

Conduite des associations : maîtrise du taux de trèfle blanc et des risques de pollution nitrique.

J.C. Simon

Nombreux techniciens ou ingénieurs responsables du développement agricole pensent que les conditions sont aujourd'hui réunies pour redonner leur place aux associations graminées - trèfle blanc (J. KÉROUANTON, 1993, même ouvrage).

Plusieurs facteurs expliquent ce regain d'intérêt :

— Les agriculteurs sont de plus en plus contraints de réduire leurs coûts de production : la politique d'économie d'énergie et la mise en place des quotas laitiers avaient déjà conduit les agriculteurs, dès le début des années 80, à reconsidérer la place du trèfle blanc dans les systèmes fourragers (POCHON, 1980) ; la conjoncture économique actuelle (nouvelle Politique Agricole Commune, accords du GATT, protection de l'environnement) pourrait redonner un nouvel élan à cette culture.

— L'image des associations graminées-trèfle blanc est moins négative : pour de nombreux agriculteurs, l'image du trèfle blanc est souvent associée à "un retour au passé", à "l'agriculture extensive" ou aux risques de météorisation. Aujourd'hui,

MOTS CLÉS

Association végétale, compétition, facteur milieu, indice foliaire, lessivage, lumière solaire, nitrate, pâturage, pollution de l'eau, système de production, trèfle blanc.

KEY-WORDS

Competition, environmental factor, grazing, leaching, leaf area index, mixed sward, nitrate, production system, sun light, water pollution, white clover.

AUTEUR

I.N.R.A., Laboratoire associé INRA/Université, Esplanade de la Paix, F-14032 Caen cedex.

es associations apparaissent plutôt comme une culture fourragère qui nécessite une bonne maîtrise technique, et qui permet des performances zootechniques comparables à celles obtenues avec les systèmes fourragers basés sur les graminées pures recevant des apports azotés minéraux. Par ailleurs, compte tenu des réglementations qui se mettent en place au niveau agricole pour protéger l'environnement, le trèfle blanc pourrait se révéler une espèce fourragère intéressante pour limiter la pollution nitrique.

La conjoncture actuelle semble donc favorable à un regain d'intérêt pour cette plante. Deux questions restent alors posées :

— maîtrise-t-on aujourd'hui cette culture associée mieux que par le passé ?

— les associations pâturées à base de graminées et de trèfle blanc présentent-elles un risque moindre vis-à-vis des phénomènes de pollution nitrique que les graminées pures recevant de l'azote ?

La maîtrise du taux de trèfle blanc : facteurs influençant la pérennité de l'association

1. Quel taux de trèfle blanc ?

Beaucoup d'auteurs (FRAME et NEWBOULD, 1986 ; HARRIS, 1987 ; VERTÈS et SIMON, 1991 ; etc.) s'accordent pour reconnaître que le taux de trèfle blanc (exprimé par sa contribution pondérale) est un bon indicateur de l'état d'équilibre de l'association. Ce critère est intéressant non seulement pour l'agronome mais aussi pour le zootechnicien :

— l'agronome, qui sait que le bon fonctionnement de l'association dépend de la nutrition azotée du couvert mixte, cette dernière étant liée en partie à l'abondance de trèfle (taux pondéral) et à l'homogénéité de sa répartition (variabilité du taux) ; le taux de trèfle blanc est un indicateur performant qui permet de juger de la pérennité de l'association, définie comme "le maintien dans le temps de sa capacité de production et de sa composition botanique" (VERTÈS et ANNEZO, 1989) ; par ailleurs, l'agronome cherche des pratiques agricoles moins polluantes ; nombre de travaux actuels ont pour objectif de préciser l'impact des associations sur le lessivage de l'azote nitrique dans les conditions du pâturage : comment se situent-elles par rapport aux prairies de graminées pures recevant de l'azote ? Y-a-t-il un taux de trèfle optimum pour limiter les risques de pollution ?

— le zootechnicien, qui souhaite disposer d'un fourrage de qualité satisfaisant les besoins du troupeau ; selon divers auteurs (JOURNET et PELIMLIN, 1983 ; ITEB-EDE, 1987 ; etc.) ce taux devrait être voisin de 30 à 40%.

2. Facteurs limitant le taux de trèfle blanc

L'équilibre, ou le déséquilibre, entre les deux composantes de l'association est le résultat de phénomènes de compétition intra et interspécifiques. Ces phénomènes sont influencés par un grand nombre de facteurs pédoclimatiques, phytotechniques ou zootechniques (figure 1), les facteurs liés à l'animal variant dans les limites fixées par l'agriculteur (type d'animal, chargement,...). L'ensemble de ces facteurs agit sur le système racinaire (siège de la compétition pour l'eau et les sels minéraux) et/ou le système aérien (siège de la compétition pour la lumière et l'espace). Nous ne présenterons ci-après que deux exemples illustrant l'influence des facteurs du milieu sur ces deux compartiments de la plante.

