Essai d'engrais verts d'automne

Centre d'agriculture biologique

Institut de technologie agroalimentaire

De La Pocatière

En collaboration avec le Centre d'agrobiologie du Québec

INTRODUCTION

On reconnaît généralement plusieurs avantages aux engrais verts. Par la couverture du sol qu'ils permettent, l'érosion et le croûtage sont évités; ils permettent d'éponger des éléments nutritifs présents dans le sol en fin de saison, ce qui les préserve du lessivage. Certains engrais verts peuvent même enrichir la réserve d'éléments nutritifs dans la couche arable du sol soit par fixation symbiotique de l'azote, soit par solubilisation et mise en banque sous forme organique de sources peu disponibles, soit par remontée en surface d'éléments qui sont descendus dans le profil. Les engrais verts peuvent aider à contrôler les adventices par la compétition que leur couverture provoque ou par des composés toxiques qu'ils envoient dans le milieu. Les engrais verts enfouis jeunes sont une source de matière organique facilement dégradable qui aura peu d'effet sur le taux de matière organique du sol, mais qui constitue un aliment de choix pour les micro-organismes. Ceci stimulera l'activité microbienne dont le rôle est important dans la mise en disponibilité de nutriments présents dans la matière organique du sol et qui provoquera par la bande une amélioration intense de courte durée des propriétés physiques du sol. De plus, la présence de couvert végétal diminue la descente de l'eau dans le sol à l'automne, alors que les racines pivotantes auront créé des chemins de drainage de l'eau qui permettent un assèchement plus rapide au printemps (Brunelle 1990, Mackenzie 1991).

Cependant, on s'est demandé si une culture d'engrais vert d'automne est possible dans l'est du Québec, où la saison de croissance est relativement courte comparativement aux Etats-Unis, à la France ou au sud du Québec, où l'usage des engrais verts d'automne est déjà recommandé.

On a donc voulu voir comment diverses espèces se comportent comme engrais verts d'automne à La Pocatière et quelle est l'influence de la date de semis sur leur performance.

MATERIEL ET METHODE

On a choisi 2 dates de semis, soit le 9 août et le 21 août. Le semis d'engrais vert du 9 août est possible après une destruction de prairie suivant la deuxième coupe dans une prairie âgée. Le semis au 21 août permet une période de jachère supplémentaire visant à contrôler les mauvaises herbes présentes dans la vieille prairie.

Huit espèces ont été comparées : 2 graminées (le seigle d'automne et l'avoine), 3 crucifères (le radis huileux, la moutarde blanche et le colza ou le canola), 2 légumineuses (la féverole et le lupin blanc) ainsi que la phacélie une plante de la famille des hydrophyllacées. Les variétés, dose et profondeur de semis employées sont présentées au tableau 1.

TABLEAU 1

CHOIX DES ESPECES ET DOSE DE SEMIS

ESPECE	VARIETE	DOSE DE SEMIS (kg/ha)	PROFONDEUR (cm)
Seigle d'automne	Mélangé	120	2.5
Avoine	Oxford	120	2.5
Radis huileux		8	2.5
Colza		8	1
Moutarde blanche	Gisilba	6	1
Phacélie tanacé-tifoliée		6	1
Féverole	Mélangé	150	2.5
Lupin blanc	Primorski	90	2.5

Distance entre les rangs = 17 cm

Pour cet essai, on a employé un dispositif expérimental avec 3 répétitions pour chaque date et chaque espèce. Chaque parcelle avait une dimension d'environ 1 200 mètres carrés. On a effectué des analyses de fertilité du sol au semis et à la destruction des engrais verts au début de novembre tant au niveau des paramètres chimiques que de l'activité biologique.

On a évalué la levée des plants, le pourcentage de recouvrement 3 semaines après le semis, les rendements en matières sèches aériennes et le contenu et les rendements en matières organiques (azote phosphore, potassium, calcium, magnésium, bore, zinc, fer, manganèse et cuivre). Les rendements en matières sèches et en ces divers éléments ont aussi été évalués sur les parties racinaires, à raison d'une parcelle pour chaque traitement.

