

Effet précédent de cultures intermédiaires, seigle et ray-grass, sur l'implantation et la production d'une luzerne semée au printemps

P. Thiébeau¹, D. Larbre², E. Justes³

Une culture intermédiaire, seigle ou ray-grass, entre la récolte d'une céréale et le semis d'une luzerne au printemps, a un rôle de piège à nitrates. Elle peut aussi être valorisée sous forme d'engrais vert ou d'ensilage. Mais quel est son impact sur la production de la luzerne semée au printemps ?

RESUME

On a étudié l'effet de 2 cultures intermédiaires (seigle et ray-grass d'Italie) sur l'implantation de la luzerne. Les cultures intermédiaires ont été détruites à 3 dates différentes au printemps suivant, correspondant à 3 dates de semis de luzerne. En conditions climatiques normales, la réserve hydrique du sol n'est pas affectée par leur présence. Une date tardive de semis de la luzerne a un impact négatif significatif sur sa production l'année d'implantation mais cet impact est compensé par la production de la culture intermédiaire, laquelle contribue à faire diminuer la teneur en nitrate de l'eau drainée pendant l'interculture. La production de matière sèche de la luzerne au cours de l'année suivante n'est affectée ni par la date de semis, ni par le précédent.

MOTS CLES

Azote, Champagne-Ardenne, culture dérobée, date de semis, eau du sol, lessivage, luzerne, nitrate, production fourragère, ray-grass d'Italie, seigle, sol.

KEY-WORDS

Catch crop, Champagne-Ardenne, forage production, Italian ryegrass, leaching, luzerne, nitrate, nitrogen, rye, soil, soil water, sowing date.

AUTEURS

1 : INRA Unité d'agronomie de Laon-Reims-Mons, F 51686 Reims.

2 : Syndicat National des Déshydrateurs de France (SNDF), F 75000 Paris.

3 : INRA Unité d'agronomie de Toulouse, F 31326 Castanet-Tolosan.

CORRESPONDANCE

P. Thiébeau, 2, Esplanade R. Garros, F-51686 Reims cedex 2 ; thiebeau@reims.inra.fr

Il est possible de semer une luzerne à deux moments de l'année : au printemps (mars - avril) ou en été (juillet - août). Dans les zones où le déficit hydrique estival est une contrainte forte, la luzerne est généralement mise en place au printemps. Ainsi, les pluies qui suivent la période de semis - levée permettent à la culture de s'installer avant la période de déficit hydrique estival. Si la culture précédente a été récoltée tardivement (maïs, betterave, tournesol, etc.), la luzerne est semée après un sol qui est resté nu l'hiver. Si la culture a été récoltée suffisamment tôt (céréales, pois, etc.), la luzerne peut alors être semée après une culture intermédiaire.

En zone d'élevage, cette période comprise entre la récolte et le semis de la luzerne au printemps pourrait être utilisée pour accroître le stock fourrager grâce à la présence d'une culture intermédiaire. C'est ainsi que l'on pourra valoriser un ray-grass d'Italie (RGI) ou un seigle semé en août ou septembre de l'année précédente, en l'ensilant au début du printemps (avril) ou, pour les régions disposant d'une unité de séchage, en le faisant déshydrater. Cette dernière solution a été étudiée par Thiébeau et Larbre (1993) : en réalisant un apport azoté de 120 kg/ha sur le seigle ou le RGI en fin d'hiver, la filière de déshydratation peut allonger la période de fonctionnement de ses installations sans pénaliser le démarrage de la campagne de récolte de la luzerne. Ceci aurait pour conséquence de réduire le coût des charges fixes par tonne de fourrage déshydraté, de même que le volume des stocks de reports réalisés en fin d'année en prévision de la demande du début de printemps suivant.

L'objet de ce travail est de comparer l'effet de ces précédents, ray-grass d'Italie, seigle et sol nu, sur la mise en place et la production d'une luzerne semée au printemps. Il a également pour objectif de vérifier l'absence de pollution nitrique de l'environnement liée à l'apport d'azote réalisé sur les graminées en fin d'hiver.

Matériel et méthodes

* Protocole et traitements expérimentaux

Deux expérimentations ont été conduites en 1991 (E1) et 1992 (E2) en région Champagne-Ardenne. Les sols sont des rendzines grises sur craie à poches. Le précédent était dans les deux cas un blé dont les pailles ont été exportées de la parcelle. Les intercultures comparées sont :

- un sol nu, cas le plus fréquent pour une implantation de luzerne au printemps ;
- deux graminées non gélives : le seigle et le ray-grass d'Italie, ultérieurement enfouies ou récoltées pour l'ensilage ou la déshydratation selon le niveau de production de la culture.

Ces deux espèces ont été choisies pour leur résistance au froid, leur croissance rapide et leur potentiel élevé de production de matière sèche au début du printemps.

Le précédent ray-grass n'est présent qu'en E2. Pour E1, le seigle ne reçoit aucune fertilisation azotée. Pour E2, les graminées reçoivent 50 kg N/ha au semis, puis 120 kg N/ha au seuil de 150°C.j (base 0 : 1^{er} janvier) en fin d'hiver, de manière à augmenter leur production fourragère (Thiébeau et Larbre, 1993).

Les parcelles élémentaires ont une surface unitaire de 288 m² (36 m x 8 m). Le dispositif comprend deux blocs répétition.

* Dates de mise en place de la luzerne

Trois dates de mise en place de la luzerne (cv. Résis, 20 kg/ha) ont été retenues :

- Date 1 (D1) : mi-mars, période normale de semis de la luzerne au printemps en région Champagne-Ardenne. Le semis est réalisé le 18 mars pour E1 et E2.
- Date 2 (D2) : première semaine d'avril (3 avril en E1 et 7 avril en E2), date limite d'implantation de la luzerne dans la région, qui correspond aussi au début de la période possible de récolte mécanique des précédents graminées.
- Date 3 (D3) : troisième semaine d'avril (17 avril en E1 et 23 avril en E2), période *a priori* tardive pour l'implantation d'une luzerne de printemps, mais qui permet d'augmenter de façon importante la production des graminées.

La récolte des graminées est réalisée au plus tard 48 h avant le semis de la luzerne. Le dispositif à 2 blocs réalisé pour les précédents devient un dispositif en criss-cross pour l'implantation de la luzerne, c'est-à-dire qu'à chaque date l'implantation est réalisée perpendiculairement au sens des blocs : ainsi, la graminée est détruite juste avant chaque implantation.

* Conditions climatiques et mesures de la réserve hydrique du sol

Pour E1, les températures ont été supérieures de 0,4 à 0,6°C à la moyenne des 20 années précédentes, tant durant l'année d'implantation (1991, A0), que pour la première année de production (1992, A1). La pluviométrie a été très déficitaire en 1991, notamment en mai avec seulement 7 mm au lieu de 67 mm en moyenne pluriannuelle. En 1992, les pluies sont tombées en grande partie sous forme d'orages au printemps et en été. La demande hydrique des plantes a donc été beaucoup plus forte en 1991 qu'en 1992, ce qui a probablement causé des déficits hydriques ponctuels pour la luzerne, notamment en mai 1991.

