



Engrais

verts

et

cultures

intercalaires



CENTRE DE
DÉVELOPPEMENT
D'AGROBIOLOGIE

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	1
2. POURQUOI CULTIVER LES ENGRAIS VERTS?	1
2.1 Optimisation du cycle nutritif	1
2.2 Stimulation de l'activité biologique et accélération du renouvellement de l'humus du sol	2
2.3 Amélioration de la structure et de la stabilité du sol	3
2.4 Protection contre l'érosion	4
2.5 Amélioration de la fertilité du sol	4
2.6 Gestion des mauvaises herbes	4
2.7 Fourrage d'appoint	5
2.8 Bénéfices économiques	5
2.9 Bénéfices écologiques et environnementaux	5
3. INTÉGRATION DES ENGRAIS VERTS DANS LA ROTATION	5
3.1 Intégration des engrais verts sur les fermes laitières	5
3.2 Intégration des engrais verts sur les fermes de grandes cultures	6
3.3 Intégration des engrais verts sur les fermes maraîchères	6
4. CONTRIBUTION DE L'ENGRAIS VERT À LA FERTILISATION DES CULTURES	6
5. ENGRAIS VERT EN DÉROBÉE	8
5.1 Choix des espèces	8
5.2 Les crucifères (moutardes, radis, colza, etc)	8
5.3 Graminées	9
5.4 Mélange graminées - crucifères	10
5.5 Sarrasin	10
5.6 Mélange sarrasin - crucifères - graminées	10
5.7 Légumineuses	10
5.8 Mélange de restes de semences	10
5.9 Mélange pour fourrage d'appoint	10
5.10 Semis des engrais verts en dérobée	10
5.10.1 Préparation du lit de semences sur un retour de céréales ou de cultures sarclées	11
5.10.2 Préparation du lit de semences sur un retour de prairie	11
5.10.3 Les semoirs	11
5.10.4 Profondeur des semis	11
5.11 Fertilisation et amendement calcaire	11
6. CULTURES INTERCALAIRES	12
6.1 Céréales de printemps	12
6.2 Céréales d'automne	13
6.3 Maïs-grain et maïs-ensilage	13
6.3.1 Culture intercalaire de mi-saison dans le maïs	13
6.3.2 Culture intercalaire de début de saison dans le maïs	14
6.4 Soya et haricot sec	16
6.5 Cultures maraîchères	16
6.6 Le semis	17
6.6.1 Préparation du lit de semences	17
6.6.2 Les semoirs	17
6.7 Fertilisation et amendement calcaire	17
7. L'ENGRAIS VERT EN CULTURE PRINCIPALE	17
8. L'INCORPORATION AU SOL DES ENGRAIS VERTS	17
8.1 Le non-enfouissement	17
8.2 L'enfouissement	18
9. CONCLUSION	19
10. BIBLIOGRAPHIE	19

PHOTO DE LA COUVERTURE. Les engrais verts, entre bien autres choses, ajoutent de la beauté à une ferme. Ici, un engrais vert de céréale et de crucifères ceinture une culture de maïs.



1. INTRODUCTION

L'engrais vert est une culture destinée à être incorporée au sol à un certain stade de sa croissance. Dans la pratique, les engrais verts se cultivent de deux manières principales :

1. La totalité de la croissance de l'engrais vert se fait avant ou après la culture principale. On les appelle alors engrais verts en dérobée. Par exemple, la moutarde semée après la récolte d'une céréale est un engrais vert en dérobée. Au Québec, l'engrais vert en dérobée est simplement appelé engrais vert (catch crop en anglais).
2. Une partie ou la totalité de la croissance se fait en même temps que la culture principale. Il s'agit alors d'une culture intercalaire. C'est le cas des mélanges de graminées/légumineuses qui sont implantés à la fin juin dans le maïs. Les termes anglais équivalents sont interseeding, companion ou intercropping crop.

Plusieurs avantages découlent des engrais verts, qu'ils soient cultivés en dérobée ou en culture intercalaire. Pour matérialiser ces avantages, un suivi rigoureux de la technique des engrais verts est toutefois nécessaire. Ce document est un guide pratique pour aider les agriculteurs à intégrer les engrais verts à la ferme. Il est un résumé des connaissances acquises à ce jour en situation pratique sur les fermes québécoises.

2. POURQUOI CULTIVER LES ENGRAIS VERTS?

2.1 OPTIMISATION DU CYCLE NUTRITIF

L'engrais vert joue un rôle important dans la fertilité du sol et la fertilisation des cultures (figure 1).

Le cycle nutritif est d'abord amélioré par l'importante quantité d'éléments nutritifs mobilisés par la biomasse de l'engrais vert. Cette mise en réserve temporaire d'éléments nutritifs les met à l'abri du lessivage et diminue les risques de perte de fertilité hors de la ferme. L'engrais vert joue ainsi un rôle d'éponge et recycle les éléments solubles de toute provenance (minéralisation des matières organiques et reliquats de fertilisation), en particulier les nitrates et la potasse. Un engrais vert de légumineuse permet, en plus, d'introduire de l'azote sur la ferme par une fixation symbiotique de l'azote de l'air.

Les éléments minéraux mobilisés sont réorganisés sous forme organique facilement dégradable, particulièrement si la matière enfouie est jeune et peu ligneuse. À la suite de la destruction de celle-ci et de la décomposition rapide qui en résulte, ces mêmes éléments nutritifs sont progressivement rendus disponibles à la culture suivante, assurant une utilisation beaucoup plus efficace des réserves minérales de la ferme.

L'engrais vert peut également améliorer le cycle nutritif de la ferme par une mise en circulation d'une faible fraction des réserves minéralogiques du sol (forme insoluble) et ainsi enrichir la solution du sol (forme disponible aux plantes). L'enfouissement des engrais verts exerce des effets multiples sur l'ensemble des composantes physico-chimiques et biologiques du sol. Cela peut favoriser l'altération des minéraux du sol et mettre ainsi en circulation sur la ferme une quantité non négligeable d'éléments normalement peu accessibles en raison de leur insolubilité.

La quantité d'éléments nutritifs mobilisés par l'engrais vert varie selon l'espèce utilisée, le type de sol, son niveau de fertilité, la fertilisation appliquée, l'antécédent cultural et la période de croissance allouée à la culture (tableau 1).

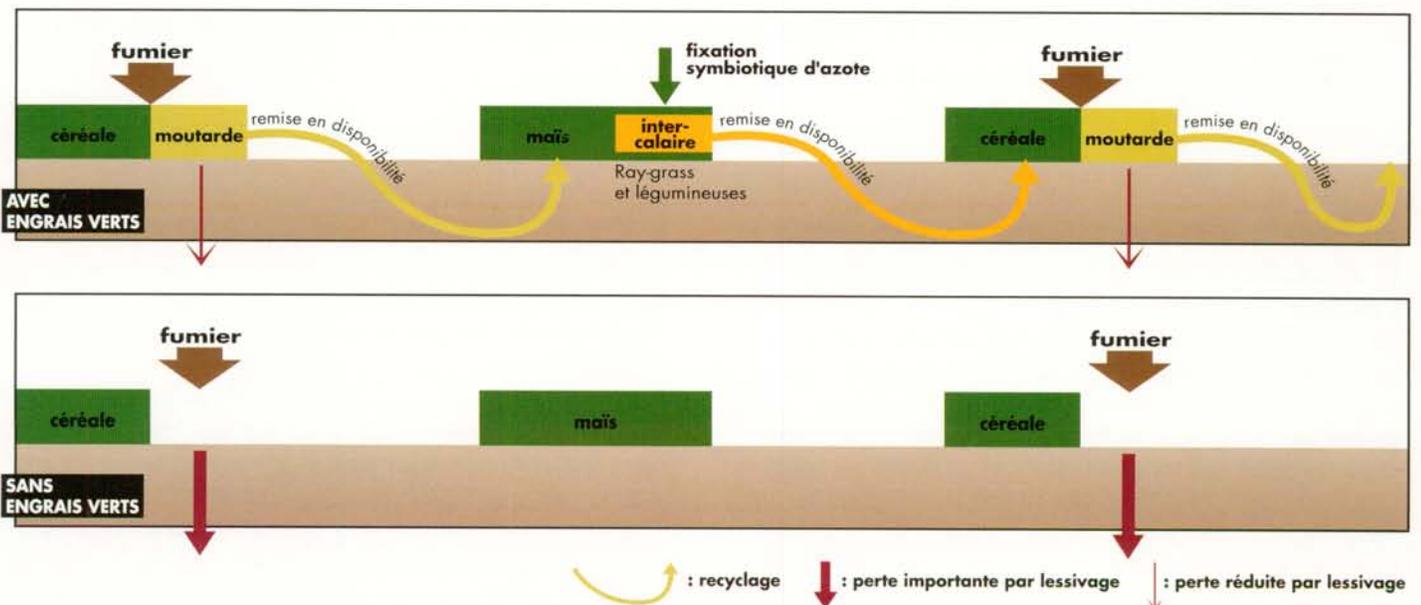


FIGURE 1. Les engrais verts et les cultures intercalaires optimisent le cycle nutritif d'une ferme.

TABEAU 1. Caractéristiques d'espèces employées en engrais verts et en cultures intercalaires.

	Destruction par l'hiver	Fixation symbiotique d'azote	Dose moyenne semis (kg/ha)		Coût semences (\$/ha) ¹	Profondeur de semis (cm)	Date limite de semis en culture dérobée ²	Biomasse aérienne (t/ha) en culture dérobée ³	Mobilisation dans 1000 kg d'engrais verts		
			Culture dérobée	Culture intercalaire					N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Avoine	oui	non	110		45	2 à 3	5 sept.	2 à 5	30	7	45
Chou fourrager (typhon)	oui	non	8		95	1	25 août	1 à 3	31	6	62
Colza	oui	non	12		24	1	25 août	2 à 5	33	6	41
Féverole	oui	oui	160		117	7 à 10	10 août	1 à 3	22	3	20
Mélange moutarde-repousse céréales	oui	non	5		10	1 à 2	25 août	3 à 5	30	5	34
Mélange moutarde-radis (avec ou sans canola)	oui	non	5-5		32	1 à 2	25 août	2 à 5	25	4	40
Mélange ray-grass/mélilot jaune	non	oui		10-10	48	1 à 2			25	6	28
Mélange ray-grass/trèfle incarnat	oui	oui		10-10	92	1 à 2			27	6	23
Mélange ray-grass/trèfle incarnat/vesce velue	souvent	oui		10-10-20	162	1 à 2			30	6	32
Mélange ray-grass/trèfle persan	oui	oui		10-10	94	1 à 2			27	5	30
Mélange ray-grass/trèfle rouge	non	oui		10-10	67	1 à 2			28	5	28
Mélange sarrasin-crucifères	oui	non	50-5		52	2	15 août	2 à 5	22	7	27
Mélilot blanc	non	oui	15		44	1 à 2	10 août	3 à 5	26	7	19
Mélilot jaune	non	oui	15		31	1 à 2	10 août	3 à 5	26	7	19
Millet japonais	oui	non	25		36	1 à 2	1 août	3 à 5	9	2	2
Moutarde blanche	oui	non	12		24	1 à 2	25 août	2 à 5	25	4	29
Orge de printemps	oui	non	110		52	2	25 août	1 à 3	30	9	42
Phacélie	oui	non	7		137	2 à 3	1 août	1 à 3	26	9	42
Radis fourrager	oui	non	10		45	1 à 2	25 août	2 à 5	28	6	37
Radis huileux	oui	non	12		57	1 à 2	25 août	1 à 4	19	5	30
Ray-grass	oui	non	15		68	1 à 2	15 août	3 à 4	23	5	36
Sarrasin	oui	non	60		43	2	10 août	2 à 3	19	11	25
Seigle d'automne	non	non	110		62	2 à 3	10 sept.	2 à 3	35	11	39
Seigle de printemps	oui	non	110		52	2 à 3			40	13	46
Trèfle alsike	non	oui		12	43	1 à 2			30	5	22
Trèfle blanc Huia	non	oui		12	89	1 à 2			30	2	30
Trèfle incarnat	oui	oui		12	77	1 à 2	1 août	2 à 4	31	6	29
Trèfle persan	oui	oui		12	80	1 à 2	1 août	2 à 4	30	5	25
Trèfle rouge	non	oui	5	5	20	1 à 2	1 août	2 à 4	32	5	20
Vesce commune	souvent	oui	80		160	2 à 3	10 août	2 à 5	31	5	29
Vesce velue	souvent	oui	30		105	2 à 3	10 août	2 à 5	37	7	31

