD V. (1997) : *Etude des protéines de réserve des organes végétatifs (VSP) de Trifolium repens L. et de leur contribution à la repousse*, thèse de Doctorat de l'Université de Caen, 138 p.
- BOUCHARD V., MACDUFF J.H., OURRY A., SVENNIG M.M., GAY A.P., SIMON J.C., BOUCAUD J. (1997) : "Seasonal pattern of accumulation of storage compounds in *Trifolium repens* L. stolons and effects of low temperatures", *Physiologia Plantarum* (soumis).
- BROWN R.H., BLASER R.E. (1968) : "Leaf area index in pasture growth", *Herb. Abst.*, 38, 1, 1-9.
- CARRÈRE P., LOUAULT F., SOUSSANA J.F., VISARION M. (1993) : "Equilibre entre trèfle blanc et ray-grass anglais dans une association pâturée par des ovins en continu ou en rotation", *Fourrages*, 135, 429-434.
- CARRÈRE P., LOUAULT F., SOUSSANA J.F. (1997) : "Tissue turnover within grass-clover mixed swards grazed by sheep. Methodology for calculating growth, senescence and intake fluxes", *Journal of Applied Ecology*, 34, 333-348.
- CLARKSON D.T., EARNSHAW M.J., WHITE P.J., COOPER H.D. (1988) : "Temperature dependent factors influencing nutrient uptake : an analysis of responses at different levels of organization", *Plants and Temperature, Symposium of the Society of Experimental Biology* (Eds Long S.P. et Woodward F.I., Company of Biologists Limited, Cambridge), Vol 42, 281-306.
- CLARKSON D.T., JONES L.H.P., PURVES J.V. (1992) : "Absorption of nitrate and ammonium ions by *Lolium perenne* from flowing solution cultures at low root temperatures", *Plant, Cell and Environment*, 15, 99-106.
- CORRE N., BOUCHARD V., OURRY A., BOUCAUD J. (1996) : "Mobilization of nitrogen reserves during regrowth of defoliated *Trifolium repens* L. and identification of potential vegetative storage proteins", *J. Exp. Bot.*, 301, 1111-1118.
- DAVIDSON I.A., ROBSON M.J. (1990) : Short-term effects of nitrogen on the growth and nitrogen nutrition of small swards of white clover and perennial ryegrass in spring, *Grass and Forage Sci.*, 45, 413-421.
- DE MONTARD F.X., LAISSUS R., PLANQUAERT P., PLANTUREUX S. (1983) : "Importance et rôle du trèfle blanc dans les prairies permanentes en relation avec les conditions de milieu et les pratiques d'exploitation et de fertilisation azotée", *Fourrages*, 94, 87-108.
- DENNIS W.D., WOLEDGE J. (1987) : "The effect of nitrogen in spring on shoot number and leaf area in mixtures", *Grass and Forage Science*, 42, 265-269.