E2 a subi des températures supérieures de 0,6 à 0,8°C aux normales saisonnières (moyenne sur 20 ans) ; la demande hydrique des plantes a donc également été plus élevée que la normale. En 1992, les pluies ont été importantes, surtout pour les mois de juin, août et novembre. En 1993, les précipitations ont été largement inférieures à la normale (sur 20 ans). Le mois d'août a reçu très peu de pluie (7 mm).

L'incidence de ces conditions climatiques sur l'humidité du sol de l'horizon superficiel a été analysée lors du semis de la luzerne en E2 ; pour chaque traitement expérimental, la teneur en eau a été mesurée sur 20 cm de profondeur par tranche de 5 cm (2 répétitions). Les échantillons de sol ont été placés directement dans des boîtes fermées hermétiquement sur le terrain. La terre a été séchée dans une étuve ventilée à 105°C durant 24 h.

Par ailleurs, deux profils de sol ont été réalisés à la tarière, jusqu'à 2 m de profondeur, afin de mesurer l'effet des graminées sur la réserve hydrique. Ils ont été réalisés le 22 avril, après la dernière récolte des graminées et avant le travail du sol, ainsi que le 16 octobre, après la dernière coupe de luzerne en A0.

* Estimation de la matière sèche produite par le précédent cultural et la luzerne

– Le précédent cultural

La quantité de matière sèche aérienne exportable (MSA) des précédents a été mesurée avant l'implantation de la luzerne ; le précédent était coupé à une hauteur supérieure à 6 cm, mais uniquement si la hauteur du couvert le permettait. Dans le cas contraire, les parties aériennes de la culture intermédiaire ont été enfouies par labour sans broyage ni destruction chimique préalable. Leur biomasse (chaume de 0 à 6 cm) a cependant été préalablement estimée comme précisé ci-dessous.

Les prélèvements de MSA ont été réalisés manuellement avec des ciseaux. Deux placettes constituées chacune de 2 lignes de semis contiguës de 2 m linéaires ont été récoltées par bloc. Les échantillons ont été pesés en frais sur le terrain. Un sous-échantillon moyen d'environ 300 g par placette a été constitué pour être séché en étuve. Le reste de la biomasse aérienne a été fauché et exporté de la parcelle.

Deux placettes des parties résiduelles (chaumes : de 0 à 6 cm de hauteur) de 0,5 m linéaire chacune ont été prélevées par bloc après la coupe, afin d'estimer la quantité de matière sèche restituée au sol. La partie racinaire a été estimée à partir des travaux de Denys *et al.* (1990) où elle constitue 44% de la matière sèche aérienne totale (matière sèche des chaumes + matière sèche aérienne exportable).

Les échantillons ont été séchés en étuve à 80°C durant 48 h, pour déterminer la teneur en eau et calculer la quantité de matière sèche produite.

– La luzerne

La production de matière sèche aérienne récoltable (MSA) de la luzerne a été mesurée l'année d'implantation (A0) et la première année de production (A1). Les mesures de MSA ont été réalisées en fin de cycle, selon le calendrier de coupe de l'usine de déshydratation la plus proche des sites expérimentaux. Les coupes ont été réalisées avec une récolteuse d'essai automotrice, disposant d'un bac de pesée intégré. L'ensemble de la production de matière fraîche de chaque parcelle expérimentale a été mesuré.

* Autres mesures et calculs réalisés

Un profil cultural a été réalisé perpendiculairement au travail du sol, sur une profondeur de 30 cm. Il a permis d'apprécier l'effet de la présence des racines des cultures intermédiaires sur la structure du sol de la couche travaillée.

L'azote minéral du sol a été mesuré en E2 sur 1 m de profondeur à 2 reprises (en sortie d'hiver, avant l'apport d'azote de 120 kg/ha, ainsi qu'au moment de la date de destruction D3 des graminées) pour vérifier si l'apport d'azote a bien été absorbé par les graminées sans avoir été lixivié.

Par ailleurs, l'estimation de la concentration en nitrate de l'eau drainée a été calculée au moyen du modèle sol - plante STICS, adapté aux cultures intermédiaires (Dorsainvil, 2002). Le modèle calcule chaque jour de la simulation la quantité d'eau drainée (mm) sous une profondeur de sol déterminée (ici sous 80 cm, profondeur maximale d'enracinement des graminées), ainsi que la quantité d'azote nitrique lixiviée (kg N-NO₃/ha). La concentration moyenne pondérée en nitrate de l'eau drainée (mg NO₃/l) est calculée par le rapport entre le cumul de la quantité d'azote nitrique lixiviée et le cumul de la quantité d'eau drainée.

Les comparaisons de production de matière sèche ont été réalisées : i) par date de semis de la luzerne, quel que soit le précédent cultural ; et ii) par précédent cultural, quelle que soit la date de semis de la luzerne. Une analyse de variance a été réalisée sur l'ensemble des traitements, et complétée par le test de Newman et Keuls ($p < 0,05$).

Résultats

1. Production et effet des précédents culturaux

* Quantité de matière sèche aérienne produite par les précédents

Au cours des deux expérimentations, aucune récolte mécanique n'a pu être réalisée avant la première date de semis de la luzerne (D1) parce que le couvert n'était pas suffisamment haut.

Dans le cas de E1, la faible biomasse de seigle ne peut être ramassée mécaniquement : elle est de 0,3 et 0,9 t MS/ha respectivement aux dates D2 et D3, en rapport avec le faible reliquat azoté au semis et l'absence d'apport d'azote au printemps. En E2, la biomasse récoltée est nettement supérieure pour le seigle et le ray-grass : respectivement 1,5 et 1,4 t MSA/ha pour D2, et 4,1 et 3,0 t MSA/ha pour D3. L'apport azoté réalisé au printemps semble donc avoir été valorisé.

La biomasse enfouie (chaumes et racines) estimée n'a pratiquement pas évolué en E1 entre la première date d'incorporation (3,0 t/ha) et la dernière (3,2 t/ha). Ceci n'a pas été le cas en E2, où la quantité de biomasse enfouie du seigle est passée respectivement de 3,1 t MS/ha à 4,7 t MS/ha de D1 à D3, soit une augmentation de 51% ; pour le RGI, l'augmentation a été encore plus forte puisque la biomasse est passée de 1,8 t MS/ha (D1) à 3,5 t MS/ha (D3).

* Azote minéral du sol sous les graminées et le sol nu

La mesure de la quantité d'azote minéral du sol n'a été réalisée qu'en E2, le 17 février, avant l'apport d'azote du printemps, et le 22 avril, lors de la date de récolte D3 des graminées.