1. Les prix sont tirés du catalogue Labon 1996.

2. Les dates de semis ainsi que les biomasses d'engrais verts sont valables pour la région agricole située dans la plaine du Saint-Laurent entre Montréal et Trois-Rivières.

3. Consulter la section 6 de ce document pour connaître les biomasses obtenues en cultures intercalaires.

2.2 STIMULATION DE L'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE ET ACCÉLÉRATION DU RENOUVELLEMENT DE L'HUMUS DU SOL

Les engrais verts sont généralement enfouis sous forme de jeunes tissus végétaux (matière verte). Cette importante biomasse de tissus fermentescibles fournit une source de nourriture facilement accessible aux micro-organismes du sol, d'autant plus que la plante est jeune. L'accroissement de l'activité biologique intensifie la minéralisation de l'humus stable, augmente la disponibilité des éléments nutritifs et renouvelle les stocks d'humus du sol. Précisons qu'une activité biologique intense

aura également un effet positif sur plusieurs aspects de la fertilité du sol, comme la stabilité structurale, la mise en disponibilité des éléments nutritifs de la réserve minérale insoluble et la résistance aux parasites.

L'engrais vert ne représente généralement pas un précurseur d'humus stable pour les sols. Sa biomasse verte est essentiellement formée de molécules peu complexes et peu lignifiées qui laissent une matière organique dite fugitive (aussi appelée matière organique transitoire ou active). L'exception est l'incorporation de l'engrais vert à un stade très mature. Cette pratique est



parfois valorisée dans des systèmes agricoles intensifs.

Ainsi, il ne faut pas espérer augmenter le taux d'humus des sols avec une culture d'engrais vert. Au contraire, l'enfouissement répété d'engrais vert peut même entraîner une baisse du taux d'humus total du sol à moyen terme. Plusieurs sols agricoles au Québec sont bien pourvus en matière organique, particulièrement en matière organique stable. Stimuler la minéralisation de celle-ci pour permettre une intensification de son renouvellement ne peut être que bénéfique. On accentue alors sa participation au cycle nutritif de la ferme et cette situation ne peut qu'être avantageuse pour l'efficacité du système de production.

Toutefois, sur des sols à faible teneur en matière organique, ou dont un fort pourcentage de l'humus est de nature instable (matière organique transitoire), des apports de matière organique précurseurs d'humus doivent compléter la pratique des engrais verts (résidus ligneux, prairie temporaire, fumier pailleux, compost, etc.).

2.3 AMÉLIORATION DE LA STRUCTURE ET DE LA STABILITÉ DU SOL

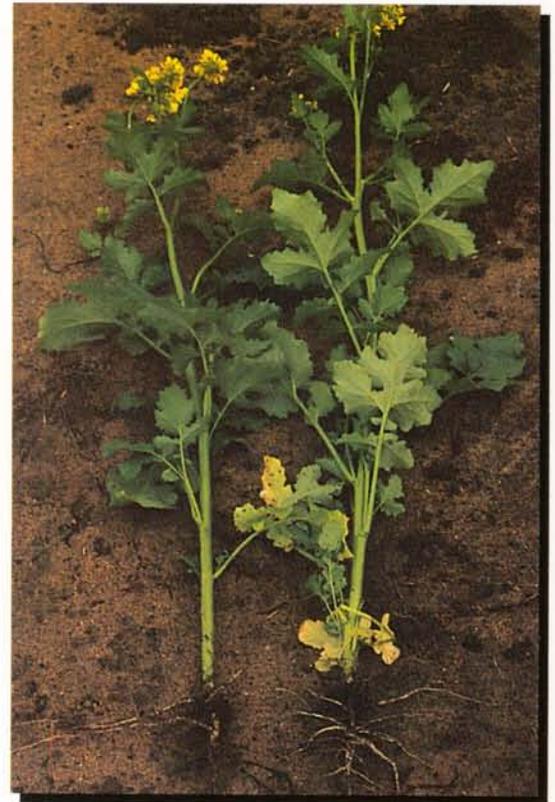
Les résidus organiques des engrais verts aident à stabiliser la structure du sol, à augmenter la capacité hydrique et à accroître l'infiltration et la percolation de l'eau dans le sol. Le maïs cultivé après un engrais vert peut, par exemple, mieux traverser une sécheresse.

Les racines de l'engrais vert favorisent la présence d'une flore microbienne dont l'action améliore les conditions physico-chimiques du sol. Cette flore microbienne est associée aux racines lors du développement de l'engrais vert ou à l'ensemble de l'engrais vert lors de sa décomposition.

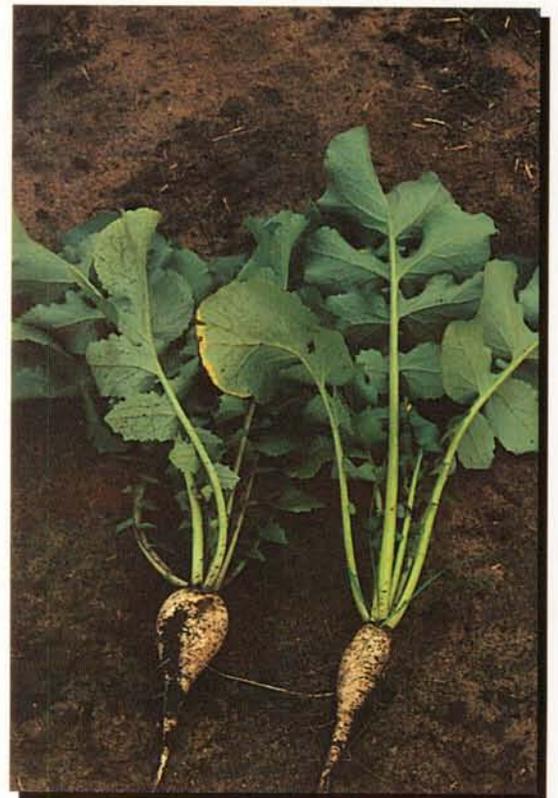
L'action mécanique des racines a un impact majeur sur la structure du sol en surface ou en profondeur selon l'espèce. Les racines augmentent l'aération du sol, sa perméabilité et sa cohésion. La biomasse racinaire représente généralement de 15 à 30 % de la biomasse totale produite, selon la maturité de la culture et l'espèce utilisée (tableau 2). Pour certaines espèces et selon le stade de croissance, l'importance de la masse racinaire est exceptionnelle, soit presque autant que la biomasse foliaire (mélilot, luzerne, seigle).

Les racines des plantes demeurent l'outil par excellence de travail du sol. Certaines espèces de plantes à racines profondes peuvent limiter la formation de couches compactes dans le sous-sol. Mentionnons à cet effet le mélilot, la luzerne et les radis.

À la suite de l'implantation d'une culture d'engrais vert, on observe fréquemment une augmentation de l'activité



Moutarde. Système foliaire et racinaire.



Radis fourrager. Système foliaire et racinaire.

TABEAU 2. Systèmes racinaires des engrais verts.

Espèce	Proportion biomasse racinaire/ biomasse totale	Système d'enracinement
Graminées	30 à 40 %	Racines fasciculées surtout concentrées dans les 10 premiers centimètres (jusqu'à 2 mètres de profondeur)
Mélicot	40 à 50 %	Racine pivotante (jusqu'à 2 mètres de profondeur) avec des branches latérales
Trèfle incarnat	10 à 25 %	Racines pouvant atteindre de 0,8 à 1,5 mètres de profondeur
Trèfle rouge	30 à 35 %	Racines surtout concentrées dans les premiers centimètres (jusqu'à 2 mètres de profondeur)
Moutarde	25 %	Racine pivotante (de 0,8 à 1,5 mètres de profondeur)
Vesce velue	10 à 15 %	Racines pouvant atteindre une profondeur de 0,8 mètres
Radis huileux	15 à 25 %	Racine pivotante (jusqu'à 2,0 mètres de profondeur)

des vers de terre. Leur présence accrue s'explique par la quantité abondante de nourriture soudainement apportée au sol. Des données françaises mentionnent que les populations de vers de terre peuvent être multipliées par trois selon les conditions. L'action de ces macro-organismes est reconnue comme bénéfique pour la fertilité du sol, améliorant sa porosité, la stabilité de sa structure et la mise en disponibilité des éléments nutritifs.

2.4 PROTECTION CONTRE L'ÉROSION

L'engrais vert fournit rapidement un couvert végétal capable de protéger la surface du sol contre diverses formes d'érosion (hydrique et éolienne). Cela contribue à réduire les pertes de sol et la perte d'éléments nutritifs (ruissellement et lessivage). C'est pourquoi il est avantageux de semer un engrais vert, même si la saison est avancée. Une céréale semée entre le 5 et le 15 septembre (selon les régions) produira peu de biomasse aérienne (de 1 à 2 tonnes de matière sèche/hectare), mais son système racinaire fasciculé permettra une protection des sols exposés à l'érosion. Le seigle d'automne se prête particulièrement bien à cette situation.

2.5 AMÉLIORATION DE LA FERTILITÉ DU SOL

En considérant les points précédents, il est évident que la culture d'engrais vert améliore les diverses composantes de la dynamique de fertilité d'un sol agricole (niveaux physique, chimique et biologique). Cet effet positif se traduit généralement par une réduction de la fertilisation, par une régie plus facile des cultures et par une augmentation de l'efficacité globale de la ferme. La section 4 de ce document discute plus longuement de la valeur fertilisante des engrais verts.