- DEREGIBUS V.A., CASAL J.J., SACHEZ R.A. (1985) : "Variations in tiller dynamics and morphology in *Lolium multiflorum* Lam. Vegetative and reproductive plants as affected by differences in red/far-red irradiation", *Ann. Bot.*, 56, 553-559.
- FAURIE O., SOUSSANA J.F., SINOQUET H. (1996) : "Radiation interception, partitioning and use in grass-clover mixtures", *Annals of Botany*, 77, 35-45.
- FRAME J., NEWBOULD P. (1986) : "Agronomy of white clover", *Advances in Agronomy*, 40, 1-88.
- GUINCHARD M.P. (1995) : *Comportement hivernal du trèfle blanc : morphogénèse et rôle des réserves carbonées*, thèse de Doctorat de l'I.N.P.L. Nancy, 195 p.
- HAYNES R.J. (1980) : "Competitive aspects of the grass-legume association", *Advances in Agronomy*, 33, 227-261.
- ILLIUS A.W., CLARK D.A., HODGSON J. (1992) : "Discrimination and patch choice by sheep grazing grass-clover swards", *Journal of Animal Ecology*, 61, 183-194.
- KÉROUANTON J. (1993) : "Le trèfle blanc en Bretagne : bilan de 15 années", *Fourrages*, 135, 397-406.
- LECONTE D., LAISSUS R. (1985) : "Effet du rythme de coupe sur une culture pure de trèfle blanc", *Fourrages*, 103, 71-78.
- LECONTE D. (1986) : "Comportement du trèfle blanc associé à des graminées en Basse Normandie", *Fourrages*, 108, 103-127.
- LECONTE D. (1987) : "Comportement du trèfle blanc associé à des graminées en Basse Normandie : II Etudes physiologiques en culture pure", *Fourrages*, 109, 27-39.
- LECONTE D. (1993) : "Choisir la variété de trèfle blanc adaptée à des besoins particuliers", *Fourrages*, 135, 363-368.
- LECONTE D., LEAU G. (1993) : "Influence de la fertilisation azotée sur l'équilibre de l'association ray-grass anglais - trèfle blanc", *Fourrages*, 135, 383-387.
- LE MEUR D. (1995) : "Equilibre de l'association ray-grass - trèfle blanc. Variétés : éviter les combinaisons extrêmes", *A la pointe de l'Elevage*, juillet 1995, 7-9.
- LE MEUR D. (1995) : "La conduite aussi conditionne le taux de trèfle blanc", *A la pointe de l'Elevage*, juillet 1995, 9-11.
- LOUAULT F., CARRÈRE P., SOUSSANA J.F. (1997) : "Rye-grass and white clover herbage use efficiencies in mixtures continuously grazed by sheep", *Grass and Forage Science*, sous presse.
- MARTIN T.W. (1960) : *Herbage Abstracts*, 30, 159-164.
- MOULIA B., VARLET-GRANCHER C., JACQUES R. (1989) : "Phytochrome control of white clover morphogenesis description and ecological signification", *Plant Physiology*, 8, 105-111.
- MUNRO J.M.M. (1970) : *Occasional Symposium of the British Grassland Society*, 6, 259-266.
- NÖSBERGER J. (1983) : "Quelques aspects de la biologie et de la physiologie du trèfle blanc", *Fourrages*, 94, 49-59.