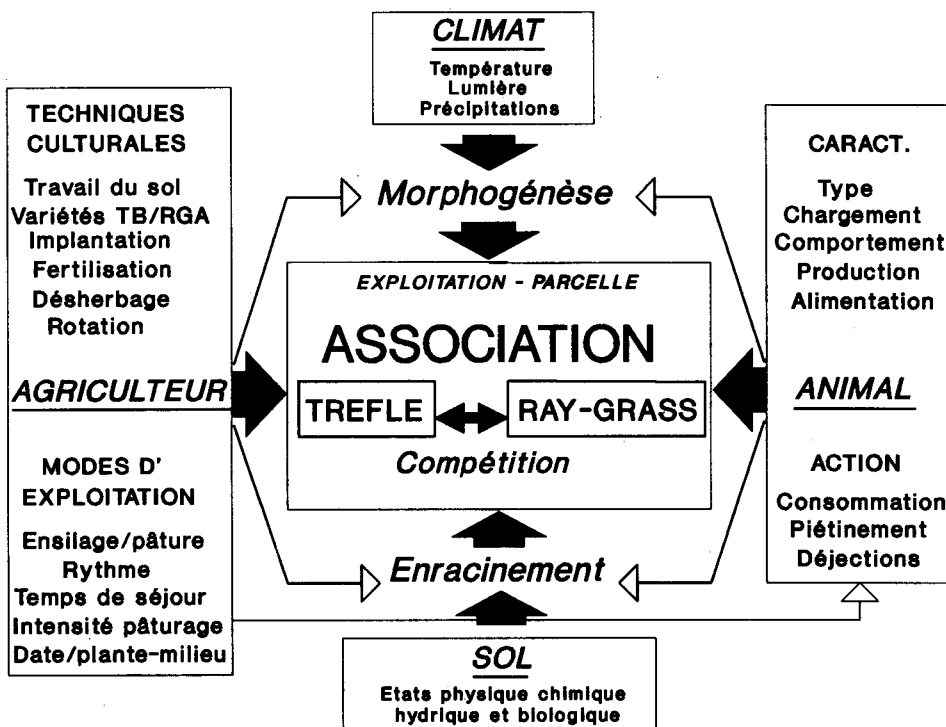


FIGURE 1 : Principaux facteurs agissant sur l'équilibre de l'association.

FIGURE 1 : Main factors affecting the balance of grass and clover.

• Aptitude du sol à la culture de l'association

Pour un contexte pédoclimatique donné, l'agriculteur a besoin de disposer de critères simples pour déterminer les parcelles qu'il réservera aux associations. Les travaux réalisés en Bretagne au milieu des années 80 par l'Institut de l'Élevage (alors ITEB), les EDE et l'INRA ont permis d'établir une typologie des contextes pédoclimatiques adaptés ou non aux associations (VERTÈS et ANNEZO, 1989 ; VERTÈS, 1990).

Les conditions les plus favorables à la réussite de ces cultures sont rencontrées en sols profonds, bien structurés et correctement alimentés en eau (figure 2). Les racines sont abondantes, le potentiel de production y est élevé, les productions obtenues sont voisines de celles d'un ray-grass anglais pur recevant 250 kg N/ha/an.

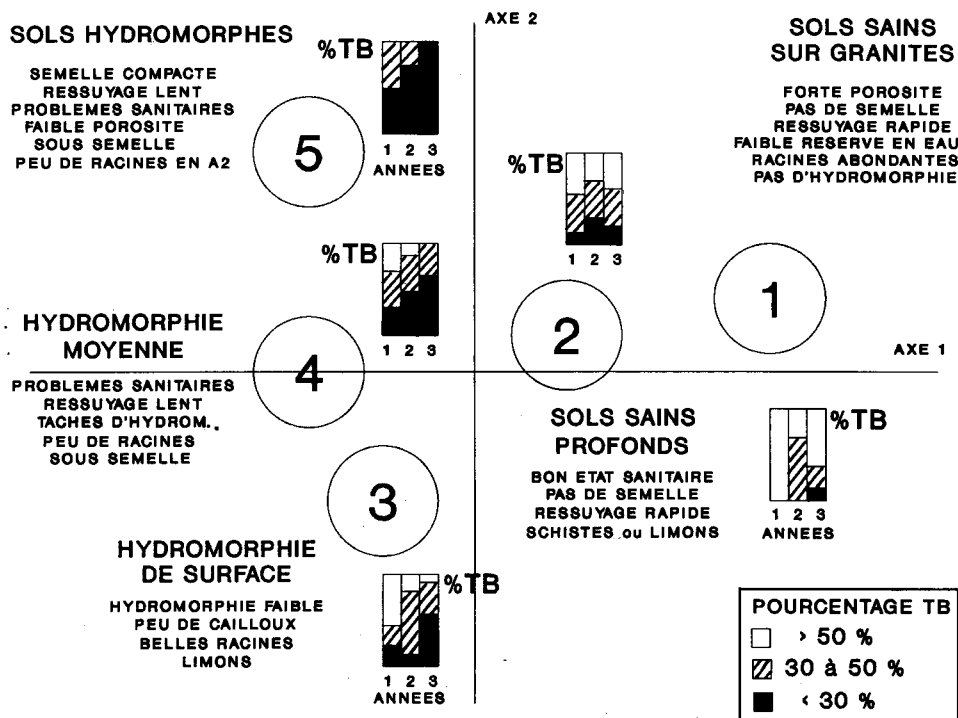


FIGURE 2 : Typologie des sols selon leur aptitude à la culture de trèfle blanc (les années mentionnées sur les histogrammes correspondent à l'âge du couvert après le semis et aux années climatiques).

FIGURE 2 : Aptitudes of various soil types for white clover (years shown on the graphs correspond to the age of the swards after sowing, and to climatic years).

A l'inverse, les sols asphyxiants à structure compacte sont très défavorables au trèfle. Ce dernier présente un mauvais enracinement et, quand il réussit à s'implanter, il disparaît rapidement comme le montre l'évolution du taux de trèfle (figure 2). Sur ces sols, il convient de ne pas implanter d'association (VERTÈS, 1990).