2.6 GESTION DES MAUVAISES HERBES

L'engrais vert est un atout intéressant dans la lutte contre les mauvaises herbes. Il ne fait pas de miracles à lui seul, mais il contribue à prévenir les problèmes de mauvaises herbes. Le but visé n'est donc pas de réprimer les mauvaises herbes déjà établies mais de limiter les mauvaises herbes qui tentent de s'établir.

Certains engrais verts forment une couverture végétale dense qui limite l'accès à la lumière pour les mauvaises herbes. Ils les concurrencent aussi pour l'azote. L'engrais vert d'automne est particulièrement efficace pour limiter l'établissement du chiendent, des annuelles d'automne et des bisannuelles. Notons à cet effet l'utilisation du seigle, des trèfles et des crucifères.

Le sarrasin pourra être utilisé comme engrais vert pendant l'été pour limiter le chiendent et les mauvaises herbes annuelles de printemps et d'été. Deux cultures de sarrasin dans la même saison peuvent limiter davantage le chiendent.

Les engrais verts établis possèdent également un effet répressif résiduel contre les mauvaises herbes le printemps suivant. Une biomasse de 1 500 à 3 000 kg/ha de seigle ou de vesce velue fauchée au printemps peut ainsi réduire de plus de 25 % l'émergence de plusieurs mauvaises herbes annuelles. Un engrais vert enfoui possède également un effet répressif mais cet effet pourrait être moindre que celui d'un engrais vert laissé à la surface du sol.

Finalement, le brassage du sol lors de l'implantation de l'engrais vert de fin de saison favorise souvent l'émer-



gence de certaines mauvaises herbes (chou gras, moutarde sauvage) qui seront détruites par les gels à l'automne avant d'avoir monté à la graine.

2.7 FOURRAGE D'APPOINT

Il est possible d'utiliser un engrais vert comme fourrage d'urgence les années où l'on prévoit manquer de foin. L'engrais normalement prévu dans la rotation pour l'enfouissement est remplacé par un mélange d'espèces qui a une valeur alimentaire pour le bétail.

Même si l'engrais vert a été récolté, il laisse quand même un important système racinaire. De plus, la majeure partie des minéraux apportés au bétail par le fourrage reviendra sous forme de fumier au champ. Si la récolte se fait tôt à la fin de septembre ou au début d'octobre, une repousse est encore possible, selon les régions. Cette repousse pourra alors être enfouie.

2.8 BÉNÉFICES ÉCONOMIQUES

Un bénéfice économique à court terme des engrais verts est la mobilisation et la remise en circulation d'éléments nutritifs qui auraient pu être lessivés hors de la ferme. Par exemple, un engrais vert avec une biomasse de 2 000 kg/ha contient des éléments nutritifs d'une valeur d'environ 100 \$/ha. Cela surpasse largement les coûts d'implantation qui sont souvent de moins de 50 \$/ha (voir tableau 1 pour les coûts des semences).

L'azote de l'air peut aussi être introduit dans le système de la ferme par des légumineuses cultivées en engrais vert. Une biomasse d'engrais vert de légumineuse de 3 000 kg/ha contient environ 90 kg d'azote, dont une certaine proportion provient de la fixation symbiotique de l'azote de l'air (jusqu'à 80 %).

Mais la valeur économique des engrais verts dépasse la simple valeur de son contenu en éléments nutritifs. Les



L'engrais vert et la culture intercalaire introduisent de la diversité sur une ferme.

engrais verts améliorent la structure et l'état général du sol. Ils permettent aussi de réduire les effets nocifs sur l'environnement en épongeant une quantité importante d'éléments nutritifs. Ces deux aspects ont des répercussions économiques positives et réelles, bien qu'elles soient difficiles à chiffrer à court et à long terme.

2.9 BÉNÉFICES ÉCOLOGIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

En couvrant le sol et en y puisant des éléments nutritifs, les engrais verts diminuent les risques de pollution diffuse des cours d'eau et des nappes phréatiques par les sédiments, la matière organique et les minéraux. Cela est particulièrement vrai pour l'azote et le phosphore.

Les engrais verts peuvent également améliorer le bilan énergétique de la ferme. L'amélioration du bilan énergétique provient surtout de l'introduction d'azote symbiotique sur la ferme et de la réduction des importations d'engrais.

Finalement, l'introduction des engrais verts dans la rotation favorise directement la diversification des systèmes de production. Selon les lois de l'écologie, cette diversification peut faciliter la production agricole, diminuer globalement les besoins d'intervention et permettre une plus grande présence de divers organismes dans l'écosystème. Cela a été observé, par exemple, dans une culture intercalaire sous maïs qui abritait de nombreux insectes de toutes sortes.

3. INTÉGRATION DES ENGRAIS VERTS DANS LA ROTATION

Les engrais verts seront intégrés dans la rotation en fonction du système de production propre à chaque ferme.

3.1 INTÉGRATION DES ENGRAIS VERTS SUR LES FERMES LAITIÈRES

Sur les fermes laitières, les engrais verts peuvent être cultivés en dérobée après la destruction de la prairie en prévision des cultures sarclées à venir. De plus, on les retrouve fréquemment après une céréale ou toute autre culture récoltée assez tôt (colza, sarrasin, etc.). Le but premier des engrais verts est alors de puiser et de recycler les éléments nutritifs disponibles en fin de saison, de valoriser les épandages de fumiers et lisiers, de maintenir ou de stimuler la fertilité du sol en général et de servir de plante de couverture. Un effet secondaire, mais non négligeable, est la lutte contre les mauvaises herbes.

Les crucifères et les graminées sont les espèces les mieux adaptées en culture dérobée. Le sarrasin peut également être choisi, si on peut le semer tôt dans la saison (juillet).



On peut aussi introduire les engrais verts dans la rotation comme culture intercalaire. L'usage le plus fréquent est sous une céréale à paille, qui sert de plante-abri. Une fois la culture récoltée, la culture intercalaire pourra alors servir pour une coupe de foin, un pâturage temporaire ou spécifiquement pour l'enfouissement. Un mélange d'espèces comprenant le trèfle rouge est régulièrement utilisé.

3.2 INTÉGRATION DES ENGRAIS VERTS SUR LES FERMES DE GRANDES CULTURES

Les engrais verts peuvent être très bénéfiques pour les fermes de grandes cultures qui désirent améliorer leur performance agricole et environnementale. Ces fermes ne peuvent généralement pas compter sur les aspects positifs de la prairie dans la rotation (apport d'azote, apport de matière organique, stabilité structurale du sol, diversité végétale, etc.). Les cultures d'engrais verts devront viser à combler cette lacune.

Sur ces fermes, on doit viser une utilisation maximale des engrais verts de légumineuses afin de pouvoir retirer tout le bénéfice de cette technique. Les cultures intercalaires sont ici un excellent choix. Elles peuvent être implantées avec succès dans les céréales, le maïs, voire même le soya et d'autres grandes cultures. Selon la culture principale, le semis peut se faire en même temps que celle-ci, ou plus tard dans la saison, lors d'un sarclage, par exemple.

Ces fermes peuvent aussi tirer profit de l'implantation de culture dérobée après les céréales de printemps et d'automne. Une méthode simple est de favoriser la repousse des rejets de la batteuse. Plusieurs cultures sarclées récoltées relativement tôt peuvent laisser suffisamment de temps en fin de saison (4 à 6 semaines) pour l'implantation d'une culture dérobée. On pense ici au maïs sucré, au haricot sec et de conserverie, au pois sec et de conserverie, à la pomme de terre, au colza, au lin et au soya hâtif. Selon la période de croissance disponible, le choix de l'espèce sera important.

Sur les fermes où il n'y a pas de travail de sol à l'automne, on préfère le semis d'espèces annuelles, qui sont détruites par le gel. Dans le cas contraire, on peut aussi utiliser des espèces vivaces qui seront détruites mécaniquement.

3.3 INTÉGRATION DES ENGRAIS VERTS SUR LES FERMES MARAÎCHÈRES

Les fermes maraîchères peuvent tirer grand parti des engrais verts. Ils améliorent la fertilité des sols et apportent de l'azote dans le système. Ils peuvent être cultivés en culture principale, en culture dérobée ou en culture intercalaire.

L'engrais vert cultivé comme culture principale pendant

une saison entière prépare le sol aux cultures ultérieures. Sur une saison complète, il est souvent possible de faire deux semis d'engrais vert. Cette longue période de croissance favorise l'obtention d'une biomasse mature et ligneuse relativement importante, comme par exemple le sorgho. Entre les deux cultures, en juillet, des travaux mécanisés peuvent être effectués sur la parcelle. Des légumineuses, des graminées et le sarrasin peuvent être employés à cet effet, souvent en mélange. Si la période disponible est suffisamment longue, il peut aussi être avantageux d'implanter un mélange de prairie.

L'engrais vert en dérobée peut s'intégrer à plusieurs endroits dans la rotation, qu'il soit semé avant ou après la culture principale. Pour les régions agricoles situées au sud du Québec, les cultures récoltées avant la fin août laissent suffisamment de temps pour implanter un engrais vert en dérobée. L'engrais vert en dérobée peut aussi s'implanter tôt en début de saison, avant une transplantation ou un semis tardif. La prudence s'impose toutefois quant au choix des crucifères comme engrais verts sur les fermes maraîchères (voir section 5.2).

La culture intercalaire peut être associée à certaines cultures maraîchères. Par exemple, on obtient de très bons résultats en associant un mélange de graminées et de légumineuses au maïs sucré. On peut aussi associer une culture intercalaire de légumineuses à certaines cultures de crucifères. Il existe sans doute encore bien des possibilités qui pourront être développées par des agriculteurs imaginatifs et innovateurs.

4. CONTRIBUTION DE L'ENGRAIS VERT À LA FERTILISATION DES CULTURES

Lors de la décomposition de la biomasse verte, les éléments nutritifs mobilisés par l'engrais vert sont remis en circulation dans le sol. On peut chercher à estimer cet apport de fertilisants pour la culture suivante, particulièrement en N, P et K, afin d'ajuster la régie de fertilisation à la baisse.

Sachons tout d'abord qu'il est difficile d'obtenir la valeur fertilisante précise de l'engrais vert et ce, pour plusieurs raisons :

- 1) le contenu en éléments nutritifs de l'engrais vert est variable selon sa maturité lors de l'enfouissement;
- 2) la remise en disponibilité des éléments nutritifs est dépendante d'un grand nombre de facteurs dont l'effet est difficilement prévisible d'une année à l'autre. L'interaction entre ces facteurs est aussi mal connue;
- 3) on connaît mal l'ensemble des impacts positifs des



engrais verts comme, par exemple, un éventuel effet synergique lorsque plusieurs facteurs de fertilité sont améliorés simultanément et la possibilité que les gains s'accroissent dans le temps au fur et à mesure que la pratique devient courante sur la ferme.