Le 17 février, avant l'apport d'azote, l'azote minéral présent dans le sol sur 1 m de profondeur est de 111 kg/ha sous le sol nu, de 100 kg/ha et 102 kg/ha respectivement sous le seigle et le RGI : ces écarts ne sont pas significativement différents et montrent une distribution similaire de l'azote dans les différents horizons de sol (figure 1a). Le 22 avril, l'azote présent sous le sol nu est de 100 kg/ha, tandis qu'il est de 72 kg/ha et 74 kg/ha respectivement sous le seigle et le RGI. L'écart entre les graminées et le sol nu est significatif (figure 1b) ; de plus, ces valeurs confirment l'absorption par les plantes de l'apport d'azote de 120 kg/ha.

* Concentration en nitrate de l'eau drainée sous les graminées et le sol nu

Dans le cadre de E2, une estimation a été réalisée avec le modèle STICS à une profondeur de 80 cm, profondeur maximale d'enracinement des graminées lors de la 3^e date de destruction. La concentration en nitrate sous le précédent graminée ayant reçu une fertilisation azotée de printemps de 120 kg/ha (RGI) a été comparée à celle sous le précédent sol nu. Les résultats de la simulation avec STICS montrent à la fin de la période de drainage (ici fin mars), que la concentration en nitrate de l'eau drainée se stabilise à 41 mg NO₃/l sous le précédent sol nu et à 23 mg NO₃/l sous le précédent graminée (figure 2). Le drainage calculé a été respectivement de 105 et 97 mm sous le sol nu et sous le RGI.

Figure 1 : Evolution de l'azote minéral présent dans le sol entre a) la sortie d'hiver et b) la dernière date de récolte (D3) des graminées (expérimentation E2).

Figure 1 : Changes in the mineral N contents of the soil between a) the end of winter and b) the latest harvesting date (D3) of the grasses. Experiment E2.

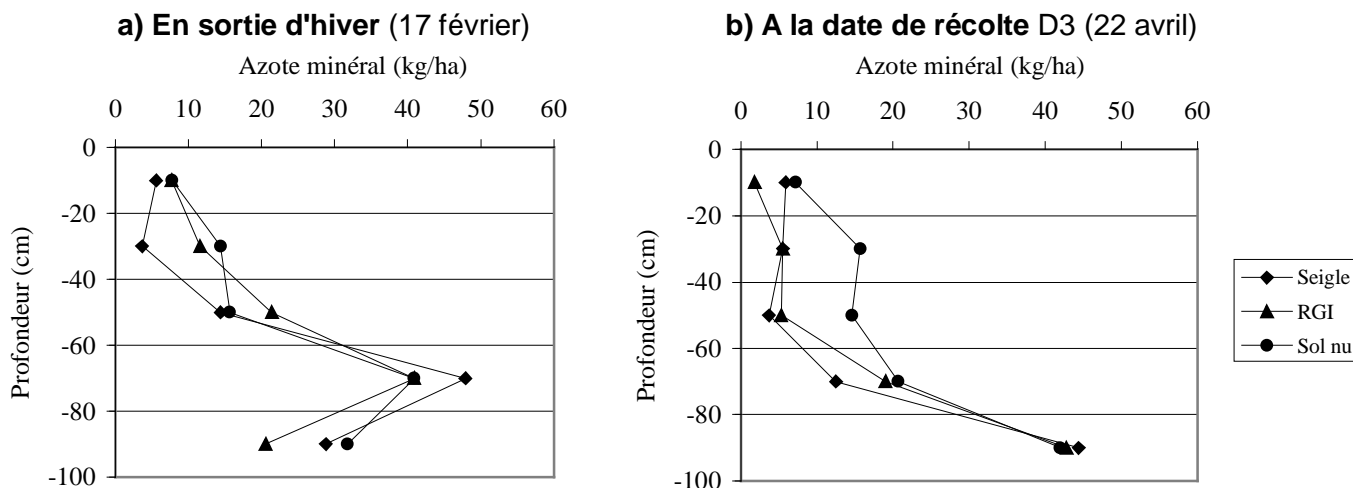
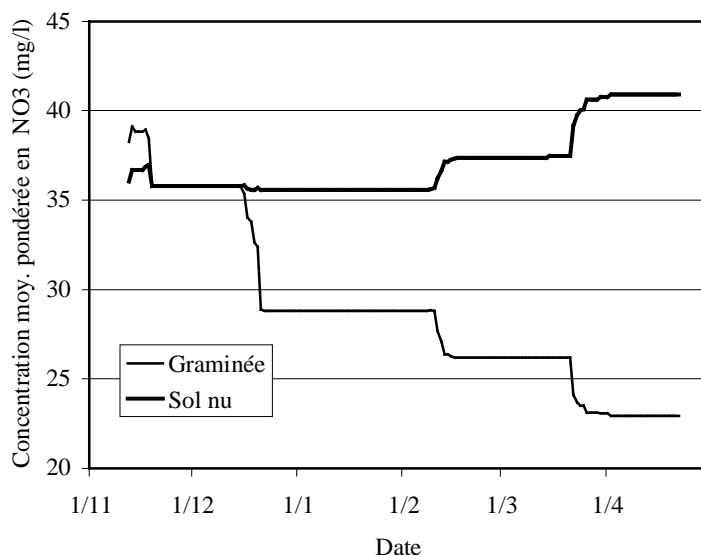


Figure 2 : Evolution de la concentration moyenne pondérée en nitrate de l'eau drainée depuis le début du drainage, en dessous de 80 cm de profondeur. Effet d'une graminée semée (RGI) dans l'interculture blé - luzerne de printemps.

Figure 2 : Changes in the mean weighted nitrate concentration in the drainage water, below 80 cm, as measured by the ratio between the cumulated amount of N leached and the total amount of water drained. Effect of Italian grass (RGI) sown as a catch crop between wheat and spring-sown lucerne.