RESULTATS ET DISCUSSION

On n'a observé aucune différence entre les analyses du sol arable au semis et à la destruction, sauf pour le contenu en nitrates du sol dans le cas des parcelles où les engrais verts avaient été semés le 9 août. Cependant, les différences sont minimes. Mentionnons que le niveau de nitrate présent en fin de saison dépend des apports, de la minéralisation de l'azote organique du sol et des pertes par lessivage ou par prélèvement par l'engrais vert. Les précipitations importantes aux mois de septembre et d'octobre peuvent expliquer que les différences entre les différents traitements sont minimes.

La mesure du pourcentage de recouvrement des engrais verts, 3 semaines après le semis (tableau 2), nous apprend que les engrais verts semés le 9 août se sont développés plus rapidement que ceux semés le 21 août. Les céréales ont eu un développement plus rapide que l'ensemble des autres espèces. Déjà 3 semaines après le semis des 2 dates, un niveau de 30% de recouvrement, ou presque, est atteint. C'est le minimum de recouvrement que l'on vise en pratique de conservation des sols pour limiter l'érosion par l'eau (Cantin 1990).

TABLEAU 2

RECOUVREMENT DU SOL PAR LES ENGRAIS VERTS
(en %) 3 SEMAINES APRES LE SEMIS

ESPECE	SEMIS DU 9 AOUT	SEMIS DU 21 AOUT
Seigle d'automne	37.3 a	33.3 a
Avoine	38.7 a	28.0 b
Radis huileux	19.0 b	8.0 c
Colza	8.0 de	6.3 cde
Moutarde blanche	11.3 cd	7.33 cd
Phacélie tanacétifoliée	8.7 d	3.33 ef
Féverole	13.7 c	8.66 c
Lupin blanc	4.0	4.00 e
Témoin	0.0 f	0.00 f
MOYENNE	15.5 A	11.00 B

Le radis huileux semé le 9 août a atteint près de 20% de recouvrement, ce qui le place en tête de toutes les crucifères, des légumineuses et de la phacélie. Il n'y a pas eu de différences dans les pourcentages de recouvrement des adventices, qui étaient à peu près absentes. Etant donné le précédent en sarrasin, l'état de la sécheresse vécue en juillet et le traitement au glyphosate suivi de labour effectué l'automne précédent, les sols étaient assez propres au moment de l'implantation des engrais verts. Seule la parcelle témoin des engrais verts de la deuxième date de semis présentait une certaine quantité de mauvaises herbes (pourcentage de recouvrement), possiblement parce que le sol n'a pas été perturbé par le semoir. On aurait cependant eu des résultats quelque peu différents si les pourcentages de recouvrement des mauvaises herbes avaient été effectués en fin de saison. A cette période, les parcelles de lupin semées au 9 août étaient fortement infestées par diverses mauvaises herbes en raison d'un recouvrement déficient de l'engrais vert. La courte jachère effectuée entre le 9 et le 21 août sur les parcelles semées à cette dernière date a permis de limiter en bonne partie le développement des adventices malgré le peu de couverture du sol offert par les crucifères, les légumineuses et la phacélie en fin de saison.

Les rendements en matière sèche du semis du 21 août 1990 ont été équivalents en moyenne à 45% de ceux du premier semis malgré que le nombre de jours de croissance et l'accumulation de degrés-jours (5° C minimum) aient représenté respectivement 87% et 75% de ceux du premier semis (tableau 3). La différence de rendement entre la première et la deuxième date de semis correspond approximativement à la différence dans l'accumulation de degrés-jours pour les céréales, mais pour les autres espèces, la différence de rendement est plus importante. Ceci indique que la fin du mois d'août a été une période de semis très défavorable aux crucifères, aux légumineuses et à la phacélie, possiblement en raison d'autres facteurs que la chaleur disponible à la croissance à partir du semis.

Il est connu que la croissance des plantes suit habituellement 4 phases : une période de latence où la plante s'installe et s'acclimate, une phase de croissance accélérée, une phase de croissance à vitesse constante et une phase de ralentissement de croissance avant la sénescence. Ces phases peuvent différer d'une espèce à l'autre (Therrien 1986). Dans notre expérience, on se rend compte que la phase de latence est plus courte pour les céréales, ce qui les place en meilleure situation que les autres espèces pour la phase de croissance active. Au deuxième semis du 21 août, cette phase est déjà commencée pour les céréales au 11 septembre (3 semaines après le semis), alors que pour les autres espèces, elle est possiblement retardée, ce qui place leur période de croissance active après la mi-septembre, où le climat refroidit rapidement. Dans le cas du seigle, pour lequel les rendements des 2 dates de semis sont peu différents, on est en présence d'une plante qui s'installe avant l'hiver et stoppe sa croissance en attendant le printemps.