Nous allons donc présenter une méthode de calcul qui ne donne qu'une estimation grossière de la valeur fertilisante d'un engrais vert. Le seul but est de donner des balises pour sécuriser l'agriculteur qui désire réduire progressivement la fertilisation normalement utilisée. Bien que cette méthode de calcul puisse être utile, notons que plusieurs agriculteurs préfèrent utiliser une approche beaucoup plus empirique pour évaluer les besoins en fertilisation. Ils se basent sur des observations rigoureuses acquises au cours des ans, de petits essais de fertilisation réalisés sur leurs fermes et sur des notions agronomiques comme le bilan nutritif de la ferme, la rotation des cultures, le type de sol, etc. Cette approche s'est avérée tout à fait efficace pour plusieurs entreprises agricoles en permettant des réductions importantes d'engrais normalement utilisés, souvent plus importantes que ce qui avait été mathématiquement évalué.

ÉTAPE 1. ESTIMATION DE LA BIOMASSE DES ENGRAIS VERTS

On estime d'abord la biomasse foliaire sèche de l'engrais vert en kg/ha. Cela peut se faire de deux manières différentes :

1) En prélevant quelques échantillons dans des endroits représentatifs du champ à la fin octobre. On coupe l'engrais vert au ras du sol et on le pèse après l'avoir fait sécher. Si on obtient, par exemple, une biomasse sèche de 0,4 kg de moutarde blanche sur une surface de 1 mètre carré, on multiplie par 10 000 et on obtient une biomasse totale de 4 000 kg par hectare. On peut augmenter cette biomasse de 25 % pour tenir compte de la biomasse racinaire (consulter tableau 2). Dans notre exemple, la biomasse totale est de 5 000 kg/ha. C'est la méthode la plus précise.

2) En évaluant visuellement la biomasse, en se fiant sur notre expérience et en consultant la gamme des biomasses normalement obtenues au Québec (tableau 1). On peut ajouter la proportion de biomasse des racines pour avoir une idée plus juste de la biomasse totale de l'engrais vert (tableau 2).

ÉTAPE 2. ESTIMATION DU CONTENU EN ÉLÉMENTS NUTRITIFS DES ENGRAIS VERTS

On obtient le contenu en éléments nutritifs d'un engrais vert de deux manières différentes :

1) En effectuant une analyse des tissus en laboratoire. Si notre moutarde contient 2,5 % d'azote et qu'elle pèse

5 000 kg/ha, on obtient donc 125 kg/ha d'azote. C'est la méthode la plus précise.

2) En utilisant la mobilisation de N, P₂O₅ et K₂O dans 1 000 kg de matière sèche d'un engrais vert (tableau 1). Par exemple, dans ce tableau, on voit que 1 000 kg de moutarde contiennent environ 25 kg de N, 4 kg de P₂O₅ et 29 kg de K₂O. Si notre biomasse est de 5 000 kg, on multiplie par 5 les quantités précédentes. On obtient donc une mobilisation de 125 kg de N, 20 kg de P₂O₅ et 145 kg de K₂O par hectare.

ÉTAPE 3. ESTIMATION DE LA MISE EN DISPONIBILITÉ DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS POUR LA CULTURE SUIVANTE

On estime la fraction du contenu en éléments nutritifs de l'engrais vert qui sera libérée pour la culture suivante. En théorie, il suffit de prendre le résultat du calcul précédent et de le multiplier par le coefficient de minéralisation spécifique à chaque élément nutritif (tableau 3). Dans la pratique, ce résultat demeure une approximation grossière.

TABLEAU 3. Estimation de la mise en disponibilité des éléments nutritifs d'un engrais vert de moutarde de 5 000 kg/ha pour la culture de l'année suivante.

Élément	Contenu en éléments nutritifs de l'engrais vert (kg/ha) (étape 2)		Coefficients de minéralisation		Quantité d'éléments nutritifs disponibles (kg/ha)
N	125	multiplié par	0,5 à 0,7	=	62 à 80
P ₂ O ₅	20	multiplié par	0,5 à 0,8	=	10 à 16
K ₂ O	145	multiplié par	1	=	145

MISE EN DISPONIBILITÉ DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS L'AZOTE

La mise en disponibilité de l'élément azoté est la plus complexe à prévoir. Plusieurs facteurs influencent en effet le rythme de minéralisation de la matière organique qui permet de rendre disponible l'azote contenu dans l'engrais vert.

Le rapport C/N (carbone / azote) influence la remise en disponibilité de l'azote. L'engrais vert de légumineuse dont le rapport C/N est relativement bas (moins de 15/1) rendrait disponible son contenu azoté plus rapidement (Millette 1992). Les travaux de Mathers et Goss (1979) vont dans ce sens et ont permis d'établir une grille d'estimation (tableau 4) de la valeur fertilisante dans le temps d'un amendement organique (fumier, engrais vert). Bien que théorique, cette grille donne un aperçu intéressant de la dynamique de minéralisation d'une matière organique en fonction de son contenu azoté.

TABLEAU 4. Estimation de la disponibilité de l'azote d'un engrais vert en fonction de son contenu en azote.

% d'azote contenu dans l'engrais vert	1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Pourcentage d'azote disponible	20	30	40	50	60	70	80	90

Source : Adapté de Mathers & Goss, 1979.

TABLEAU 5. Mise en disponibilité de l'azote selon trois méthodes d'évaluation.

Méthode	Biomasse de l'engrais vert (kg M.S./ha)	Contenu azoté de l'engrais vert (%)	N libéré la 1 ^{ère} année (kg/ha)	N libéré années suivantes (kg/ha)
Mather & Goss	5000	4,0	160 (10% de l'azote résiduel de l'année précédente)	4
	5000	2,5	62 (10% de l'azote résiduel de l'année précédente)	6
Rivest	5000	4,0 45 mi-saison	110 début saison	45
	5000	2,5 45 mi-saison	35 début saison	45
Brunelle	5000	4,0	100	---
	5000	2,5	62	---

Sur une base similaire, Rivest (communication personnelle) utilise une approximation mathématique pour évaluer le taux de libération de l'azote d'un engrais vert dans le temps, à partir de son contenu azoté initial. Son calcul tient compte que:

1) l'azote excédant 1,8 % du contenu initial ne sera pas retenu par la biomasse microbienne (principalement bactérienne) qui est responsable de la décomposition rapide qui suit l'enfouissement de l'engrais vert. Cet azote sera donc rendu disponible très rapidement en début de minéralisation;

2) 0,9 % de l'azote total sera normalement retenu durant le processus de décomposition et rendu disponible seulement à moyen terme (les années suivantes). La différence devrait être libérée à l'intérieur de la première année, mais à un rythme plus lent (on ne peut s'y fier pour un départ de végétation).

Pour sa part, Brunelle (1995) estime d'une façon générale que 50 % de l'azote total sera rendu disponible dès la première saison. Il ne précise pas de rythme de disponibilité pour les années subséquentes.

Le tableau 5 résume la mise en disponibilité de l'azote d'après les trois méthodes décrites. Ces diverses méthodes d'estimation de la mise en disponibilité de l'azote semblent en gros s'équivaloir. Bien qu'elles demeurent théoriques, et que d'autres travaux les aient parfois contredites, elles offrent un aperçu de l'apport fertilisant à prévoir à la suite de l'enfouissement d'une biomasse verte.

LE PHOSPHORE

Approximativement 50 à 80 % du phosphore mobilisé par l'engrais vert pourrait être rendu disponible dès la première année. La disponibilité de cet élément dépend toutefois de plusieurs facteurs propres au sol : état calcique, structure et aération, activité biologique, etc.

LE POTASSIUM

La littérature semble être unanime sur l'élément potassium. On peut prévoir que l'ensemble du potassium mobilisé par la culture sera rendu disponible dès les premières semaines suivant le début du processus de décomposition de la matière organique. Cette mise en disponibilité est d'ailleurs tellement rapide qu'elle peut entraîner des pertes par lessivage dans des sols à faible capacité de fixation, si des précautions ne sont pas prises pour s'assurer la présence d'une culture capable d'utiliser rapidement cette potasse libérée. Précisons que le potassium mobilisé par l'engrais vert provient de la réserve du sol (et non pas de nouveau potassium ajouté au système).

5. ENGRAIS VERT EN DÉROBÉE

La culture d'engrais vert en dérobée est implantée avant ou après une culture principale.

Il est possible de semer un engrais vert en dérobée après une culture récoltée relativement tôt dans la saison, ou

avant une culture semée tardivement.

Il est également possible de l'implanter après l'enfouissement d'une prairie de foin, lorsque celle-ci est détruite assez tôt en août, après une ou deux coupes de foin.

Ce mode d'implantation est particulièrement intéressant comme couvre-sol d'automne. L'engrais vert protège le sol contre l'érosion et limite la perte par lessivage d'éléments nutritifs de fin de saison, principalement l'azote et le potassium. Il stimule aussi l'activité microbienne des sols. La culture dérobée permet ainsi de maintenir, voire même d'accentuer la fertilité des sols par une intensification du cycle nutritif. Elle limite enfin les possibilités d'expansion de certaines espèces de mauvaises herbes en fin de saison.

5.1 CHOIX DES ESPÈCES

Plusieurs espèces peuvent être cultivées en culture dérobée dans nos conditions québécoises. Le tableau 1 détaille plusieurs caractéristiques et usages des espèces d'engrais verts les plus communément employées au Québec. Voici une brève description de quelques-unes d'entre elles :

5.2 LES CRUCIFÈRES (MOUTARDES, RADIS, COLZA, ETC.)

Les crucifères s'avèrent un excellent choix si le semis peut se faire avant le 20-25 août. Les moutardes, les radis et le colza s'avèrent les espèces les plus intéressantes. Elles sont très vigoureuses une fois implantées, elles assurent une forte biomasse en peu de temps et elles contribuent à diminuer la pression de mauvaises herbes pour l'année suivante.

Les crucifères profitent bien sur des terres fertiles, mais mal sur les terrains mal drainés. Elles permettent de diversifier les espèces normalement retrouvées dans la rotation d'une ferme laitière et de grandes cultures (graminées et légumineuses).

En raison de leur fortes biomasses, les crucifères tendent à mobiliser une quantité importante d'éléments nutritifs du sol, dont une partie pourra provenir de la fraction soluble des fumiers. Ceux-ci pourront être appliqués avant le semis lors de la préparation de sol, ou pendant la jachère s'il y a lieu.

Les crucifères ont une bonne capacité de croissance en fin de saison, en climat frais. Enfin, leur coût d'implantation est relativement peu élevé. Elles peuvent avantageusement se cultiver en mélange parce qu'elles ont des systèmes racinaires différents (moutarde-radis, moutarde-radis-colza, etc.)

Une mention importante s'impose pour les fermes



maraiçhères: les engrais verts de crucifères peuvent être affectés par certaines maladies (hernie des crucifères et nervation noire) et par certains prédateurs (mouche du chou et altises). Il est donc préférable de ne pas les implanter dans les champs où l'on prévoit une culture de crucifère sensible à ces maladies et à ces insectes. Notons toutefois que ce problème phytosanitaire est improbable sur les fermes où on ne cultive pas ou peu de crucifères (fermes laitières par exemple).