En situation intermédiaire, tels les sols moyennement hydromorphes à structure fragile, l'enracinement est également mauvais. Sur sols à hydromorphie temporaire (liée à la compaction), le trèfle présente de belles racines et se maintient mieux, mais il régresse cependant si l'on ne prend pas gare d'éviter le piétinement par les animaux ou le tassement par les engins agricoles (VERTÈS et al., 1989 ; VERTÈS, 1989).

Par ailleurs, on peut penser que le pouvoir de fourniture en azote des sols (non pris en compte dans cette étude) a également un rôle sur le comportement de l'association.

• **Influence d'une technique culturale inadaptée**

Outre les conditions de milieu limitantes, la réussite des associations graminée - trèfle blanc passe par le choix de techniques culturales et d'un mode de gestion adaptés. Ces facteurs ont un effet direct sur les deux plantes par leurs incidences sur la morphogenèse des deux composantes : mise en place du système aérien et enracinement (figure 1). Nous ne présenterons qu'un exemple que nous analyserons en nous appuyant sur les bases écophysiological explicatives : l'incidence d'un apport d'azote sur l'équilibre de l'association.

La plupart des observations effectuées tant chez l'agriculteur qu'en expérimentation montrent qu'il faut proscrire tout apport d'azote sur les associations sous peine de voir régresser rapidement le taux de trèfle blanc (VERTÈS et ANNEZO, 1989 ; ITEB-EDE, 1987 ; SIMON, 1989 ; SIMON et al., 1990 ; VERTÈS et LE MEUR, 1993, même ouvrage). En revanche, en conditions printanières froides où la croissance de la graminée commence bien avant celle du trèfle, un apport modéré d'azote pourra être pratiqué sans nuire à la pérennité ultérieure de l'association (LECONTE et LEAU, 1993, même ouvrage).

Les études menées en écophysiology permettent de mieux comprendre les mécanismes qui conduisent à une régression du trèfle (figure 3). Pour cela, il importe de rappeler :

— le rôle de l'indice foliaire d'une culture dans l'élaboration de la production d'un couvert végétal (MONTEITH, 1977 ; VARLET GRANCHER, 1982) : la production de matière sèche d'une culture dépend du rayonnement global incident dont une

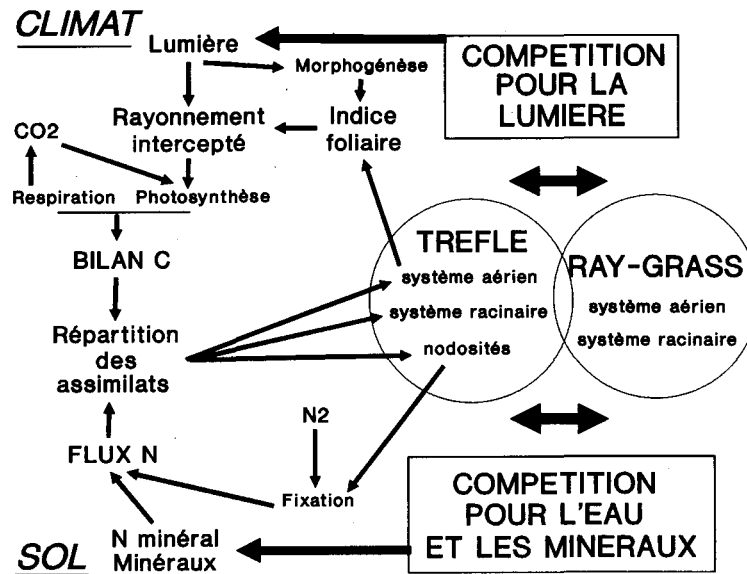


FIGURE 3 : Schéma de fonctionnement d'une association ray-grass - trèfle blanc.
 FIGURE 3 : Diagram showing how a mixed sward is working.

fraction seulement (E_c) est utile à la photosynthèse, une fraction (E_i) est absorbée au niveau des organes chlorophylliens et une fraction (E_b) est convertie en matière sèche. Ce modèle met en évidence le rôle clé de l'indice foliaire (figure 4) ;

— le rôle de la lumière sur la morphogénèse du trèfle et du ray-grass (HAYNES, 1980 ; DEREGIBUS et al., 1985 ; SIMON et LEMAIRE, 1987 ; SIMON et al., 1989 ; ARREGUI, 1990 ; etc.) : pour donner de nouveaux organes (talles, ramifications), les sites producteurs (généralement situés près du sol à la base des plantes) doivent recevoir une certaine quantité et qualité de lumière (rayonnement transmis). Or cette dernière est fonction de l'indice foliaire du couvert (figure 4). Pour les indices foliaires du couvert inférieurs à 3-4, il n'y a pas de compétition pour la lumière : seules les conditions de croissance déterminent l'installation des deux composantes. Au delà de l'indice foliaire 3-4, apparaissent les phénomènes de compétition pour la lumière : arrêt du tallage et de la ramification, ralentissement des émissions de feuilles, allongement des pétioles (SIMON, 1989 ; SIMON et al., 1990).

Un apport d'azote se traduit par une vitesse de mise en place de l'appareil foliaire du ray-grass plus rapide que celle du trèfle (figure 5). Les phénomènes de compétition pour la lumière apparaissent plus tôt, bloquant les émissions de nouvelles talles et ramifications. Quand l'association atteint l'indice foliaire 3, c'est l'espèce qui a l'indice foliaire relatif le plus élevé qui devient dominante dans le peuplement.