- PARSONS A.J., HARVEY A., JOHNSON I.R. (1991) : "Plant-animal interactions in a continuously grazed mixture. II - The role of differences in the physiology of plant growth and of selective grazing on the performance and stability of species in mixture", *Journal of Applied Ecology*, 28, 635-658.
- PFLIMLIN A., JOURNET M. (1983) : "Productivité et conduite au pâturage de l'association graminée-trèfle blanc", *Fourrages*, 95, 171-187.
- POCHON A. (1981) : *La prairie temporaire à base de trèfle blanc : 25 années de pratique*, Technipel, 149 rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12.
- ROBIN C., VARLET-GRANCHER C., GASTAL F., FLENET F., GUCKERT A. (1992) : "Photomorphogenesis of white clover : phytochrome mediated effects on ¹⁴C-assimilate partitioning", *European Journal of Agronomy*, 1, 235-240.
- ROBIN CH., HAY M.J.M., NEWTON P.C.D. (1994a) : "Effect of light quality (red/far-red ratio) and defoliation treatments applied at a single phytomer on axillary bud outgrowth in *Trifolium repens* L.", *Oecologia*, 100, 236-242.
- ROBIN CH., HAY M.J.M., NEWTON P.C.D., GREER D.H. (1994b) : "Effect of light quality (red/far-red ratio) at the apical bud of the main stolon on morphogenesis of *Trifolium repens* L.", *Annals of Botany*, 74, 119-123.
- SALETTE J., LEMAIRE G. (1981) : "Sur la variation de la teneur en azote de graminées fourragères pendant leur croissance : formulation d'une loi de dilution", *C.R. Séances Acad. Sci.*, 292, 848-855.
- SCHWINNING S., PARSONS A.J. (1996) : "Interactions between grasses and legumes : understanding variability in species composition", *Proc. Symposium n°30 British Grassland Society : "Legumes in sustainable farming systems"*, Aberdeen, Ed. Younie D, 153-163.
- SIMON J.C., LEMAIRE G. (1987) : "Tillering and leaf area index in grasses in the vegetative phase", *Grass Forage Sci.*, 42, 373-380.
- SIMON J.C. (1989) : "Azote et équilibre de l'association ray-grass - trèfle blanc", *Congrès Int. des Herbages*, Nice, 471-472.
- SIMON J.C., GASTAL F., LEMAIRE G. (1989) : "Compétition pour la lumière et morphologie du trèfle blanc : émission des feuilles et des ramifications", *Agronomie*, 9 (4), 383-389.
- SIMON J.C., VERTÈS F., LE CORRE L. (1990) : "Recherches récentes sur le trèfle blanc en Bretagne", *Herba*, 3, 20-29.
- SIMON J.C. (1993) : "Conduite des associations : maîtrise du taux de trèfle blanc et des risques de pollution nitrique", *Fourrages*, 135, 481-497.
- SOLANGAARACHCHI S.M., HARPER J.L. (1987) : "The effect of canopy filtered light on the growth of white clover *Trifolium repens* L.", *Oecologia*, 72, 372-376.
- SOUSSANA J.F., VERTÈS F., ARREGUI M.C. (1995) : "The regulation of clover shoot growing points density and morphology during short-term clover decline in mixed swards", *Eur. J. Agron.*, 4 (2), 205-215.
- SOUSSANA J.F., ARREGUI M.C. (1995) : "Impact de l'association sur le niveau de nutrition azotée et la croissance du ray-grass anglais et du trèfle blanc", *Agronomie*, 15, 81-96.
- THORNLEY J.H.M., BERGELSON J., PARSONS A.J. (1995) : "Complex dynamics in a carbon-nitrogen model of a grass-legume pasture", *Annals of Botany*, 75, 79-94.

- VERTÈS F., LE CORRE L., SIMON J.C., RIVIÈRE J.M. (1988) : "Effets du piétinement de printemps sur un peuplement de trèfle blanc pur ou en association", *Fourrages*, 116, 347-366.
- VERTÈS F. (1989) : "Effets du piétinement des bovins sur trèfle blanc pur ou en association", *Congrès Int. des Herbages*, Nice, 1063-1064.
- VERTÈS F., ANNEZO J.F. (1989) : "Pérennité des associations ray-grass anglais - trèfle blanc en Bretagne", *Congrès Int. des Herbages*, Nice, 1425-1426.
- VERTÈS F., MIOSEC Y., BARAER J. (1989) : "Système racinaire de quelques graminées et légumineuses en fonction des propriétés physiques du sol", *A La Pointe de l'Elevage*, 211, 8-13.
- VERTÈS F., LE MEUR D. (1993) : "Pérennité de l'association ray-grass anglais - trèfle blanc : bilan de 3 années de suivi", *Fourrages*, 135, 457-463.
- WOLEDGE J., DENNIS W.D. (1982) : "The effect of temperature on the photosynthesis of ryegrass and white clover leaves", *Annals of Botany*, 50, 25-35.
- WOLEDGE J. (1988) : "Competition between grass and clover in spring as affected by nitrogen fertilizer", *Ann. Appl. Biol.*, 112, 175-186.

SUMMARY

Control of the persistency of white clover in associations

The main obstacle to a wider use of white clover (*Trifolium repens* L.) in associations with perennial ryegrass is its variable and unpredictable production. This paper is a review of the main factors limiting the persistency of clover. It appears that it is strongly affected by :

- environmental factors such as hydromorphy, water availability, air temperature, light quality and intensity ;
- some management practices : grazing on heavy soils under wet conditions should be proscribed, nitrogen dressings are generally unfavourable to the clover, the advisable cutting rate is 5 or 6 cuts per year ;
- sward-specific factors : species and cultivars should be adapted to the environment and to the proposed type of management.