TABLEAU 6. Comparaison de variétés de moutarde blanche.

Variété	Dose de semis (kg/ha)	Biomasse aérienne en octobre (kg/ha)
Gisilba	15	2 555
Santa Fe	15	2 260
Ascot	15	2 381
Carla	15	2 258

Moyenne de 2 années d'essais sur 8 sites.
Source : EnviroSol (1996)

5.3 GRAMINÉES

L'avoine et le seigle représentent de bons choix si elles sont semées avant le premier septembre. Après le 10 septembre, on préférera le seigle semé à 150 kg/ha. Le seigle s'implante très rapidement malgré des températures fraîches et il peut aisément supporter les premières gelées d'automne. Bon an mal an, 4 à 6 semaines de croissance (entre le 10 septembre et le 25 octobre) suffisent pour assurer un établissement adéquat. En semant si tardivement, il faut bien comprendre qu'on ne vise pas une biomasse de 4 tonnes de matière sèche à l'hectare, mais plutôt de 1 à 2 tonnes. L'intérêt des graminées repose sur un ratio de biomasse aérienne / biomasse racinaire relativement élevé en début de végétation.

Ainsi, la biomasse racinaire produit un effet bénéfique sur le sol, malgré une biomasse foliaire relativement faible. Le système racinaire extrêmement ramifié permet une structuration et une agrégation rapide des premiers centimètres de sol, assurant une protection hivernale et des gains sur la fertilité du sol. L'avoine est aussi un bon choix si elle est semée autour du 1er septembre.

Sur les retours de céréales, les semis de crucifères sont pratiquement inutiles si on effectue un passage d'outil aratoire le plus tôt possible après la récolte (roulettes, cultivateur, etc.). Le travail du sol distribue uniformément les rejets de battage qui formeront une bonne couverture de sol à l'automne. Si on ne travaille pas le sol, la repousse est peu vigoureuse et concentrée presque uniquement vis-à-vis les andains de la batteuse.

Sil y a lieu, l'épandage de fumier ou de lisier devrait être effectué avant le travail de sol. Des repousses importantes sur les retours de colza et de sarrasin sont également régulièrement observées.



Engrais vert de moutarde semé le 18 août.
Photo prise en mi-octobre.



Le système racinaire de ce seigle semé en septembre procure une excellente protection du sol.



Engrais vert de seigle d'automne semé après le 10 septembre. Malgré sa faible biomasse, cet engrais vert exercera un effet positif sur la fertilité du sol.

5.4 MÉLANGE GRAMINÉES - CRUCIFÈRES

Sur un retour de céréale où on utilise les rejets de la batteuse comme engrais verts, certains agriculteurs préfèrent maintenir le semis d'une crucifère. La dose de semis est alors réduite de moitié (4-5 kg/ha de colza, par exemple). Un mélange graminées-crucifères peut s'avérer intéressant s'il est semé entre le 10 et le 30 août. La céréale apparaît très rapidement alors que la crucifère s'implante surtout à la fin de septembre et en octobre. La présence d'une crucifère permet un recouvrement adéquat dans les zones où la céréale est moins présente. Cette pratique assure ainsi la présence uniforme d'une biomasse végétale sur l'ensemble de la surface du champ. Dans des conditions où les battages sont faits tardivement (fin août - début septembre) il vaut mieux se fier sur la simple repousse des rejets de la batteuse, en encourageant le plus possible une germination rapide.

Le mélange graminées-crucifères peut être utilisé en dérobée même s'il ne suit pas une céréale. Il s'implante rapidement et assure une biomasse très importante. L'avoine ou le seigle accompagnent bien la moutarde, le radis et/ou le colza. Des mélanges complexes peuvent être retenus.

5.5 SARRASIN

Le sarrasin est un bon choix si le semis est fait avant le 10 août. Son implantation est très rapide. Le sarrasin semble également exercer un impact positif sur la fertilité des sols. Toutefois, il est facilement détruit par le premier gel de septembre.

5.6 MÉLANGE SARRASIN - CRUCIFÈRES - GRAMINÉES

Il est possible d'ajouter au sarrasin une crucifère afin de prolonger la croissance végétative de la culture lorsque le sarrasin meurt au premier gel de septembre. Le sar-

rasin domine la crucifère jusqu'au premier gel de septembre et la crucifère prend la relève par la suite. Le sarrasin peut aussi être associé à une ou plusieurs espèces de céréales, en combinaison ou non avec des crucifères.

5.7 LÉGUMINEUSES

Les légumineuses sont la plupart du temps intégrées à la rotation en cultures intercalaires. Toutefois, certaines légumineuses à croissance rapide (trèfle incarnat, pois, féverole, vesces) peuvent être semées après une récolte hâtive, fin juillet ou début août. Elles peuvent alors bien se développer et assurer une fixation d'azote symbiotique importante. Les simples rejets de la récolte permettent une couverture adéquate du sol pour certaines cultures, en particulier le pois. Il est préférable d'inoculer les légumineuses avec l'inoculant bactérien approprié.

Pour les semis en dérobée, les légumineuses sont fréquemment utilisées en mélange avec d'autres espèces, en particulier les graminées. Celles-ci épongent les reliquats d'azote présents dans la solution du sol et encouragent ainsi la fixation symbiotique par la légumineuse. Les graminées assurent une biomasse répartie de façon plus uniforme sur la parcelle et potentiellement plus importante. L'utilisation d'un mélange a aussi l'avantage de diminuer le coût du semis, les semences de certaines légumineuses étant parfois relativement dispendieuses.

5.8 MÉLANGE DE RESTES DE SEMENCES

L'utilisation en mélange de restants de semences est un moyen simple, pratique et peu dispendieux d'établir des engrais verts en dérobée. On peut mélanger des restes de graminées, de légumineuses, de crucifères, etc. La diversité du mélange assure généralement une bonne implantation de l'engrais vert.

5.9 MÉLANGE POUR FOURRAGE D'APPOINT

Pour combler des besoins en fourrage, on peut relever une prairie dégradée, dès la première coupe de foin récoltée, dans le but d'implanter un engrais vert qui pourra au besoin servir de fourrage d'appoint. Cet engrais vert donnera probablement plus de rendement que la deuxième coupe de foin d'une prairie dégradée. Récolté tôt à la mi-septembre, une repousse est possible et pourra être enfouie.

Le semis d'un mélange d'espèces entre le début juillet et le début août peut permettre une récolte abondante de fourrage vers la mi-septembre ou le début octobre. Un mélange d'avoine, de blé ou de triticale (100 kg/ha), de pois (50 kg/ha) et de ray-grass annuel (15 kg/ha) donne un bon rendement et possède une valeur alimentaire satisfaisante. D'autres mélanges sont possibles.

5.10 SEMIS DES ENGRAIS VERTS EN DÉROBÉE

Deux facteurs sont cruciaux pour la réussite de l'implantation de la culture d'engrais vert en dérobée :

- 1) la présence d'humidité suffisante dès le semis;



2) la gestion des mauvaises herbes en début d'implantation.

Une humidité suffisante encourage une germination rapide de la semence d'engrais verts, ce qui favorise une croissance optimale. Il ne sera pas toujours facile d'implanter un engrais vert en plein milieu de l'été, à cause de l'insuffisance de précipitations. Il vaut d'ailleurs mieux retarder de quelques jours un semis jusqu'à ce qu'une pluie puisse assurer un établissement rapide de la culture.

Il est très important de bien nettoyer le sol des mauvaises herbes avant de semer les engrais verts. Autrement, les mauvaises herbes peuvent entraver sérieusement l'établissement de la culture désirée.

5.10.1 PRÉPARATION DU LIT DE SEMENCES SUR UN RETOUR DE CÉRÉALES OU DE CULTURES SARCLÉES

Il est très souvent préférable d'intervenir mécaniquement après la récolte d'une culture sarclée ou d'une céréale pour détruire les mauvaises herbes pouvant nuire à l'implantation de l'engrais vert. Un simple passage d'une machinerie à dents ou à disques permet de détruire la végétation existante tout en incorporant les résidus de la culture. Comme il a été mentionné précédemment, cette pratique a aussi l'avantage de répartir plus uniformément les rejets de semence laissés lors de la récolte. Enfin, elle donne des conditions favorables pour la germination de la culture d'engrais vert.

5.10.2 PRÉPARATION DU LIT DE SEMENCES SUR UN RETOUR DE PRAIRIE

L'implantation d'un engrais vert sur un retour de prairie exige une destruction adéquate de la végétation en place. Cette pratique demandera fréquemment de sacrifier une coupe de foin, alors que la prairie sera incorporée aussitôt la deuxième coupe récoltée, vers la fin juillet.

Dans les situations où le chiendent est peu présent, la charrue demeure un outil fort efficace pour enfouir une prairie. Combinée à un passage de finition (herse à roulettes ou cultivateur), cette pratique permet de former rapidement un lit de semence adéquat pour l'engrais vert. Le semis peut très bien s'effectuer sur un sol encore relativement moite et parsemé de résidus de l'ancienne prairie. L'humidité maintenue sous la végétation de l'engrais vert durant les mois de septembre et d'octobre aura tôt fait de dégrader les résidus laissés en surface. Le printemps suivant, peu de ces mottes devraient embêter le semis de la culture principale.

Dans les prairies où le chiendent est davantage présent, il faut s'assurer de le détruire complètement avant d'implanter l'engrais vert. Si on ne fait pas usage d'herbi-

cides, on doit effectuer une jachère entre la mi-juillet et la mi-août. Plus la population de chiendent sera importante dans la parcelle, plus la prairie devra être relevée tôt pour s'assurer d'une période assez longue en jachère. Lorsque la présence du chiendent est très importante, il est parfois avantageux de débiter la jachère dès la première coupe récoltée.

5.10.3 LES SEMOIRS

Plusieurs types de semoirs peuvent être utilisés pour planter les engrais verts en dérobée.

Le semoir de type «Brillion» est populaire pour les semis d'espèces dont la semence est de petite dimension (trèfle, moutarde, colza, ray-grass). Avec cet outil, il est facile d'ajuster avec précision une faible dose de semis. Ce type de semoir permet aussi de rouler la surface semée, ce qui est avantageux lors de saisons plutôt sèches.

Le semoir à céréales équipé d'une boîte à petites graines est également un excellent outil pour effectuer le semis d'un engrais vert. Ce type de semoir permet de semer les espèces à plus gros grain (céréales, radis, féverole).

Les semoirs à semis direct sont polyvalents et représentent une option.

Une autre option consiste à employer l'épandeur à engrais chimique («boggie»). Le chargement et l'épandage d'un large volume de semences se fait rapidement (5 hectares/heure). Ce type d'appareil est surtout utilisé pour les engrais verts à semences relativement grosses (exemple : radis, sarrasin, céréales, pois).

L'utilisation d'un semoir à la volée installé sur le tracteur permet le semis de la culture en même temps que le passage d'un outil de travail de sol.

5.10.4 PROFONDEUR DES SEMIS

Le tableau 1 indique les profondeurs de semis appropriées selon les espèces.