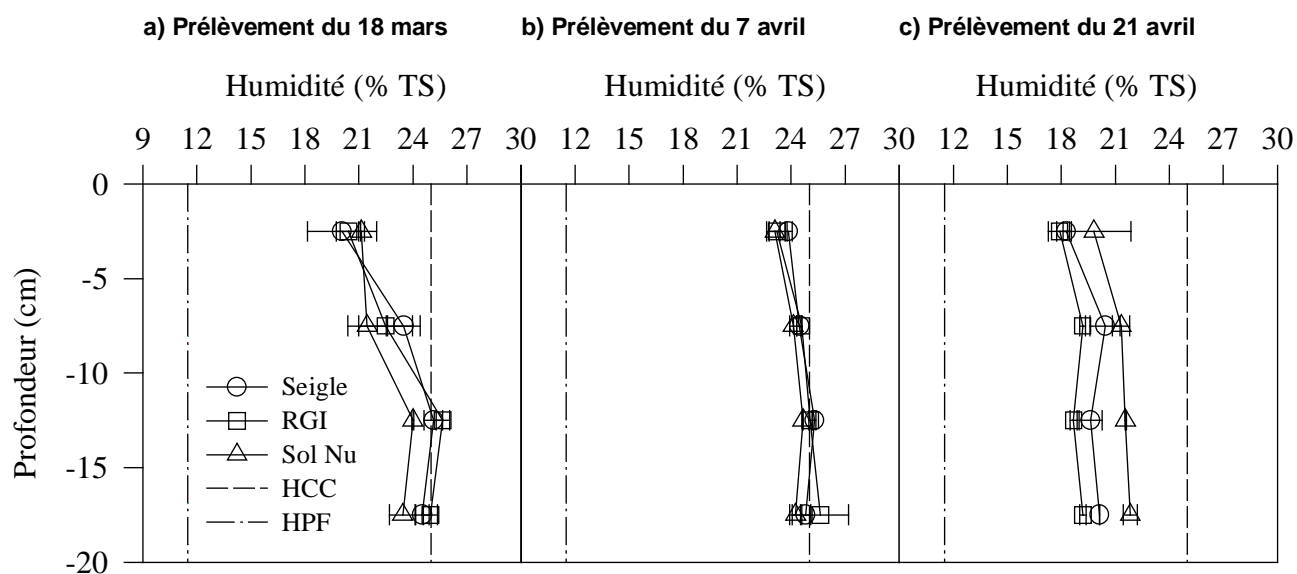
*** Etat physique du sol avant l'implantation de la luzerne**

Les profils culturaux qui ont été réalisés en E2 indiquent une différence d'état structural du sol sous graminées en comparaison de l'état structural du sol nu : la surface du sol est plus motteuse après une graminée (tableau 1).

Tableau 1 : Profils culturaux de l'expérimentation 2 (E2) : description de la zone L3 (hors passage de roue).**Table 1 : Soil profile in Experiment 2 (E2) : description of the L3 area (area free of traffic).**

Semis de la luzerne	18 Mars			7 Avril			23 Avril		
	Seigle	RGI	Sol nu	Seigle	RGI	Sol nu	Seigle	RGI	Sol nu
Observations*									
Surface du sol (H0)									
- mottes de 1 à 5 cm	+++	+++	+	++	++	+	++	++	+
Lit de semence (0-6 cm) (H1)									
- état structural	F ;75% 0	F ;75% 0	F ;90% 0	F ;75% 0	F ;75% 0	F ;90% 0	F ;75% 0	F ;75% 0	F ;95% 0
- mottes de 1 à 5 cm	+++	+++	+	++	++	+	++	++	+
Horizon labouré non repris (6-26 cm) (H5)									
- état structural	SF ;30% B	SF ;30% B	F ;15% B	SF ;50% B	SF ;50% B	F ;15% B	SF ;50% B	SF ;50% B	F
- colonisation racinaire	++	++		+++	++		+++	+++	
- régularité d'incorporation de la MO	oui	oui		oui	oui		oui	oui	
Horizon pédologique (26-30 cm) (P1)									
- colonisation racinaire	++	+		+++	++		+++	+++	

* : Nomenclature d'après MANICHON et GAUTRONNEAU (1987) :
+ peu ; ++ quelques unes ; +++ beaucoup SF : éléments structuraux soudés, facilement discernable
F : structure fragmentaire ; 0 : absence de mottes décimétriques et de cavité importante, terre fine abondante
B : dominance de mottes décimétriques, séparées par des cavités structurales importantes, peu de terre fine.

Figure 3 : Profils d'humidités de la couche travaillée au moment des 3 dates de semis (D1, D2 et D3 ; expérimentation E2).**Figure 3 : Moisture profile of the ploughed layer at the three sowing dates (D1, D2, D3) of Experiment 2.**

HCC (pF 2,7) : Humidité à la capacité au champ. *Moisture at field capacity*

HPF (pF 4,2) : Humidité au point de flétrissement permanent. *Moisture at the permanent wilting point*

Les différences d'humidité entre les trois situations (couverts ou sol nu) sont négligeables pour D1 et D2 (figures 3a, b, c). En D3, elles sont significativement différentes dans les horizons inférieurs à 10 cm : l'humidité est plus faible sous les graminées (19,2%) qu'en sol nu (20,1%).

2. Production de la luzerne

* Production de la luzerne l'année d'implantation (A0)

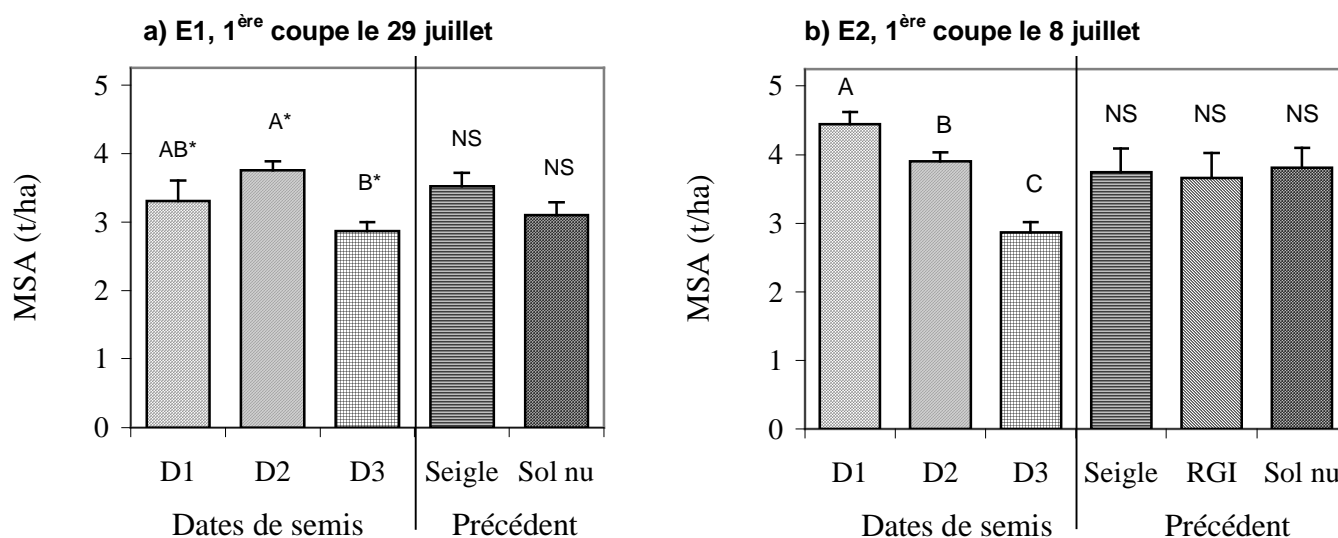
– Première coupe

En E1, la première coupe mécanique de la luzerne a eu lieu le 29 juillet (figure 4a). Une différence significative entre les biomasses de D2 et D3 a été mise en évidence, ce qui n'est pas le cas de D1 vis-à-vis de D2 ou D3. La différence entre les précédents n'est pas significative.