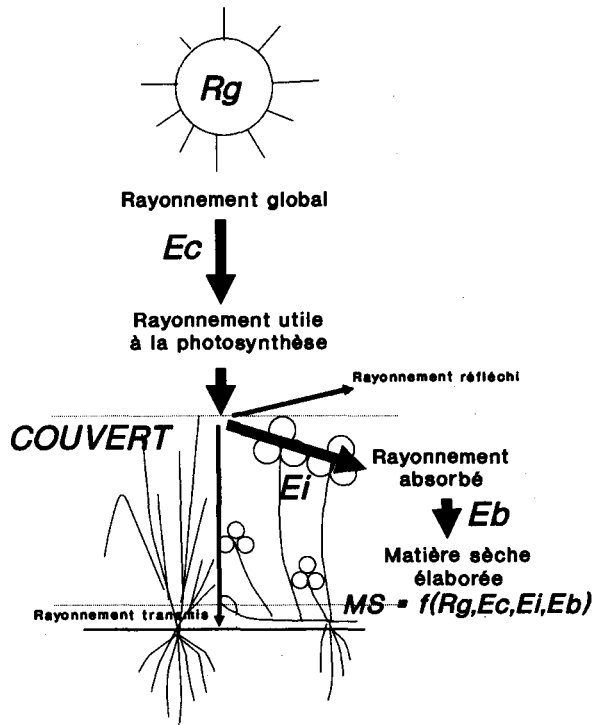


FIGURE 4 : Conversion de l'énergie solaire par un couvert végétal (d'après VARLET GRANCHER, 1982).

FIGURE 4 : Conversion of solar radiation by a vegetative cover (adapted from VARLET GRANCHER, 1982).

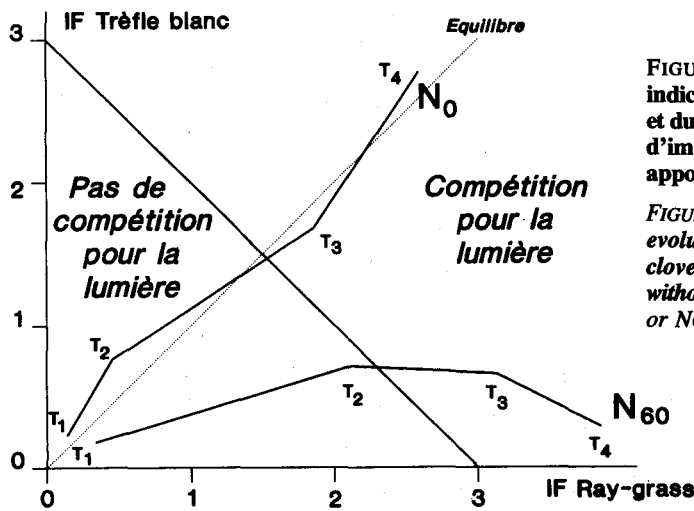


FIGURE 5 : Evolution des indices foliaires du trèfle blanc et du ray-grass anglais en phase d'implantation, avec ou sans apport d'azote (N0 ou N60).

FIGURE 5 : Leaf area index evolution of ryegrass and white clover at establishment with or without nitrogen application (N0 or N60).

Ces acquis relativement récents de l'écophysiologie permettent de mieux comprendre l'évolution du couvert mixte et d'éventuels déséquilibres. Par une approche du même type, il est possible de comprendre par exemple les incidences de semis tardifs (décalage des températures optimales de croissance entre le ray-grass et le trèfle blanc) ou de doses de semis inadaptées (SIMON et al., 1990).

3. Conclusion sur la maîtrise de l'équilibre de l'association

Sur une parcelle donnée, une bonne maîtrise de l'équilibre de l'association doit conduire l'agriculteur à suivre une démarche du type :

— estimation du taux de trèfle blanc (VERTÈS et SIMON, 1991), afin de mettre en évidence un éventuel déséquilibre ;

— établissement d'un diagnostic d'état de la parcelle : détermination du ou des facteurs limitants particuliers à la situation rencontrée ; mise en évidence des techniques culturales et/ou des modes de gestion inadaptés,...

— utilisation des éléments de gestion appropriés à la situation rencontrée : maintien ou non de la culture selon l'adéquation ou l'inadéquation du milieu ; mise en œuvre des pratiques appropriées pour tendre vers le taux de trèfle blanc souhaité.

Conduite des associations et problèmes de pollution

1. Potentiel polluant comparé d'exploitations laitières avec ou sans associations graminée - trèfle blanc

Une enquête réalisée récemment en Basse-Normandie en collaboration avec les Chambres d'Agriculture et le Service d'Aide au Développement (INRA, Le Robillard) permet de comparer le potentiel polluant (SIMON et LE CORRE, 1992) de 72 exploitations laitières présentant des choix techniques différents :

— 28 exploitations en agriculture biologique (réseau d'agriculteurs respectant un cahier des charges strict qui exclut tout achat d'engrais minéraux) ;

— 16 exploitations de type autonome (réduction volontaire des intrants, notamment des engrais azotés) ;

— 28 exploitations classées "agriculture conventionnelle" (cette catégorie recouvrant en fait les autres types d'exploitations, dont l'agriculture intensive).

Ces exploitations diffèrent par :

— les assolements pratiqués (figure 6) : la prairie permanente occupe une place importante (respectivement 49, 44 et 68% de la SAU pour les exploitations conventionnelles, autonomes et biologiques); les associations graminées - trèfle blanc sont bien représentées dans les deux derniers types (19 et 11%), le maïs ensilage disparaissant pratiquement chez les agriculteurs biologiques ;

— les chargements moyens observés (respectivement 1,49, 1,47 et 1,17 UGB/ha SFP) ;

— les productions laitières moyennes obtenues (respectivement 5 580, 5 590 et 3 840 l/vache/an ou 5 570, 5 730 et 2 890 l/haSFP/an).