5.11 FERTILISATION ET AMENDEMENT CALCAIRE

Sur les sols fertiles et en régie intensive, une fertilisation spécifique à l'engrais vert n'est pas essentielle. La simple mobilisation des éléments excédentaires dans le système de production, provenant de la dynamique de sol et des apports de fertilisants (reliquats), permet une croissance suffisante de la culture.

Si des apports de fumier ou de lisier doivent être effectués sur la parcelle en prévision de la culture suivante, l'épandage avant le semis permet une excellente utilisation par l'engrais vert de la fraction minérale rapidement mise en disponibilité.

La culture d'engrais vert ne doit toutefois pas justifier des utilisations excessives de fumier ou de lisier (plus de 100 à 150 unités d'azote/ha). Les crucifères et la plupart des graminées sont parmi les espèces les plus intéressantes pour recycler des apports de fumier de ferme, particulièrement à la fin de l'été, après une culture principale. Elles s'établissent rapidement et ont une croissance vigoureuse, ce qui permet un bon recyclage des fumiers et des lisiers.

Les sols peu fertiles permettent généralement une croissance végétative limitée de l'engrais vert. On aura alors avantage à fertiliser avant de semer l'engrais vert. Si on dispose de fumier frais, de purin, de lisier ou de compost, il est préférable de «le donner» à un engrais vert exigeant avant son implantation. Cette pratique, tout en assurant un meilleur développement de l'engrais vert, permettra une utilisation efficace de l'engrais de ferme, limitant ainsi son lessivage. En l'absence d'engrais organiques (fermes maraîchères ou de grandes cultures), il vaut mieux utiliser des engrais verts de légumineuses qui sont plus autonomes par rapport à l'azote.

Dans la pratique, le semis d'un engrais vert est un moment propice pour chauler le sol. La croissance et l'enfouissement d'un engrais vert tend en effet à augmenter le potentiel d'acidité du sol. Cela a pour effet d'accentuer le phénomène de désaturation en ions calcium et d'entraîner une acidification éventuelle du sol. Comme la majorité des sols du Québec sont sensibles à la décalcification, il vaut mieux chauler adéquatement lorsqu'on plante un engrais vert. Les paramètres d'évaluation de l'état calcique permettent de préciser les besoins en chaux selon chaque situation.

6. CULTURES INTERCALAIRES

La culture intercalaire est une pratique extrêmement intéressante mais elle demande plus de soins que la culture d'un engrais vert en dérobée.

De façon générale, on sème une culture intercalaire sous la culture principale dans le but de mieux utiliser l'espace en production et d'assurer une couverture constante du sol, même après la récolte.

Plus précisément, la culture intercalaire offre les avantages suivants :

- elle permet l'utilisation d'espèces de légumineuses qui ne seraient pas faciles à planter en culture dérobée, assurant ainsi une fixation d'azote symbiotique dans le système;
- elle ne nécessite aucune préparation de sol supplémentaire;
- Elle s'intègre bien dans les rotations qui ne permet-



Le semis d'un engrais vert en dérobée est souvent un moment propice pour chauler le sol.

tent pas l'établissement d'engrais vert en dérobée (maïs, soya, etc.);

- elle offre une bonne couverture de sol en fin de saison et par le fait même une meilleure capacité de support pour la machinerie.

Il est important de permettre une période de croissance suffisante, sous la culture principale ou après la récolte, afin d'assurer un bon développement racinaire et végétatif de la culture intercalaire. Toutefois, la culture intercalaire ne doit nuire ni à la croissance ni à la récolte de la culture principale qui lui est associée. Tout cela demande donc de l'attention et du raffinement.

6.1 CÉRÉALES DE PRINTEMPS

Les agriculteurs utilisent depuis longtemps la technique de la culture intercalaire sous les céréales pour planter les prairies de foin (luzernière, etc.). La céréale sert alors de plante-abri pour le mélange fourrager.

Cette même pratique peut permettre l'implantation d'une culture d'engrais vert en vue d'un enfouissement en fin de saison. L'intérêt de cette pratique réside dans l'apport d'azote symbiotique de la légumineuse dans la rotation, dans l'amélioration des conditions de sol, dans l'enfouissement d'une matière organique jeune et dans la couverture du sol en automne après la récolte et durant l'hiver.

Le trèfle rouge demeure l'espèce la plus populaire. Il est peu dispendieux, il nuit peu à la céréale et il possède une croissance relativement importante à l'automne. On le sème souvent à une dose relativement faible, soit de 4 à 6 kg/ha, en même temps que la céréale. Il s'établit généralement bien, la croissance rapide de la céréale au printemps le protégeant de la concurrence des mauvaises herbes annuelles. La plus grande partie de la crois-



sance du trèfle rouge s'effectuera après la récolte, en septembre et en octobre. Le succès de cette pratique est évidemment variable selon les saisons de croissance, particulièrement en ce qui a trait à la pluviométrie durant les premières semaines d'établissement.

Certaines espèces annuelles de légumineuses conviennent particulièrement bien au système de travail minimum de sol. Elles sont détruites lors de l'hiver, sans exiger une destruction chimique le printemps venu. Bien que plus dispendieux que le trèfle rouge, les trèfles annuels (incarnat et persan) sont de bons choix en raison de leur croissance vigoureuse.

L'implantation de la culture associée étant prévue pour l'enfouissement à la fin de la saison ou le printemps suivant, il n'y a pas lieu de réduire la dose de semis de la céréale. Celle-ci demeure la principale culture à récolter et sur laquelle repose la rentabilité.

TABLEAU 7. Choix de cultures intercalaires dans les céréales de printemps.

Espèce	Dose de semis (kg/ha)	Biomasse aérienne en octobre (kg/ha)
Trèfle rouge 1 coupe	6	1 500 à 4 000
Trèfle 2 coupes	6 à 8	1 500 à 4 000
Trèfle incarnat	15	1 500 à 3 000
Mélicot jaune	15	1 500 à 3 000
Vesce velue	25	1 500 à 3 000

Toutes ces intercalaires ont été semées en même temps que les céréales, sauf la vesce velue qui a été semée 35 jours après le semis.
Sources : Brunelle (1995), Jobin et Douville (1993).

6.2 CÉRÉALES D'AUTOMNE

Il peut être avantageux d'implanter au printemps une culture intercalaire dans une céréale d'automne. Cela permet de combler les manques d'uniformité de la repousse de la céréale, tout en assurant l'implantation d'une culture d'engrais vert associée.

Le vasage tôt au printemps donne de bons résultats. On peut aussi semer l'intercalaire lors d'un sarclage en début de végétation (4 feuilles). La récolte hâtive de la céréale assure une longue période de développement végétatif pour la culture intercalaire.

On peut utiliser les espèces suivantes : le trèfle rouge à 8 kg/ha, le trèfle incarnat à 15 kg/ha et la vesce velue à 30 kg/ha. Pour les mêmes raisons que sous une céréale de printemps, le choix de l'espèce intercalaire sera fait en fonction du système cultural et des méthodes de semis utilisées.



Culture intercalaire de trèfle sous une avoine.

6.3 MAÏS-GRAIN ET MAÏS-ENSILAGE

On peut associer une culture intercalaire au maïs de deux manières différentes :

- 1) en semant l'intercalaire à la mi-saison (fin juin/début juillet);
- 2) en semant l'intercalaire en début de saison (lors du semis).

6.3.1 CULTURE INTERCALAIRE DE MI-SAISON DANS LE MAÏS

Cette technique associe une culture intercalaire à la culture du maïs à partir de la fin juin ou du début de juillet. L'engrais vert croît jusque tard en automne et est détruit par le gel ou par un travail du sol.

La technique vise surtout à introduire de l'azote dans le système, à recycler les éléments nutritifs et à diversifier les systèmes de cultures spécialisées (monoculture ou bicultures). Elle est donc surtout utile sur les fermes de grandes cultures où les sources d'azote sont généralement peu variées (autrement que l'azote acheté du commerce) et où la diversité de la rotation est faible. La technique permet aussi de lutter contre l'implantation des mauvaises herbes d'automne et d'assurer une couverture végétale. On peut l'utiliser avec toutes les méthodes de travail du sol.

En raison de la courte saison qui prévaut au Québec, cette pratique a donné des résultats variables au cours des dernières années. Elle ne s'avère profitable que si on réunit simultanément un ensemble de facteurs. On peut alors s'attendre à une biomasse d'engrais verts dépassant 1500 kg/ha de matière sèche. Comme la majorité de la croissance de l'intercalaire se fait en septembre et en octobre, le maïs ne subit pas de perte de rendement.

Les conditions de réussite de cette technique sont les suivantes :

1. Semer un cultivar de maïs court ou semer le maïs en bandes alternées avec du soya et/ou une céréale (tableau 8);
2. Assurer un bon contrôle des mauvaises herbes avant le semis de l'intercalaire;
3. Semer un mélange vigoureux de graminée(s)-légumineuse(s) (tableau 9);
4. Semer le mélange en même temps que le dernier sarclage. Viser un semis hâtif (bon an mal an entre le 24 juin et le 5 juillet), lorsque le maïs a atteint environ 8 feuilles.

TABLEAU 8. Exemples de cultivars de maïs-grain adaptés aux cultures intercalaires de mi-saison.

Compagnie	Hybride	Unités thermiques maïs
Pioneer	3967	2250
Dekalb	306	2450
Pride	123	2500
Pride	124	2550
Pride	127	2550
Pride	129	2550
Pioneer	3917	2650
Pride	210	2650

Sources : Ferme Martin et Brunelle, Ferme Monlou.

TABLEAU 9. Choix de cultures intercalaires de mi-saison dans le maïs-grain.

Espèce(s)	Dose de semis (kg/ha)	Biomasse aérienne intercalaire en octobre (kg/ha)
Ray-grass/trèfle incarnat	10-10	1 500 à 2 500
Ray-grass/métilot	10-10	1 500 à 2 000
Ray-grass/trèfle rouge	10-10	1 500 à 2 000

Les intercalaires ne causent pas de réduction de rendement du maïs si elles sont implantées à la fin de juin ou après cette date. Le ray-grass peut être remplacé par un seigle d'automne semé à 50-80 kg/ha. Le trèfle persan peut remplacer le trèfle incarnat (6 kg/ha). Source : Centre de développement d'agrobiologie (1996).

6.3.2 CULTURE INTERCALAIRE DE DÉBUT DE SAISON DANS LE MAÏS

La technique consiste à associer un engrais vert à croissance rapide (une céréale de printemps, par exemple) pendant les premières semaines de croissance du maïs. Cette pratique est plus délicate en raison des risques de nuisance à la culture principale. Pour éviter toute compétition avec le maïs, la culture intercalaire est maintenue sur une mince bande dans les entre-rangs et est détruite par sarclage mécanique environ 40 jours après le semis.