En E2, la première coupe mécanique a eu lieu le 8 juillet (figure 4b). Une différence de production significative entre les dates de semis a été mise en évidence. Par rapport à D3, les productions moyennes de D1 et D2 sont respectivement supérieures de 55 et 36%. En revanche, la biomasse produite est identique quel que soit le précédent.

Figure 4 : Effet de la date de semis et du précédent cultural sur la production de matière sèche aérienne (MSA) de la luzerne récoltée lors de la 1^{re} coupe (A0) pour les deux expérimentations (E1 et E2).

Figure 4 : Effect of the sowing date and of the previous crop on the above-ground dry matter yield (MSA) of lucerne at the first cut in the sowing year (A0). Experiments E1 and E2.



(A, B, C) : groupe homogène selon le test statistique de Newman et Keuls ($p < 0,05$).
Homogeneous group according to Newman and Keuls test ($p < 0,05$)

(A*, B*) : groupe homogène selon le test statistique de Newman et Keuls ($p < 0,10$).
Homogeneous group according to Newman and Keuls test ($p < 0,10$)

NS : effet non significatif. Not significant effect.

— Erreur standard. Standard error

– Repousses

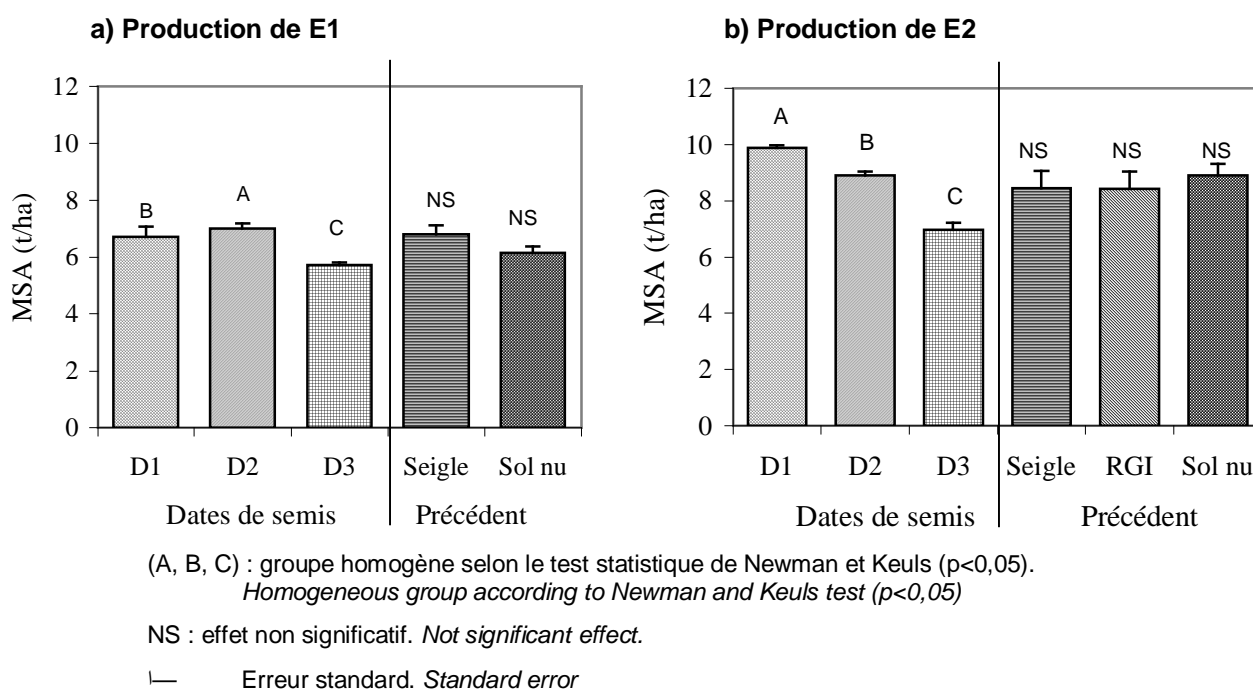
En E1, le calendrier d'exploitation de l'usine de déshydratation la plus proche n'a permis d'exploiter qu'une seule repousse, le 10 septembre. L'effet de la date de semis de la luzerne a été significatif (figure 5a). L'écart de 5% entre D1 et D2 est faible, mais significatif comme celui de 22% mesuré entre D2 et D3.

En E2, l'usine a réalisé son premier passage 3 semaines plus tôt que l'année précédente, ce qui a permis de réaliser 2 coupes de repousses respectivement les 17 août et 13 octobre. De nouveau, l'écart est significatif entre les trois dates de semis : la MSA produite par D1 est significativement plus élevée que celles de D2 et D3 (figure 5b).

En E1 comme en E2, on n'observe pas d'effet significatif des précédents graminée sur la production des repousses (figures 5).

Figure 5 : Effet de la date de semis et du précédent cultural sur la production de matière sèche aérienne (MSA) de la luzerne l'année d'implantation (A0) pour les deux expérimentations (E1 et E2).

Figure 5 : Effect of the sowing date and of the previous crop on the above-ground dry matter yield (MSA) of lucerne in the sowing year (A0), in both experimentations (E1 and E2).



* Production totale de matière sèche l'année A0

Au terme de l'année A0 (pour E2), en cumulant la production de matière sèche de la luzerne à celle du précédent graminée, une augmentation significative de la production totale de fourrage de la parcelle (+26% pour le seigle suivi de la luzerne, et +19% pour le RGI suivi de la luzerne) apparaît par rapport à une luzerne ayant comme précédent un sol nu. En revanche, aucun écart significatif n'apparaît entre les différentes dates de récolte des graminées, donc des semis de luzerne (D1 à D3). On observe cependant une légère tendance à exporter davantage de biomasse pour une date de récolte tardive, due à la forte production de la graminée au printemps.

* Production de la luzerne en première année d'exploitation (A1)

Pendant la première année d'exploitation (A1), aucune différence significative de production de MSA de la luzerne entre date de semis et précédent n'a été observée en E1 comme en E2. La production a varié de 15,9 à 16,6 t MS/ha en E1, et de 14,7 à 16,5 t MS/ha en E2, selon les traitements expérimentaux.