TABLEAU 3

RATIOS DES RENDEMENTS EN MATIERE SECHE AERIENNE ET DES DEGRES-JOURS DISPONIBLES POUR LA CROISSANCE (2e semis/1er semis)

ESPECE	RATIO (%)
Seigle	0.71
Avoine	0.63
Radis huileux	0.41
Colza	0.38
Moutarde blanche	0.42
Phacélie	0.35
Féverole	0.46
Lupin	0.27
Degré-jour (5° C)	0.76
Degré-jour (10° C)	0.72

Au premier semis (tableau 4), les crucifères ont accumulé le plus de matières sèches avec des rendements de 4,6 à 5,5 tonnes de matières sèches à l'hectare dans les parties aériennes, suivis de l'avoine avec près de 4 T/ha de matières sèches. Les autres espèces (phacélie, féverole, seigle et lupin) arrivent en dernier avec 2,3 à 3,5 tonnes de matières sèches; dans le cas du lupin, on peut compter qu'environ 50% des rendements sont dus aux mauvaises herbes.

Pour la deuxième date de semis (tableau 4), l'avoine et la moutarde ont donné les meilleurs rendements avec respectivement 2,5 et 2,3 tonnes de matières sèches à l'hectare, suivies du seigle, du radis huileux et du colza avec respectivement 2, 1,9 et 1,8 tonnes de matières sèches à l'hectare. La féverole, la phacélie et le lupin se classent derniers avec 1,5 tonnes et moins de matières sèches à l'hectare.

TABLEAU 4

RENDEMENT EN MATIERE SECHE AERIENNE
DE DIFFERENTES ESPECES D'ENGRAIS VERTS
(récoltés autour du 20 octobre 1990)

ESPECE	Matière sèche aérienne (T/ha)	
	Semis du 9 août 1990	Semis du 21 août 1990
Seigle	2.830 ef	2.008 bc
Avoine	3.891 cd	2.484 a
Radis huileux	4.660 bc	1.924 bcd
Colza	4.895 ab	1.863 cd
Moutarde blanche	5.537 a	2.319 ab
Phacélie	3.520 de	1.259 e
Féverole	3.270 de	1.522 de
Lupin	2.270 f	0.624 f
Témoin	0 g	0 g
MOYENNE	3.428 A	1.556 B

On peut compter que les parties racinaires récoltées comptent pour 15% à 25% de la matière sèche totale sauf pour le seigle du premier semis et la phacélie. Dans ces 2 cas, la récolte des parties racinaires a été très difficile et a conduit à une sous-estimation des rendements en matière sèche racinaire.

Faisons l'exercice d'évaluer l'apport en matière organique stabilisée, amené par l'enfouissement de la moutarde blanche semée au 9 août. Au moment de l'enfouissement, 5,5 T/ha de matières sèches avaient été produites, soit le record parmi toutes les espèces d'engrais vert et les 2 dates de semis. Le coefficient isohumique pour les parties aériennes d'un engrais vert est de 5% (Soltner 1989). Ce qui veut dire qu'avec 100 kg de matières sèches enfouies, il reste au bout d'un certain temps 5 kg de matières organiques stables, soit environ ¼ de tonne pour notre culture de moutarde. Ceci est l'équivalent de 15% de ce qui est perdu annuellement par le sol sur lequel l'enfouissement a été réalisé (tableau 5). Ce qui ne suffit pas à maintenir le taux de matière organique du sol.

TABLEAU 5

ESTIMATION DE L'IMPACT DE LA MOUTARDE BLANCHE SUR LE TAUX DE MATIERE ORGANIQUE DU SOL

5,5 T de matière sèche/ha X 5% (coef. isohumique) = 0,225 T de matière organique résiduelle

Un sol argileux à 8% de matière organique contient 180 T/ha de matière organique pour les premiers 17 cm (6 pouces).

Le gain de matière organique équivaut à 0,18% pour 180 tonnes.

Taux annuel de perte de matière organique du sol argileux = 1,2%

Le gain par enfouissement équivaut à 15% des pertes annuelles (0,18%/1,2%).