Cette pratique vise avant tout une stimulation de la fertilité du sol dans les systèmes culturaux à forte présence de maïs au sein de la rotation. La culture intercalaire a aussi pour but de mobiliser les engrais, en particulier l'azote, apportés massivement au printemps, alors que le maïs n'est pas apte à mobiliser de telles quantités. L'azote immobilisé est progressivement relâché lors de la destruction de l'intercalaire au moment où le maïs est en phase de croissance active. L'incorporation de matière organique très jeune (rapport C/N de moins de 15/1) active la dynamique du sol.

La culture intercalaire de début de saison dans le maïs est une technique avancée et relativement nouvelle qui s'avère prometteuse sur les fermes de grandes cultures. Lorsque le développement de la culture intercalaire est gardé sous contrôle, celle-ci ne nuit en rien à la croissance du maïs et au rendement.

Les conditions de réussite de cette technique sont les suivantes :

1. Il est essentiel de semer la culture intercalaire sur une bande d'environ 20 à 35 centimètres au milieu du rang. Le semis à pleine largeur cause des pertes de rendement. La concentration du semis dans les entre-rangs facilite aussi la destruction mécanique de l'intercalaire. La hauteur de l'hybride de maïs n'a pas d'importance pour la réussite de cette technique.
2. Semer des céréales de printemps ou du sarrasin. Un mélange de céréales de printemps et de sarrasin (avoine-orge-blé-sarrasin) a donné d'excellents résultats. L'avoine s'avère plus vigoureuse que les autres céréales de printemps. Il faut donc bien évaluer le moment de sa destruction. Le seigle d'automne est un autre bon choix, mais sa destruction est plus difficile, bien que les essais avec cette espèce n'aient pas dénoté de nuisance au rendement. Il faut utiliser un semoir assez précis pour concentrer la zone de semis sur une mince bande dans les entre-rangs. Un semoir de type Gandhi installé sur le planteur à maïs a donné de bons résultats. Le semis de l'intercalaire se fait en même temps que le semis du maïs.





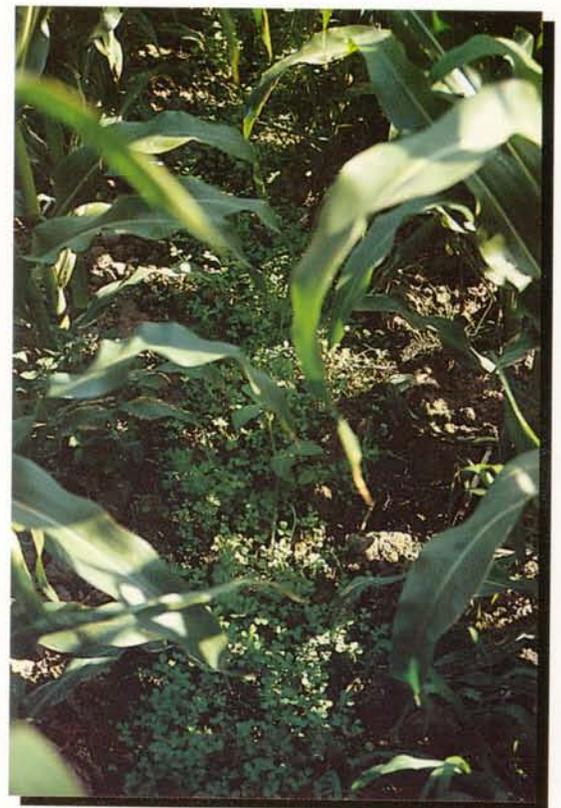
Semis des cultures intercalaires de mi-saison dans le maïs-grain avec des boîtes Gandhi installées sur le sarcloir. Le semis des intercalaires se fait en même temps que le dernier sarclage.



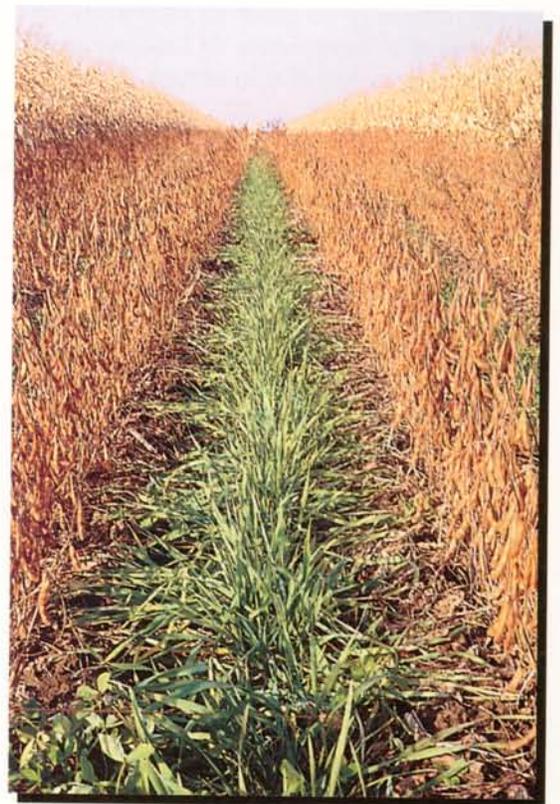
Culture intercalaire de ray-grass, de trèfle incarnat et de vesce velue après la récolte du maïs-grain. La plus grande partie de la croissance de ce mélange semé le 4 juillet s'est faite en septembre et en octobre.



Culture intercalaire de seigle d'automne implantée lors du semis du maïs-grain. Elle sera détruite 40 jours environ après le semis par le passage d'un sarcloir à pattes d'oie.



Culture intercalaire de mélilot semée en fin juin dans le maïs-grain à 10 kg/ha. Photo prise en début septembre.



La culture intercalaire dans le soya est envisageable mais nécessite encore de la mise au point en conditions québécoises. La biomasse verte peut nuire lors de la récolte. Une batteuse équipée de nez à soya facilite l'implantation de cette technique.

TABLEAU 10. Choix de cultures intercalaires de début de saison dans le maïs-grain.

Espèce(s)	Dose de semis (kg/ha)	Biomasse aérienne intercalaire en fin juin (kg/ha)
Seigle d'automne	60	905
Avoine	60	960
Avoine-sarrasin	35-15	660

Le semis des cultures intercalaires se fait sur une bande de 20 à 35 centimètres dans les entre-rangs en même temps que le maïs. La dose réelle de semis dans les entre-rangs doit donc être multipliée par 3,8 ou 2,2 selon la largeur de semis. Les intercalaires ne causent pas de réduction de rendement du maïs si elles sont concentrées sur une mince bande entre les rangs et qu'elles sont détruites environ 40 jours après le semis. Source : Jobin (1995).

3. L'intercalaire est détruite 40 jours environ après le semis à l'aide d'un ou deux passages de sarcloir (intervalle de quelques jours entre les deux passages). La biomasse de l'intercalaire est alors importante : elle peut couvrir environ 35 à 50 centimètres de largeur et sa hauteur peut atteindre environ 40 centimètres. Le sarcloir utilisé détermine en grande partie la période de croissance allouée à l'intercalaire avant sa destruction et le nombre de passages nécessaires.

6.4 SOYA ET HARICOT SEC

À l'heure actuelle, les cultures intercalaires ne sont pratiquement pas utilisées au Québec dans le soya et le haricot sec. Une mise au point est nécessaire afin d'obtenir une croissance intéressante de l'intercalaire sans qu'elle ne nuise à la culture et à la récolte.

Il est essentiel de choisir une espèce à développement très bas lorsqu'on sème la culture intercalaire lors du dernier sarclage (trèfle blanc Huia). Plus facilement, on peut envisager de semer une céréale lorsque le jaunissement du feuillage de ces cultures est bien amorcé (mi-août, fin août). Le semis peut se faire à la volée. Le tracteur est équipé de protecteurs devant les roues pour éviter d'endommager les plants de la culture, lorsque celle-ci est cultivée en rangs. Le semis par avion, lorsque la situation le permet, a donné des résultats intéressants. Une céréale d'automne pourra, si elle résiste bien à l'hiver, être récoltée la saison suivante. Sinon, elle sera simplement incorporée, après avoir assuré les avantages de l'engrais vert dans la rotation.

6.5 CULTURES MARAÎCHÈRES

Pour les cultures maraîchères, toute une gamme de stratégies d'intégration des cultures intercalaires peut être envisagée.

Règle générale, on suggère de semer les cultures intercalaires de 4 à 5 semaines après le semis des cultures légumières. Dans chaque cas, il faut toutefois s'assurer de faire une mise au point méticuleuse afin de ne pas nuire à la culture principale.



Culture intercalaire de ray-grass et de trèfle incarnat semée au dernier sarclage dans le maïs-sucré. Photo prise en octobre.

Dans le maïs sucré, on peut planter les engrais verts en culture dérobée ou comme culture intercalaire sans subir de perte de rendement. On peut préférer la culture en dérobée pour les variétés hâtives. Avec les variétés tardives, les cultures intercalaires représentent une bonne option. Les intercalaires ont alors plus de temps pour se développer sous le maïs et résistent mieux au piétinement lors de la récolte (machinerie et cueilleurs).

La croissance des cultures intercalaires dans le maïs sucré varie de bonne à excellente lorsque le semis a été bien exécuté (tableau 11). La longue saison de croissance après la récolte du maïs sucré permet le développement d'une biomasse végétative importante jusque tard en fin de saison. Le semis se fait de la même manière que pour le maïs-grain : lors du dernier sarclage lorsque la culture a environ 40 centimètres de hauteur.

Pour les cultures de crucifères (chou, brocoli, chou-fleur), plusieurs choix sont possibles. Afin de limiter les risques de propagation de problèmes phytosanitaires, on évitera tout d'abord les engrais verts de crucifères, comme la moutarde et le radis. Le seigle, le ray-grass, les vesces ou un trèfle blanc nain peuvent convenir selon les situations. Le mélilot jaune peut être particulièrement avantageux en

TABLEAU 11. Choix de cultures intercalaires de mi-saison dans le maïs sucré.

Espèce(s)	Dose de semis (kg/ha)	Biomasse aérienne et racinaire en octobre (kg/ha)
Ray-grass/trèfle incarnat	10-10	4 000 à 5 000
Ray-grass/vesce velue/mélilot	8-10-8	4 000 à 5 000
Vesce velue	30	3 000 à 4 000
Trèfle rouge	15	3 000 à 4 000

Les intercalaires ne causent pas de réduction de rendement du maïs si elles sont implantées à la fin de juin ou après cette date. Source : Jobin et Douville (1995).





association avec les cultures de crucifères. C'est une légumineuse bisannuelle qui forme une rosette la première année, mais dont la croissance est très importante au printemps suivant (jusqu'à 2 mètres de hauteur en juin). Cela permet l'incorporation d'une biomasse importante. On peut le détruire la seconde année, à la fin de mai, en vue d'un semis tardif au début de juin. Son développement racinaire tout à fait remarquable, avec une racine pivotante telle la luzerne, mais aussi quelques racines latérales très fortes, assure sans doute des effets positifs sur les sols.

Il existe plusieurs autres possibilités pour les systèmes maraîchers. Un trèfle blanc peut, par exemple, être implanté dans l'oignon ou la betterave.