Le modèle de croissance mis au point en région Champagne-Ardenne par Coulmier (1990) permet d'évaluer le potentiel climatique de l'année à partir des données de rayonnement et de température, les autres facteurs (eau, P, K, Mg) étant considérés comme non limitants. Les simulations indiquent que le potentiel de production de luzerne était de 14,5 t MS/ha en E1 et de 14,7 t MS/ha en E2. Or, la production moyenne, tous traitements confondus, a été de 16,3 t MS/ha pour E1 et de 15,4 t MS/ha pour E2, soit respectivement 12 et 4% de plus

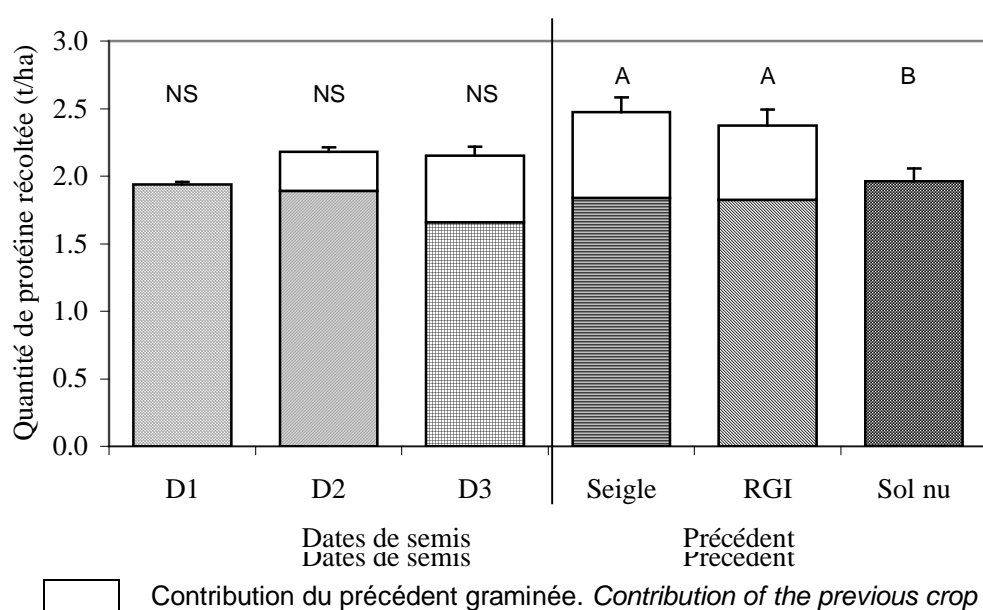
que le potentiel estimé avec le modèle, mais conforme à la marge d'erreur qui lui est associée (Coulmier, 1990). L'alimentation hydrique des parcelles n'a donc probablement pas été limitante.

* Production en protéines l'année d'implantation

Il est également intéressant d'analyser la production totale de protéines (luzerne + graminée) produites par hectare au terme de l'année d'implantation (A0). En E1, cette production varie de 1,3 à 1,5 t/ha, sans différence significative entre le précédent sol nu et le seigle. Cette production est plus importante en E2 où elle varie entre 1,8 et 2,4 t/ha (figure 6) ; elle est significativement plus élevée après une culture intermédiaire qu'après le sol nu.

Figure 6 : Effet de la date de semis et du précédent cultural sur la production globale de protéines (luzerne + graminée recevant 50 + 120 kg N/ha) exportées l'année A0 (exemple de l'expérimentation E2).

Figure 6 : Effect of the sowing date and of the previous crop on the total amount of protein produced (by lucerne and by the grass receiving 50 + 120 kg N/ha) in the sowing year (A0). Experiment E2



(A, B, C) : groupe homogène selon le test statistique de Newman et Keuls ($p < 0,05$).
Homogeneous group according to Newman and Keuls test ($p < 0,05$)

NS : effet non significatif. Not significant effect.

3. Réserve hydrique du sol disponible pour la luzerne en A0

Les mesures de réserve hydrique réalisées sur le site E2, sur 2 m de profondeur, sont présentées figures 7. A la date D3, la quantité d'eau cumulée sur 1,20 m de profondeur, horizon où les profils se rejoignent (figure 7a), présente une différence significative entre le sol nu (349 mm) et les deux précédents graminée (RGI : 314 mm, seigle : 308 mm). Au 16 octobre (figure 7b), la quantité d'eau présente sur 1,20 m de profondeur ne présente plus de différence significative entre les traitements : elle est respectivement de 255 mm pour le sol nu, de 248 et 254 mm pour le RGI et le seigle.

Discussion

* Effet de la date de semis et du précédent cultural sur la production de luzerne

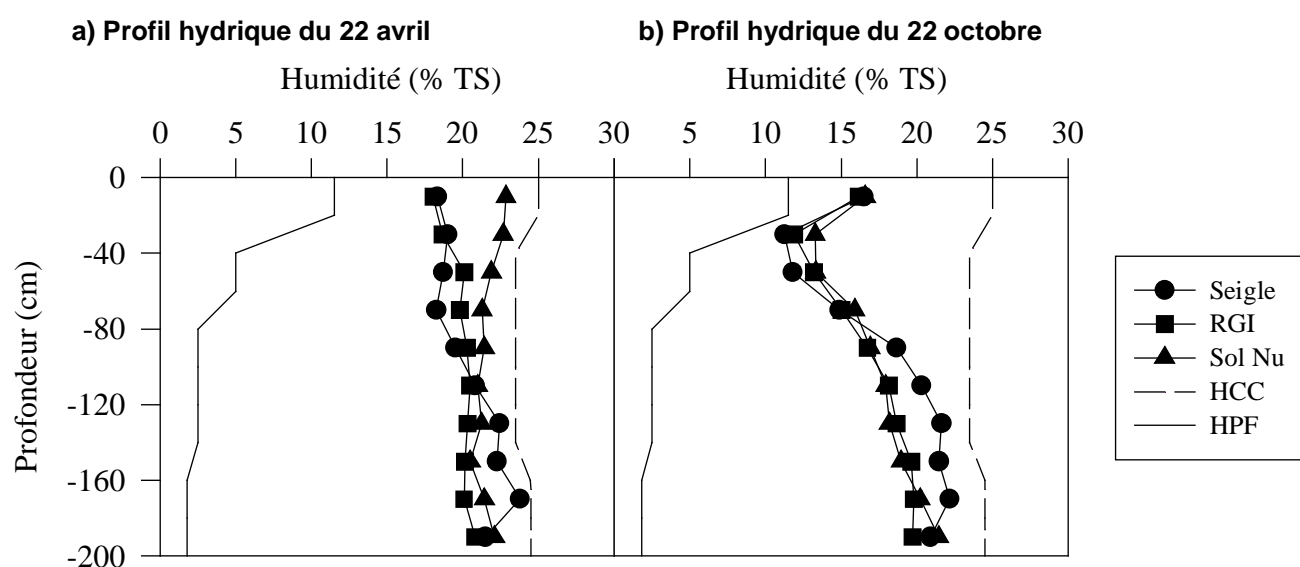
L'année d'implantation, les résultats obtenus en E1 et E2 montrent que plus la date de semis de la luzerne est tardive, plus sa production est réduite. Il faut cependant relativiser cet impact car en retardant la date de

semis de la luzerne, on accroît la production de matière sèche aérienne et de protéines de la graminée. Ainsi, la dernière date de semis de luzerne est également celle qui permet d'exporter de la parcelle le plus de matière sèche de fourrage et de protéines. En conséquence, en fonction de l'objectif recherché, on pourra adapter la date de récolte de la culture intermédiaire, et donc la date de semis de la luzerne. Si on privilégie la production de la luzerne, il faudra semer précocement et le plus rapidement possible dès la récolte des graminées.