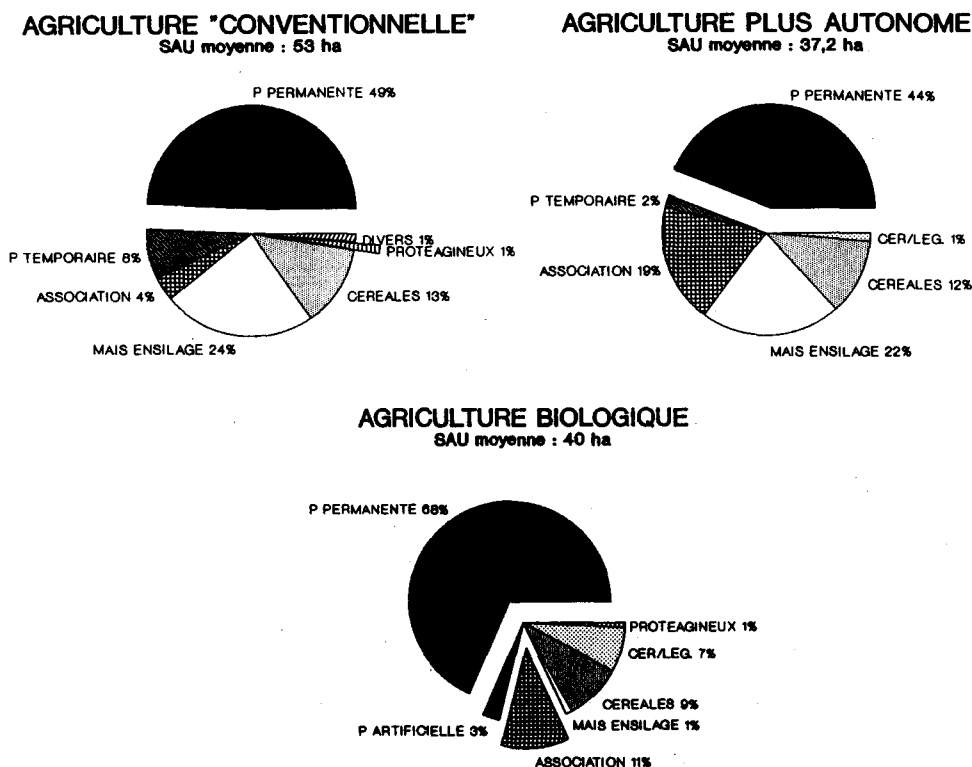


FIGURE 6 : Assolements pratiqués dans les trois types d'exploitations laitières (conventionnelles, autonomes et biologiques) enquêtées en Basse-Normandie.

FIGURE 6 : Crop rotations in use in the three types of dairy farms surveyed in Lower Normandy (traditional, sustainable and organic).

Le bilan apparent de l'azote sur ces exploitations (SIMON et LE CORRE, 1992) est en moyenne de 128 kg N/ha/an pour les exploitations à dominante "agriculture conventionnelle", 121 pour les exploitations plus autonomes et 6 pour les fermes biologiques, chaque type présentant une large gamme de variabilité (figure 7). Dans ces calculs, la fixation symbiotique a été prise en compte pour les cultures de protéagineux, les prairies artificielles et les associations semées, mais a été négligée pour les prairies permanentes (où les légumineuses prairiales peuvent néanmoins être bien représentées), ce qui peut minorer le bilan de certaines exploitations (exploitations biologiques en particulier). Rappelons que la fixation a été estimée de la façon suivante : protéagineux (N exporté par le grain), légumineuses prairiales (70% de l'azote exporté par la légumineuse).

Si les exploitations biologiques présentent un système de production particulier (cf. performances techniques et figure 8), les deux autres types présentent des systèmes de production assez proches qui diffèrent essentiellement par les achats d'engrais azotés minéraux (- 39 kg/ha SAU/an pour les autonomes) et par le recours plus important aux associations graminées - trèfle blanc (+ 21 kg N/ha SAU/an pour la fixation, chiffre rapporté à la SAU totale de l'exploitation). Les autres termes du bilan étant peu différents (figure 8), il en résulte un bilan légèrement plus faible.

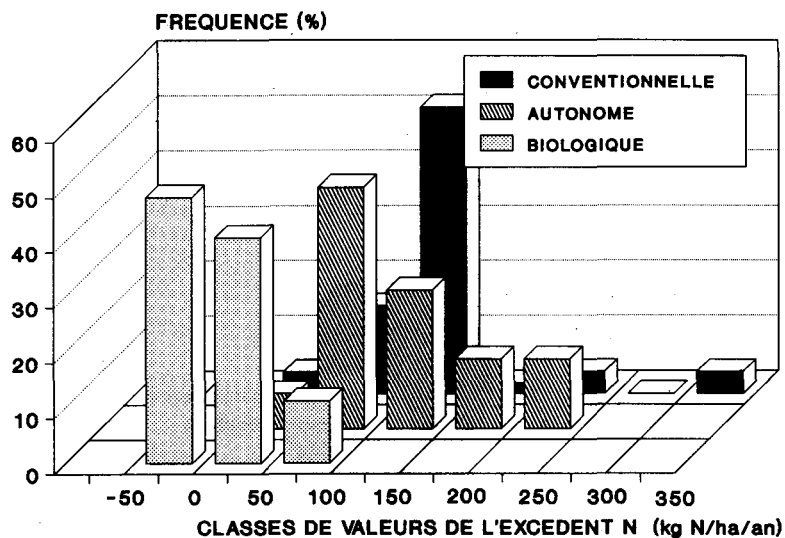


FIGURE 7 : Variabilité de l'excédent apparent d'azote pour les trois types d'exploitations laitières (conventionnelles, autonomes et biologiques) enquêtées en Basse-Normandie.