Les rendements en éléments majeurs accumulés dans les parties aériennes des engrais verts donnent des résultats similaires aux rendements en matières sèches (tableau 6 et 7). L'accumulation moyenne pour la première date de semis 118, 49 et 226 kg/ha est environ le double de l'accumulation observée pour les plantes du deuxième semis, 66, 26 et 107 kg/ha de N, P_2O_5 et K_2O. Les céréales du deuxième semis ont des rendements en éléments majeurs dans les parties aériennes qui se rapprochent de ce que l'on observe à la première date de semis.

Au premier semis, les crucifères présentent des rendements en N, P_2O_5 et K_2O supérieurs à toutes les autres espèces. Le record est observé pour le colza avec 170, 69 et 329 kg de N, P_2O_5 et K_2O à l'hectare emmagasinés dans l'engrais vert pour la culture implantée l'année suivante. En ce qui concerne les prélèvements en azote, les céréales, les légumineuses et la phacélie donnent des résultats comparables. La phacélie a prélevé autant de phosphore que les crucifères, suivie par les céréales en deuxième place et les légumineuses en dernier. En ce qui concerne la potasse, l'avoine a prélevé des niveaux comparables aux crucifères, suivie de la phacélie et du seigle, de la féverole et du lupin.

TABLEAU 6

RENDEMENTS EN ELEMENTS MAJEURS (KG/HA) DANS LES PARTIES AERIENNES DES DIFFERENTES ESPECES D'ENGRAIS VERTS D'AUTOMNE (semis du 9 août)

ESPECE	N	P_2O_5	K_2O
Seigle	99 cd	39 ef	155 d
Avoine	108 cd	46 de	275 b
Radis	126 bc	66 ab	283 ab
Colza	170 a	69 a	329 a
Moutarde	144 ab	55 cd	300 ab
Phacélie	109 c	57 bc	222 c
Féverole	108 cd	32 fg	152 d
Lupin	78 d	25 g	95 e
MOYENNE	118	49	226

TABLEAU 7

RENDEMENTS EN ELEMENTS MAJEURS (KG/HA) DANS LES PARTIES AERIENNES DES DIFFERENTES ESPECES D'ENGRAIS VERTS D'AUTOMNE (semis du 21 août)

ESPECE	N	P_2O_5	K_2O
Seigle	77 ab	27 bc	104 cd
Avoine	89 a	37 a	174 a
Radis	75 ab	30 b	122 bc
Colza	70 ab	27 b	134 b
Moutarde	89 a	30 b	144 ab
Phacélie	47 c	23 cd	73 e
Féverole	59 bc	18 d	78 de
Lupin	23 d	7 e	28 f
MOYENNE	66	26	107

Au deuxième semis, l'avoine et la moutarde se placent sur un pied d'égalité pour l'azote, suivies de près par le seigle, le radis et le colza en deuxième et de la phacélie, de la féverole et du lupin. L'avoine a prélevé le plus de phosphore, suivie des crucifères et du seigle en seconde place, puis de la phacélie, de la féverole et du lupin. L'avoine est aussi la plante qui a prélevé le plus de potassium, suivie des crucifères et du seigle, de la féverole, de la phacélie et du lupin.

Les éléments stockés dans les parties racinaires ne sont pas tenus en ligne de compte ici, mais ils constituaient environ 10% à 15% de la quantité totale d'éléments prélevés, ce qui est relativement minime. De plus, les parties racinaires se décomposent plus lentement et contribuent donc moins à la nutrition des cultures subséquentes (Soltner 1989, Pieter 1927). Les céréales utilisées ont prélevé proportionnellement moins d'oligo-éléments comparativement aux autres; on ne sait cependant pas l'influence que cela aura sur la culture subséquente.

Les rapports carbone/azote des parties aériennes des engrais verts sont toujours plus bas que 30 en fin de saison, ce qui assure une décomposition rapide l'été suivant (Brunelle 1990). En général, le rapport carbone/azote à l'enfouissement est de 15,7 pour les plantes semées le 9 août contre 12,5 pour les plantes semées le 21 août. L'avoine, le radis huileux et la moutarde blanche du 1er semis semblent physiologiquement plus âgés que les autres, avec des rapports C/N de près de 18 (tableau 8). Ces différences auront possiblement un impact sur l'apport en azote l'année suivante.