L'année d'implantation, aucun effet significatif du précédent (graminée ou sol nu) n'a été observé sur le bilan de production annuel de MSA de la luzerne. L'implantation et la croissance de printemps n'ont donc pas été limitées par la présence de la culture intermédiaire.

Figure 7 : Profils hydriques réalisés a) avant le travail du sol et b) après la dernière coupe de luzerne (pour le semis de la date D3 de l'expérimentation E2).

Figure 7 : Water profiles in Experiment E2 for the D3 sowing date : a) before ploughing, b) after the last cut of lucerne in autumn .



HCC (pF 2,7) : Humidité à la capacité au champ. *Moisture at field capacity*

HPF (pF 4,2) : Humidité au point de flétrissement permanent. *Moisture at the permanent wilting point*

*** Effet du précédent culturel sur l'azote minéral du sol et la lixiviation des nitrates**

Les profils d'azote minéral du sol du 17 février (E2) montrent un pic d'azote minéral dans l'horizon de sol compris entre 60 et 80 cm, pic que l'on retrouve dans l'horizon sous-jacent (80-100 cm) le 22 avril. On peut en tirer deux informations :

– D'une part, la situation sous les graminées étant identique à celle présente sous le sol nu témoin, cet azote correspond donc à la minéralisation du sol, que l'enracinement de la culture intermédiaire n'est pas parvenu à absorber. Cela indique également que l'azote apporté au semis (50 kg/ha) a été absorbé par les graminées. Nos essais ont été conduits en exportant (avant le travail du sol) les pailles du précédent blé, ce qui est couramment pratiqué dans les exploitations d'élevage car la paille y est utilisée pour la litière (Besnard et Le Gall, 2000). Mais après un enfouissement de paille, il est souvent difficile d'obtenir un développement satisfaisant d'une culture sans apport d'azote au semis (Muller et Mary, 1981), car une partie de l'azote minéral du sol est réorganisée par les micro-organismes décomposeurs.

– D'autre part, ce pic étant mesuré entre le 17 février et le 22 avril, il indique que les graminées ont absorbé les 120 kg/ha d'azote apportés le 26 février, sinon les quantités mesurées sous graminées seraient supérieures à

celles du témoin (précédent sol nu), ce qui n'est pas le cas. C'est même le contraire puisqu'il reste moins d'azote minéral après graminées qu'après le sol nu (72 et 74 kg/ha contre 100 kg N/ha sous le sol nu).

Pour D1 et D2, le travail réalisé par Thiébeau et Larbre (1993) montre que les graminées ont absorbé l'azote apporté en fin d'hiver. Néanmoins, s'il n'est pas possible ou envisageable de récolter la graminée lors de la première date de destruction, il ne s'avère pas utile de fertiliser la graminée en fin d'hiver.

L'estimation de la concentration en nitrate de l'eau drainée montre que la présence des graminées permet de réduire de moitié le lessivage à la fin de la période de drainage (figure 2), ce qui est cohérent avec les résultats obtenus par Dorsainvil (2002) pour du ray-grass d'Italie, et par Besnard et Le Gall (2000) pour des cultures intermédiaires entre blé et maïs ou entre maïs et maïs. Ceci montre d'une part qu'il est préférable de mettre en place une culture intermédiaire entre une culture récoltée tôt en saison (juillet - août) et celle qui sera semée le printemps suivant, plutôt que de laisser le sol sans culture pendant l'automne et l'hiver. En effet, dès la mi-décembre, la teneur en nitrate de l'eau de drainage diminue significativement sous les graminées par rapport au sol nu, et ce, malgré l'apport d'azote au semis. D'autre part, cela montre que l'apport d'azote de 120 kg/ha réalisé au printemps (26 février) n'a pas accru la concentration en nitrate de l'eau drainée, contrairement à ce qui est observé sous le sol nu qui n'a pas reçu d'azote.

Cependant, le calcul de la concentration en nitrate de l'eau drainée ne peut se résumer à considérer seulement cette interculture : il doit prendre en compte la succession de cultures sur plusieurs années ; l'effet positif constaté peut alors se révéler moins important (Mary, 1992 ; Mary *et al.*, 1997). Dans la situation qui nous intéresse, c'est une culture de luzerne qui va être implantée. Or, plusieurs travaux ont montré, sans exception, que cette plante absorbe préférentiellement l'azote du sol avant de fixer l'azote de l'air (Wery *et al.*, 1986 ; Muller *et al.*, 1993 ; Spallacci *et al.*, 1996), ce qui va poursuivre l'action bénéfique engagée par les graminées pour limiter la pollution nitrique des eaux de drainage. L'introduction d'une culture intermédiaire de graminée, avant une culture de luzerne semée au printemps, augmente donc la durée de couverture du sol et favorise la réduction des fuites de nitrate vers les nappes phréatiques.

*** Effet du précédent cultural sur l'état hydrique du sol à l'implantation de la luzerne**

Il existe une différence significative de la quantité d'eau du sol et donc de son humidité jusqu'à 1,20 m de profondeur entre les précédents graminée et le sol nu en E2 D3. Les faibles précipitations du mois d'avril ont été évapotranspirées par les cultures, tandis qu'elles ont augmenté la réserve utile du sol nu : les graminées ont donc utilisé partiellement la réserve utile du sol. En dessous d'une profondeur de 1,20 m, cette réserve n'est pas consommée par les graminées, ou s'est reconstituée par remontée capillaire. Cet état permet néanmoins à la luzerne de s'implanter correctement, sans effet du précédent, et malgré une demande climatique supérieure aux normales saisonnières. En fin de campagne culturale, le 16 octobre, des valeurs faibles sont observées dans l'horizon 0-60 cm, marquant l'évaporation de l'eau du sol et la transpiration de la luzerne, mais sans effet du précédent.

Aucune différence significative n'a été observée entre les trois précédents lors du semis de la luzerne, après le travail du sol, pour D1 et pour D2 : en moyenne, on a mesuré respectivement 53 mm et 56 mm d'eau sur 20 cm de sol. L'humidité du lit de semence et les conditions de germination - levée de la luzerne ne sont donc pas affectées jusqu'à la première semaine du mois d'avril incluse. En ce qui concerne D3, la différence entre le traitement sol nu (49 mm sur 20 cm) et les deux précédents graminée (44 mm pour le précédent seigle, et 43 mm pour le précédent ray-grass) n'est pas significative. Néanmoins, l'écart significatif d'humidité observé dans l'horizon 10-20 cm, correspond à des teneurs en eau (19-20%) qui ne sont pas limitantes pour la colonisation racinaire de la luzerne.

En conditions climatiques proches des normales saisonnières, l'incidence de la présence de ces graminées sur la réserve hydrique devrait donc être limitée, comme le confirment les travaux réalisés par Dorsainvil (2002) et Justes *et al.* (2002).