FIGURE 7 : N-excess variability for the three types of dairy farms surveyed in Normandy (traditional, sustainable and organic).

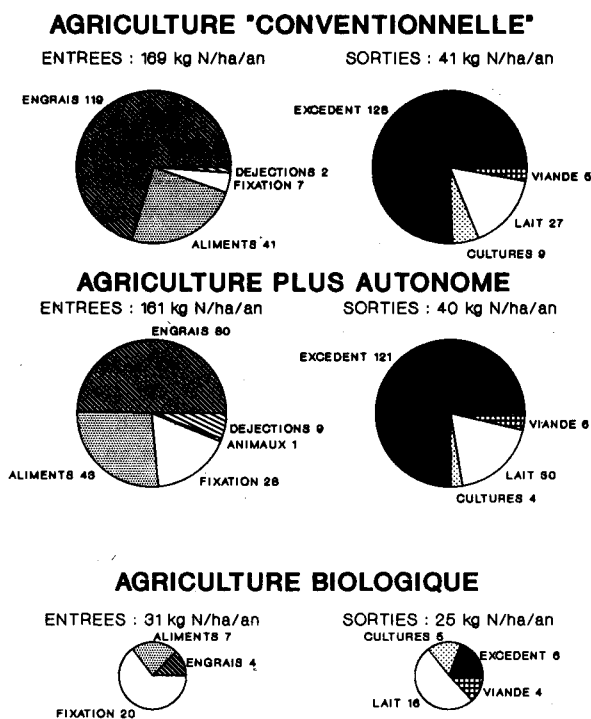


FIGURE 8 : Entrées et sorties d'azote (kg N/ha/an) pour les trois types d'exploitations laitières (conventionnelles, autonomes et biologiques) enquêtées en Basse-Normandie.

FIGURE 8 : N-inputs and N-outputs (kg N/ha/year) for the three types of dairy farms surveyed in Normandy (traditional, sustainable and organic).

Chez les agriculteurs biologiques, les excédents d'azote sont pratiquement nuls. Même en émettant l'hypothèse que la fixation symbiotique représente une entrée annuelle de 100 kg N/ha de prairie permanente, l'excédent annuel ne dépasserait pas 70 kg N/ha SAU totale, ce qui est nettement inférieur aux résultats présentés ci-dessus. Dans ce type d'exploitation, les flux bruts d'entrée et de sortie d'azote sont faibles, d'où le poids relatif important de la fixation en entrée. Ces résultats techniques ne préjugent en rien des performances économiques de ce type d'exploitation.

A partir de cet exemple, il apparaît que les exploitations qui limitent leurs achats d'engrais azotés en ayant recours aux associations graminées - légumineuses (généralement le trèfle blanc) pour les prairies, mais aussi souvent aux mélanges céréales - légumineuses, présentent en moyenne un excédent apparent d'azote plus faible, ce qui devrait théoriquement se traduire par une diminution des quantités de nitrate lessivées.

2. Lessivage d'azote sous prairies associées pâturées

Peu de résultats sont aujourd'hui disponibles sur le lessivage de l'azote nitrrique sous prairies pâturées (RYDEN et al., 1984 ; GARWOOD et al., 1986). Bon nombre de travaux ont été entrepris sur ce thème à la fin des années 80, dont certains comparent le ray-grass pur avec apports d'azote minéral et des associations sans apport (SIMON et al., 1992 ; GUILONNEAU et LE MEUR, 1993, même ouvrage).

Les résultats obtenus par les chercheurs britanniques ont déjà été présentés dans la revue "Fourrages" (SIMON et al., 1989) : sous un ray-grass anglais pur recevant une fertilisation azotée de 420 kg N/ha/an et pâturé par des bovins viande, le lessivage est de 160 kg N/ha/an ; sous une association pâturée de ray-grass - trèfle blanc ne recevant pas d'azote minéral, mais dont la fixation a été estimée à 160 kg N/ha/an, le lessivage est de 18 kg N/ha/an. Cette expérimentation, qui met en évidence un plus faible lessivage d'azote sous association, compare en fait des systèmes de production qui diffèrent à la fois par les entrées d'azote (420 et 160), le recyclage d'azote dans les déjections et par le niveau des performances zootechniques permises : sur ray-grass pur la production de viande est de 1 200 kg/ha/an et sur association cette production n'est plus que de 960 kg/ha/an, soit une performance inférieure de 20%.

Les travaux entrepris sur ce thème par l'INRA s'appuient principalement sur des expérimentations en parcelles drainées pâturées et en cases lysimétriques (en simulation ou en conditions réelles de pâture). Ces expérimentations concernent un nombre d'années de mesure trop faible (deux campagnes de drainage : 1991-1992 et 1992-1993) pour fournir d'ores et déjà des résultats fiables, d'autant plus que :

— les séquences climatiques rencontrées ont été plutôt exceptionnelles (forte pluviométrie en mai et juin 1991 conduisant à un épisode drainant estival, ce qui est très rare ; drainage anormalement faible au cours de l'hiver 1991-1992) ;

— 1992 a été une mauvaise année climatique pour le trèfle, les taux de trèfle mesurés étant voisins de 10%, ce qui conduit plutôt à considérer les résultats obtenus pour ce traitement comme ceux du lessivage sous prairie de graminée pure sans azote (1992-1993).