TABLEAU 8

RAPPORT CARBONE/AZOTE DES PARTIES AERIENNES DES DIVERSES ESPECES D'ENGRAIS VERTS D'AUTOMNE

ESPECE	1er semis	2e semis
Seigle	14.5	12.6
Avoine	17.4	12.5
Radis	17.7	11.6
Colza	13.0	12.4
Moutarde	18.6	12.2
Phacélie	14.4	11.5
Féverole	15.4	12.8
Lupin	14.8	14.2
MOYENNE	15.7	12.5

Nous avons aussi voulu comparer le coût des semences à l'hectare à la valeur en termes de N, P_2O_5, K_2O, Mg et B, mise en banque dans l'engrais vert (tableau 9 et 10). Mentionnons d'abord que le coût de semence de l'avoine correspond au prix d'achat d'une variété identifiée. De l'avoine Canada no 1 aurait tout aussi bien fait l'affaire, mais avec un coût 3 fois moindre (15,00 $/ha). Mentionnons aussi que le coût des semences pour les crucifères et la phacélie varient entre les 2 dates de semis, car des problèmes de semis ont été rencontrés avec la boîte à graine. L'ajustement du taux de semis a dû être augmenté à cause d'une faible ouverture au premier semis; il y a eu de l'écrasement des graines donc un semis plus faible que désiré, ce qui n'a pas empêché d'obtenir des rendements intéressants. A la 2e date de semis, les calibrations avaient été modifiées afin de se rapprocher davantage des doses planifiées. Mentionnons aussi que la valeur en termes d'engrais est estimée à partir des valeurs des éléments fertilisants selon les fiches du C.R.E.A.Q. 1990 à partir des quantités d'éléments prélevées dans les parties aériennes, et cela ne tient pas compte de l'efficacité de l'azote des engrais verts qui est en moyenne de 65% celui des engrais minéraux dans l'année qui suit (Pieters 1927). Il faudrait donc soustraire de 20,00 $ à 60,00 $ à la valeur présentée selon les espèces.

TABLEAU 9

COUT DES SEMENCES ET VALEUR

EN TERMES D'ENGRAIS

(1er semis)

ESPECE	DOSE REELLE DE SEMIS (kg/ha)	COUT DE LA SEMENCE ($/ha)	VALEUR N, P, K, Mg, B ($/ha)
Seigle	101	58	185
Avoine	107	45	250
Radis	2.9	14	411
Colza	4.4	9	465
Moutarde	1.5	3	443
Phacélie	3	98	422
Féverole	153	111	214
Lupin	68	149	165

N = 0,75 $/kg P_2O_5 = 0,95 $/kg K_2O = 0,40 $/kg

Mg = 1,67 $/kg B = 10,00 $/kg

TABLEAU 10

COUT DES SEMENCES
ET VALEUR EN TERMES D'ENGRAIS
(2e semis)

ESPECE	DOSE REELLE DE SEMIS (kg/ha)	COUT DE LA SEMENCE ($/ha)	VALEUR N, P, K, Mg, B ($/ha)
Seigle	101	58	133
Avoine	107	45	183
Radis	7	34	153
Colza	7.3	15	147
Moutarde	5.8	13	175
Phacélie	5.5	179	102
Féverole	153	111	103
Lupin	64	140	40

N = 0,75 $/kg P_2O_5 = 0,95 $/kg K_2O = 0,40 $/kg
Mg = 1,67 $/kg B = 10,00 $/kg

Ces données indicatives nous permettent de voir que les crucifères et l'avoine sont les moins chers à semer à l'hectare avec 3,00 $ à 15 $/ha, suivies du seigle à environ 60,00 $/ha. Les légumineuses et la phacélie sont par contre très chères à plus de 100,00 $/ha. Pour les 2 dates de semis, la valeur en éléments prélevés semble justifier le coût de la semence des céréales et des crucifères, mais pas dans le cas des autres espèces, à l'exception de la phacélie pour la première date de semis.