*** Effet du précédent cultural sur l'état structural du sol**

Au cours de l'expérimentation E1, il s'est produit ponctuellement des précipitations intenses en D1, qui ont entraîné une battance du lit de semences. La croûte de battance était discontinue sur précédent seigle et continue sur précédent sol nu. Or, la fréquence de mottes centimétriques (1 à 5 cm) était plus élevée sur la situation seigle, ce qui a permis d'obtenir un taux de levée de la luzerne supérieur de 17% à la situation sol nu le

11 juillet (mesure de contrôle). Le rôle d'agrégation joué par le chevelu racinaire du seigle semble donc s'être révélé intéressant pour stabiliser la structure du sol, ce qui a favorisé l'implantation de la luzerne. Les différences d'états structuraux observées en E2 après le seigle et le RGI (tableau 1) confortent cette hypothèse, bien qu'aucun effet n'ait été révélé en E2. En effet, les conditions climatiques étaient favorables à la levée de la luzerne : aucune croûte de battance n'a été observée.

Conclusion

Les précédents graminée, utilisés comme cultures intermédiaires entre deux cultures principales, peuvent permettre de valoriser cette période en fournissant un appoint fourrager significatif (3 à 4 t MS/ha). Néanmoins, leur présence et la production escomptée auront une incidence sur la date de semis de la luzerne qui peut s'en trouver retardée, ce qui pénalisera sa production. Au terme de l'année d'implantation de la luzerne (A0), le bilan de production de matière sèche et de protéines de la parcelle (luzerne + graminée) est significativement différent entre le sol nu et les précédents graminée, grâce à l'appoint fourrager que ces graminées ont fourni ; cela permet donc de mieux répartir la ressource fourragère sur l'année. L'effet de la date de semis sur la production de la luzerne s'estompe complètement l'année suivante (A1).

Par leur présence durant l'interculture, les graminées permettent également de réduire significativement la concentration nitrique de l'eau drainée. L'apport d'azote de 120 kg/ha reçu en fin d'hiver a été absorbé par les graminées, et n'a pas augmenté les risques de fuite de nitrate dans les conditions testées. Enfin, l'effet d'agrégation des particules de sol joué par le chevelu racinaire des cultures intermédiaires de graminées peut être intéressant pour stabiliser temporairement la structure de l'horizon superficiel du sol et favoriser la levée de la luzerne au printemps, comme cela a été observé lors des pluies intenses survenues pendant la phase semis - levée de la première expérimentation.

Accepté pour publication, le 4 novembre 2002.

Remerciements

Les auteurs remercient C. Durr (INRA Laon-Reims-Mons) pour sa relecture qui a contribué à améliorer cet article.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Besnard A., Le Gall A. (2000) : "Les cultures fourragères intermédiaires : pièges à nitrates et fourrages d'appoint ?", *Fourrages*, 163, 293-306.

Coulmier D. (1990) : *Contribution à la modélisation de la production de la luzerne : mise en œuvre et validation d'un modèle de simulation dans le cadre de l'activité déshydratation en Champagne-Ardenne*, thèse de Doctorat de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon, 103 p.

Denys D., Lagacherie B., Allard M.R., Cheneby D., Marne E., Morlet G., Mariotti A., Muller J.C., Nicolardot B. (1990) : *Effet des cultures dérobées et des restitutions de matière organique sur le lessivage hivernal de l'azote minéral et sur l'utilisation ultérieure par des cultures de l'azote immobilisé sous forme végétale et/ou microbienne*, Station Agronomique INRA de Châlons sur Marne, publ. n°173, 43 p.

Dorsainvil F. (2002) : *Evaluation, par modélisation, de l'impact environnemental des modes de conduite des cultures intermédiaires sur les bilans d'eau et d'azote dans les systèmes de culture*, thèse de Doctorat de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon, 124 p.

Justes E., Dorsainvil F., Thiébeau P., Alexandre M. (2002) : "The effect of catch crops on the water budget of the fallow period and the succeeding main crop", *Proc. VIIIth Congr. of ESA* (F.J. Villalobos and L. Testi eds), Cordoba, Spain 15-18 July, 489-490.

Manichon H., Gautronneau Y. (1987) : *Guide méthodique du profil cultural*, 71 p.

Mary B. (1992) : "Gérer l'interculture pour maîtriser la pollution nitrique", *Journée d'étude "Intercultures et nitrates"*, CORPEN-COMIFER, 29 janv.

Mary B., Beaudoin N., Benoit M. (1997) : "Prévention de la pollution nitrique à l'échelle du bassin d'alimentation en eau", *Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes*, éd. INRA, Paris, *Les Colloques de l'INRA*, 83, 289-312.

Muller J.C., Mary B. (1981) : "Influence des résidus de culture sur la réorganisation de l'azote minéral", *C. R. Acad. Agr.*, 67, 888-902.

Muller J.C., Denys D., Thiébeau P. (1993) : "Présence de légumineuses dans la succession de cultures : luzerne et pois cultivés purs ou en association, influence sur la dynamique de l'azote", *Matières organiques et agricultures*, Congr. GEMAS/COMIFER, éd. Decroux J. et Ignazi J.C., 83-92.

Spallacci P., Ceotto E., Papini R., Marchetti R. (1996) : "Lucerne as a " nitrate scavenger " for silty soil manured with pig slurry", *Book of abstracts 4th ESA Congr.*, 492-493.

Thiébeau P., Larbre D. (1993) : *Intérêts de cultures intermédiaires à base de seigle ou de ray-grass, entre un blé et une luzerne de printemps, pour la déshydratation*, Station Agronomique INRA de Châlons-Reims, publ. n° 242, 39 p.

Wery J., Turc O., Salsac L. (1986) : "Relationship between growth, nitrogen fixation and assimilation in a legume (*Medicago sativa* L.)", *Plant and Soil*, 64, 17-29.

SUMMARY

Effects of two catch crops, Rye and Italian Ryegrass, on the establishment and growth of spring-sown lucerne

Sowing a catch crop between two main crops at the end of summer, in this case between a cereal crop and a spring-sown lucerne (*Medicago sativa* L.), gives the possibility of putting to good use the soil, which otherwise would generally remain bare, and to reduce the leaching of nitrate. In addition, the catch crop can be used on the farm itself as green manure or silage. The object of this work was to compare the effects of two catch crops, rye (*Secale cereale* L.) and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.), and of the bare soil, on the establishment and growth of spring-sown lucerne.

The two catch crops tested were harvested and/or incorporated into the soil at three different dates during March and April (D1, D2, and D3). These dates were in agreement with those usually practiced for the sowing of lucerne in spring. They had an effect on the yield of the lucerne crop in the sowing year, which was depressed for the two later dates (D2, D3), as compared to the first date. However, for these dates D2 and D3, the total dry matter yield of the catch crop and the lucerne crop was equivalent to the dry matter yield of the lucerne crop alone, sown at D1. In the first year after sowing, there was no effect of the catch crops on the yield of lucerne, as compared to the bare soil.