Rappelons qu'en cultures annuelles (où l'on n'est pas confronté aux mêmes problèmes de variabilité spatiale du fait des déjections), les résultats lysimétriques portent généralement sur de longues périodes pour intégrer suffisamment la variabilité climatique (COPPENET, 1969 ; SIMON et LE CORRE, 1988 ; etc.). Aussi ne présenterons-nous les premiers résultats qu'à titre indicatif ; les apports d'azote sur ray-grass sont répartis sur toute l'année (tableau 1).

Associations : maîtrise du taux de trèfle blanc et des risques de pollution nitrique

	Drainage (mm)	Association 0 N		Ray-grass anglais			
				240 N		400 N	
FAUCHE							
- 1989-1990	570	26		8		32	
- 1990-1991	450	23		23		84	
PATURAGE*							
		Réel	Simulé	Réel	Simulé	Réel	Simulé
- 1991-1992	370	17	78	21	73	-	81
- 1992-1993	590	12	42	67	97	-	143
* pâturage réel avec des génisses (en moyenne 1,4 UGB/ha) pâturage simulé par des vaches laitières (2 UGB/ha)							

TABLEAU 1 : Lessivage d'azote nitrique sous prairie fauchée ou pâturée par des génisses ou des vaches laitières : ray-grass pur avec fertilisation azotée et association ray-grass anglais - trèfle blanc sans azote (Quimper, 1989-1993).

TABLE 1 : Nitrate leaching under pastures mowed or grazed by heifers or dairy cows : pure ryegrass stands with N fertilizer and mixed ryegrass - white clover stands with no N (Quimper, 1989-1993).

Ces premiers résultats (qui demandent à être confirmés) mettent en évidence :

— un faible lessivage d'azote sous prairie fauchée (20 à 30 kg N/ha/an) ce qui confirme les résultats antérieurs (TRIBOÏ, 1981 ; TRIBOÏ et GACHON, 1985 ; SIMON et al., 1989) ; une exception cependant : l'hiver 1990-1991 où le lessivage sous ray-grass fortement azoté a atteint 84 kg N/ha/an ;

— un lessivage d'azote nitrique sous association pâturée égal ou légèrement inférieur à celui du ray-grass pur recevant 240 kg N/ha/an ; le très faible lessivage sous association pâturée mesuré au cours de l'hiver 1992-1993 (12 kg N/ha/an) est vraisemblablement en relation avec le très faible taux de trèfle blanc relevé la saison précédente ;

— un lessivage d'azote plus important sous ray-grass pâturé fortement azoté (81 et 143 kg N/ha/an), ce dernier résultat illustrant parfaitement l'importance de la variabilité interannuelle des résultats lysimétriques ;

— un lessivage du même ordre de grandeur que celui mesuré par les chercheurs britanniques, pour des traitements voisins.

Conclusion

Cet article et les différentes contributions présentées dans ce même ouvrage mettent en évidence que l'on dispose aujourd'hui d'acquis importants sur les associations graminées - trèfle blanc, en particulier sur la croissance des deux composantes, sur le fonctionnement du couvert mixte, sur les phénomènes de compétition entre les deux espèces associées et sur la maîtrise du trèfle blanc. Néanmoins, ces connaissances sont encore incomplètes, certaines restant à acquérir ou à conforter, concernant en particulier :

— l'agronomie et l'écophysiologie du trèfle blanc : morphogénèse, importance des compartiments de réserve du trèfle sur son potentiel de repousse, survie hivernale, modélisation du fonctionnement du couvert mixte, etc. ;

— l'impact polluant des exploitations ayant recours aux associations (meilleure prise en compte de la fixation dans le calcul du bilan de l'azote à l'échelle de l'exploitation pour les fermes de type autonome (réductions volontaires des intrants) ou biologique (cahier des charges strict) ;

— le lessivage de l'azote sous associations pâturées (poursuite des expérimentations en cours, influence du taux de trèfle sur le lessivage d'azote nitrique, pertes d'azote par lessivage lors du retournement de prairies associées) ;

— la valeur des rejets azotés au pâturage, en particulier pour des bovins sur associations.

Les différents travaux de recherche menés en France sur ces thèmes soulèvent également de nouvelles questions, en particulier sur :

— le fonctionnement écologique du système sol - peuplement à l'échelle du système de culture ; l'équilibre de l'association est :

- dynamique dans le temps : effets de la fixation sur le potentiel de nutrition azotée et de croissance du ray-grass et, inversement, effets de l'assimilation par le ray-grass sur l'épuisement du pool minéral du sol et par suite sur la possibilité d'un plus grand développement du trèfle ;

- hétérogène dans l'espace : l'hétérogénéité induite par les déjections transforme le couvert en une mosaïque où sont représentés les différents stades de la succession décrite précédemment ;

— certains aspects techniques, comme le choix des parcelles en fonction de leur fertilité azotée, les modalités de semis, les modes d'exploitation, etc.

La recherche (en France mais aussi dans les autres pays de la CEE dans le cadre de projets de recherche européens) et le développement agricole devraient apporter des réponses à ces différentes questions au cours des toutes prochaines années.