Le stade de développement des espèces semées n'était en général pas problématique à la destruction sauf pour le radis huileux et la moutarde blanche, qui commençaient à former des gousses (tableau 11). Pour les espèces, il aurait été plus sûr de procéder à la fauche plus tôt; cependant, on sait que si la plante de couverture est détruite trop tôt en saison alors que la température du sol est encore de plus de 10° C, il s'ensuit un début de décomposition et une partie des éléments immobilisée seront perdus par lessivage lors des fortes pluies d'automne et lors de la fonte des neiges au printemps (Wagger 1987).

TABLEAU 11

STADE DE DEVELOPPEMENT
DES PLANTS A LA RECOLTE

VARIETE	1er SEMIS	2e SEMIS
Seigle	Tallage	Tallage
Avoine	Tallage	Tallage
Radis	Début de fructification	Début de floraison
Colza	Début de floraison	Végétatif
Moutarde	Début de fructification	Début de floraison
Phacélie	Végétatif	Végétatif
Féverole	Pleine floraison	Début de floraison
Lupin	Initiation florale	Végétatif

CONCLUSION

Selon la date à laquelle on peut semer l'engrais vert d'automne, on devrait choisir une espèce différente. Les radis huileux, le colza et la moutarde blanche semés au début d'août donnent les meilleurs rendements en termes de matière sèche et de prélèvements d'éléments majeurs. Le colza semble le plus intéressant par la quantité record d'éléments qu'il prélève et du fait qu'en fin de saison, la plante est à peine en début de floraison. De plus, il s'agit d'une semence peu coûteuse. Semées à la fin d'août, l'avoine ordinaire et la moutarde semblent les plus intéressantes si on tient compte des rendements en matière sèche en éléments majeurs et des coûts de semence. Par contre, pour les semis très tardifs, le seigle sera probablement la plante la plus intéressante à cause de son développement très précoce. En 3 semaines, après le 2e semis du 21 août, elle produit déjà plus de 30% de recouvrement. On recommande d'ailleurs des semis tardifs de seigle jusqu'à la mi-septembre, et même plus tard dans certaines régions, comme pratique de conservation de sol.

Il faut cependant préciser que les résultats du présent essai sont préliminaires. L'essai a été réalisé sur un sol lourd assez riche : argile limoneuse Kamouraska. Les essais devraient être répétés pour voir comment les engrais verts se comportent sur d'autres sols et en d'autres conditions climatiques. De plus, on devrait mesurer l'effet des différents précédents d'engrais verts sur la culture subséquente et sur les diverses propriétés du sol l'an prochain avant de tirer des conclusions définitives.

* * *

Robert Robitaille, agronome
Chargé de projet

Institut de technologie agro-alimentaire
Centre d'agriculture biologique

La Pocatière, le 27 février 1991
RR/11

BIBLIOGRAPHIE

Brunelle, A. 1990. Les cultures intercalaires et de couverture; colloque sur la diversification des grandes cultures; production et commercialisation; le 28 et 29 novembre 1990; conseil des productions végétales du Québec, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec, 1990, p. 149-160.

Cantin, J. 1990. Conservation des résidus de récolte : maladie et insectes?; 15e colloque de génie rural 1990; pratiques culturales pour conserver le sol, Sylvio Tessier éditeur, département de génie rural, Université Laval, Québec, p. 27-38.

Mackenzie, A.F. 1991. Les cultures intercalaires pour le maïs et les céréales; journées agricoles 1991; développer une agriculture durable; défi des années 1990, région 04 Bois-Francs 6 février 1991; regard sur l'agriculture biologique, ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation, Québec, p. 1-11.

M.A.P.A.Q. 1990. Fertilisants et amendements; prix moyens; comité des références économiques en agriculture du Québec, ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation, Québec, Agdex 540/821, 2 p.

Pieters, A. J. 1927. Green manuring; principles and practice, John Wiley and Sons, Inc., ed. by J.G. Lipmen, New York, 356 p.

Soltner, D. 1989. Les bases de la production végétale, Tome 1; le sol 17e édition; collection sciences et techniques agricoles; le Clos Lorelle, Angers, 468 p.

Therrien, H.-P. 1986. Physiologie végétale 1 (Bot-16359), département de phytologie, Université Laval, Québec.

Wagger, M. G. 1987. Timing effects of cover crop dessication on decomposition rates and subsequent nitrogen uptake by corn; In the role of legumes in conservation system, J. F. Power, ed. proc. of a National Conference, University of Georgia, Atlens, april 1987, publication par Soil Conservation Society of America, p. 35-37.