Travail présenté aux Journées d'information de l'A.F.P.F.,
"Les légumineuses : nouvelle P.A.C., nouvelles chances ?",
les 30 et 31 mars 1993.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARREGUI M.C. (1990) : *Contribution à l'étude des facteurs morphogénétiques et trophiques (C,N) de la compétition dans les associations trèfle blanc - ray-grass anglais*, thèse Université Blaise Pascal (Clermont-Ferrand), 171 p.
- COPPENET M. (1969) : "Résultats de douze années d'observations lysimétriques à Quimper", *Ann. Agron.*, 20 (2), 111-143.
- 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.
- FRAME J., NEWBOULD P. (1986) : "Agronomy of white clover", *Advances in Agron.*, 40, 1-88.
- GARWOOD E.A., RYDEN J.C., TYSON K.C. (1986) : "Nitrogen losses from drained grassland", *XX^e Occ. Symp., Brit. Grass. Soc., Grassland manuring*, 70-74.
- HARRIS W. (1987) : "Population dynamics and competition", *White clover*, M.J. Baker and W.M. Williams eds., C.A.B. International., 203-229.
- HAYNES R.J. (1980) : "Competitive aspects of the grass-legume association", *Advances in Agronomy*, 33, 227-261.
- ITEB-EDE (1987) : *Des pâtures riches en trèfle blanc : pourquoi ? comment ?*, publication ITEB (Paris), 32 p.
- JOURNET M., PFLIMLIN A. (1983) : "Valeur de production des associations graminées-trèfle blanc pour le lait et pour la viande", *Fourrages*, 95, 161-170.
- MONTETH J.L. (1977) : "Climate and the efficiency of crop production in Britain", *Phil. Tran. R. Soc.*, London, B281, 277-297.
- POCHON A. (1980) : *La prairie temporaire à base de trèfle blanc*, publication ITEB, 98 p.
- RYDEN J.C., BALL P.R., GARWOOD E.A. (1984) : "Nitrate leaching from grassland", *Nature*, vol. 311, n°5981, 50-53.
- 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., DE MONTARD F., LE CORRE L., PEPIN D. (1989) : "Rôle agronomique de la prairie dans la gestion du drainage des nitrates vers la nappe phréatiques", *Fourrages*, 119, 227-241.

- SIMON J.C., GASTAL F., LEMAIRE G. (1989) : "Compétition pour la lumière et morphologie du trèfle blanc (*Trifolium repens* L.) : émission des feuilles et des ramifications", *Agronomie*, 9, 383-389.
- SIMON J.C., LE CORRE L. (1988) : "Lessivage d'azote en monoculture de maïs en sol granitique du Finistère", *Fourrages*, 114, 193-207.
- SIMON J.C. (1989) : "Azote et équilibre de l'association ray-grass anglais - trèfle blanc", *Congr. Int. des Herbages, Nice*, 471-472.
- SIMON J.C., VERTÈS F., LE CORRE L. (1990) : "Recherches récentes sur le trèfle blanc en Bretagne", *Herba*, 3, 20-29.
- SIMON J.C., LE CORRE L. (1992) : "Le bilan apparent de l'azote à l'échelle de l'exploitation agricole : méthodologie ; exemples de résultats", *Fourrages*, 129, 79-94.
- SIMON J.C., VERTÈS F., LE CORRE L. (1992) : "Contamination par les déjections au pâturage", *Séminaire INRA "Altération et restauration de la qualité des eaux continentales"* (Port-Leucate, 1-2 octobre, 62-66.
- TRIBOÏ E. (1981) : "Bilans hydriques et minéraux en relation avec le système cultural", *Colloque franco-roumain Suceava, Probleme de Agrofitotehnie teoritice si aplicata*, vol III, n°3, 229-258.
- TRIBOÏ E., GACHON L. (1985) : "Transfert des nitrates dans le sol en relation avec le système de culture. Devenir de l'azote minéral apporté comme engrais", *Colloque "Nitrates dans les eaux"*, Paris, 22-24 oct 1985, 15 p.
- VARLET GRANCHER C. (1982) : *Analyse du rendement de la conversion de l'énergie solaire par un couvert végétal*, thèse Université d'Orsay, 143 p.
- 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., ANNEZO J.F. (1989) : "Pérennité des associations ray-grass anglais - trèfle blanc en Bretagne", *Congr. Int. des Herbages, Nice*, 1 425-1 426.
- VERTÈS F. (1989) : "Effets du piétinement des bovins sur trèfle blanc pur ou en association", *Congr. Int. des Herbages, Nice*, 1 063-1 064.
- VERTÈS F. (1990) : "Soils and white clover persistancy in grazed association", *FAO Meet. on white clover development, Polcenigo (Italy)*, 9-12 oct.
- VERTÈS F., SIMON J.C. (1991) : "Pourquoi et comment estimer le pourcentage de trèfle dans les associations graminée-légumineuse", *Fourrages*, 127, 297-312.
- VERTÈS F., SIMON J.C. (1992) : "Extensification : quel rôle pour le trèfle blanc", *L'extensification en production fourragère, Fourrages*, n° hors série, 102-103.

RÉSUMÉ

Le succès du retour des associations graminées - trèfle blanc dans les assolements fourragers dépend en partie des réponses données aux deux questions suivantes. Peut-on mieux maîtriser le taux de trèfle blanc ? Quel est l'impact de ces cultures sur la pollution nitrique des eaux ? A la lumière des connaissances actuelles, cet article s'efforce d'apporter les éléments de réponse à ces questions et souligne les interrogations qui restent posées.

SUMMARY

Management of mixed swards : control of the white clover content and of the risks of pollution by nitrate

The success of a renewed insertion of mixed swards -white clover associated with grasses-into forage rotations depends on the answers to the two following questions. Can the clover content be better controlled ? What is the effect of these associations on the water pollution by nitrates ? Tentative answers to these questions are given in this paper, based on recent studies, and new lines of research are described.