6.6 LE SEMIS

6.6.1 PRÉPARATION DU LIT DE SEMENCES

L'implantation d'une culture intercalaire n'exige aucun travail supplémentaire du sol. Il faut cependant s'assurer de la présence d'une humidité suffisante pour les semences et de l'absence d'une compétition par les mauvaises herbes. Le semis de la culture intercalaire dans un sol très dur est également déconseillé. Dans la majorité des cas, le brassage du sol lors du sarclage permet de créer des conditions favorables à l'établissement des intercalaires.

6.6.2 LES SEMOIRS

Le semoir à céréale équipé d'une boîte à petites graines est un outil classique et efficace pour établir une culture associée semée en même temps qu'une céréale. Il est aussi utilisable pour le semis de légumineuses dans des cultures de maïs-grain si les superficies sont limitées. Il faut alors s'assurer que les roues tracent bien dans les entre-rangs et que les disques qui pourraient endommager un rang de maïs soient soulevés.

Dans les cultures sarclées, les meilleurs résultats sont obtenus avec des semoirs installés sur le sarcloir. Les semences sont déversées dans les entre-rangs en arrière des socs du sarcloir. Le brassage du sol permet d'enfouir superficiellement les semences et de créer un milieu meuble propice à la germination. Ces semoirs se calibrent très facilement. De bons résultats sont obtenus avec le semoir de marque Gandhi qui est muni de tuyaux et de dévidoirs. Des vieux semoirs tout usage sans tuyaux peuvent aussi donner d'excellents résultats à un prix de revient très bas.

Les semoirs à la volée installés sur le tracteur donnent des résultats acceptables, même s'ils sont plus difficiles à calibrer. Il faut s'assurer que les plants de la culture ne soient pas trop longs, ce qui empêcherait une distribution uniforme des semences.

L'utilisation de l'avion pour des semis sous couverture en fin de saison s'avère efficace et finalement peu dis-

pendieuse. C'est une technique très peu répandue chez les agriculteurs.

6.7 FERTILISATION ET AMENDEMENT CALCAIRE

Aucune fertilisation ou chaulage n'est appliqué lors du semis de la culture intercalaire, ces opérations ayant été réalisées avant l'implantation de la culture, au besoin.

7. L'ENGRAIS VERT EN CULTURE PRINCIPALE

La culture d'un engrais vert pendant toute une saison de croissance peut être justifiable pour préparer le sol de certaines cultures payantes, comme les cultures fruitières et légumières, ainsi que les pommes de terre. Cette pratique ne trouve généralement pas sa place sur les fermes laitières et de grandes cultures.

Plusieurs espèces de graminées peuvent être employées : le ray-grass, le seigle d'automne, le millet japonais et le sorgho. Il peut être avantageux de faucher une ou deux fois ces espèces.

Des légumineuses annuelles sont avantageuses en raison de la fixation d'azote symbiotique qu'elles apportent dans le système. Le mélilot, la féverole, le pois ou les vesces représentent de bons choix. On peut aussi les mélanger avec des graminées.

Le sarrasin peut être semé en juin ou juillet. On peut le faire suivre d'un autre engrais vert, comme une crucifère ou une graminée. Il faut veiller à ne pas laisser l'engrais vert aller à la graine car la repousse pourrait nuire à la culture suivante.

8. L'INCORPORATION AU SOL DES ENGRAIS VERTS

La décision d'enfouir ou non une culture d'engrais vert repose sur un ensemble de facteurs propres à chaque situation.

8.1 LE NON-ENFOUISSEMENT

Les espèces annuelles fréquemment utilisées comme engrais verts ont l'avantage d'être détruites durant l'automne ou l'hiver. On pense ici aux céréales de printemps, au trèfle incarnat, au pois, à la moutarde, au radis, au colza, au sarrasin, etc.

Selon les systèmes de production, il peut être souvent avantageux de laisser mourir l'engrais vert au champ durant l'hiver et d'enfouir seulement au printemps, lors des travaux de préparation de semis. On profite ainsi de la couverture de sol durant la saison hivernale. Cette pratique s'avère particulièrement intéressante pour les systèmes de culture avec travail minimum de sol.

Dans certaines situations, le semis du printemps peut s'effectuer directement sur les résidus, sans travail de sol et sans recours aux herbicides. Un équipement adapté à ces conditions est nécessaire, particulièrement lorsque l'on se retrouve avec une quantité importante de résidus en surface. L'utilisation d'espèces annuelles devient particulièrement intéressante dans ces conditions, car elle n'impose pas un «burn-down» à l'herbicide, autrement nécessaire avec des espèces vivaces. Avec la culture sur billons, on évite l'enfouissement d'automne et on effectue un décapage sur le billon lors du semis au printemps.

Pour certains agriculteurs, le gyrobroyage à l'automne vient remplacer l'enfouissement mécanique. Cette pratique est particulièrement utilisée lorsque la biomasse de l'engrais vert est importante. Si le semis a été relativement hâtif, par exemple un engrais vert de moutarde sur un retour d'orge, le broyage de la biomasse à la mi-septembre peut être avantageux afin d'assurer une deuxième repousse de la crucifère et d'éviter la production d'une biomasse plutôt ligneuse. Ce broyage doit toutefois se faire assez tôt, avant la floraison, et seule la tête de la plante doit être coupée afin de laisser assez de noeuds pour une repousse vigoureuse.

8.2 L'ENFOUISSEMENT

L'incorporation superficielle de la biomasse d'engrais vert demeure une solution intéressante pour plusieurs fermes. Même en situation d'enfouissement tard à l'automne, les résidus laissés en surface ainsi que l'effet positif gagné sur la structure du sol durant la croissance végétative de l'engrais vert assurent généralement une protection hivernale adéquate.

Il est généralement recommandé de détruire à l'automne une culture d'engrais vert dont la biomasse est très importante. L'incorporation superficielle, qui permet un contact de la biomasse avec le sol et l'humidité, assure normalement une décomposition très rapide au printemps. On peut utiliser un chisel, un cultivateur, un instrument rotatif, une herse à roulettes ou une charrue. Il faut éviter d'enfouir en profondeur une culture d'engrais vert (plus de 20 centimètres). Cette pratique irait à l'encontre des objectifs de départ de l'engrais vert. Peu importe l'outil choisi pour l'incorporation des résidus à l'automne, il faut toujours éviter de travailler le sol en conditions trop humides.

La charrue à versoirs demeure un outil d'incorporation encore très apprécié des agriculteurs, particulièrement en fin de saison. Un tel labour sera parfois avantageux pour assurer un bon écoulement de l'eau de surface durant l'hiver et au printemps de même que pour exposer les fortes argiles aux conditions de gel et de dégel de l'hiver. Certains agriculteurs aiment utiliser la charrue à versoirs pour incorporer l'engrais vert semé sur le retour d'une vieille prairie avec beaucoup de résidus grossiers



Enfouissement d'un engrais vert à l'aide d'un cultivateur lourd.



Broyage et incorporation superficiels d'un engrais vert de sarrasin avec un rotoculteur.

en surface (couenne). Ils veulent ainsi obtenir un lit de semence sans trop de ces résidus qui entraveraient à la fois le semis et le travail du sarcloir.

S'il y a lieu, l'incorporation à l'automne devrait avoir lieu lorsque la température du sol tombe sous les 10° C (fin octobre généralement). Ce sont des conditions propices pour éviter la décomposition et la minéralisation de la biomasse verte avant la saison morte et le lessivage qui pourrait s'ensuivre.

Dans une situation où un semis doit suivre rapidement l'enfouissement, un gyrobroyage de la masse végétale peut aussi être associé à l'enfouissement. Cette pratique facilite l'incorporation au sol de la culture et accélère sa décomposition.



CONCLUSION

Les engrais verts sont un atout important pour les agriculteurs qui désirent améliorer l'efficacité agronomique, économique et environnementale de leur ferme.

Les engrais verts exercent plusieurs effets positifs sur les sols : optimisation du cycle nutritif, diminution du lessivage des éléments fertilisants, protection contre l'érosion, amélioration de la structure et de la stabilité du sol. En fait, c'est la fertilité générale des sols qui en ressort gagnante. Les engrais verts contribuent également à la lutte contre les mauvaises herbes et à la diversification de la rotation.

La grande diversité des espèces actuellement disponibles permet désormais une intégration adaptée au type de fermes, de cultures, de systèmes de travail du sol et de conditions de sol. Les façons de faire sont variées. Avec de l'imagination et de la débrouillardise, on peut souvent les planter là où on croyait impossible ou difficile de la faire. Toute ferme peut donc tirer profit de la pratique des engrais verts.

BIBLIOGRAPHIE

- Brunelle, A. 1992. «Les engrais verts : pour une rentabilité accrue», p. 1 à 12 dans *Journées agricoles 1992. Région 04 Bois-Francs*. 63 p.
- Brunelle, A. 1995. «Engrais verts: où en sommes-nous après 5 années de suivi au champ?» *Agri-Vision Richelieu/Saint-Hyacinthe*.
- Centre de développement d'agrobiologie. 1996. *Évaluation à la ferme de pratiques culturales et de sarclage dans la gestion des mauvaises herbes dans la culture du maïs*. Rapport final, Entente auxiliaire Canada-Québec pour un environnement durable en agriculture.
- Douville, Y. et P. Jobin. 1995. *Lutte intégrée contre les mauvaises herbes dans les grandes cultures*. Centre de développement d'agrobiologie, Sainte-Élizabeth-de-Warwick. 12 p.
- Dyck, E. et M. Liebman. 1994. «Soil fertility as a factor in weed control: the effect of crimson clover residue, synthetic nitrogen fertilizer, and their interaction on emergence and early growth of lambsquarters and sweet corn». *Plant and soil* 167:227-237.
- Envirosol. 1996. *Sélection de cultures de couverture adaptées aux conditions automnales de sol et de climat au Québec*. Rapport préliminaire, Entente auxiliaire Canada-Québec pour un environnement durable en agriculture. 48 p.
- Ess, D. R., D. H. Vaughan, J. M. Luna et P. G. Sullivan. 1994. «Energy and economic savings from the use of legume cover crops in Virginia corn production». *American Journal of Alternative Agriculture* 9: 178-185.
- Jobin, P. 1995. *Évaluation à la ferme de cultures intercalaires de début de saison dans la culture de maïs*. Rapport de recherche présenté au Bureau des nouvelles méthodes de lutte antiparasitaire, Ottawa.
- Jobin, P. et Y. Douville. 1993. «Évaluation de cultures intercalaires de légumineuses dans les céréales», p. 37-42 dans *Rapport technique*. Centre de développement d'agrobiologie, Sainte-Élizabeth-de-Warwick. 52 p.
- Jobin, P. et Y. Douville. 1993. «Évaluation de dix légumineuses intercalaires dans le maïs-grain», p. 47-52 dans *Rapport technique*. Centre de développement d'agrobiologie, Sainte-Élizabeth-de-Warwick. 52 p.
- Jobin, P. et Y. Douville. 1993. «Évaluation de trois légumineuses intercalaires dans le maïs-sucré», p. 43-46 dans *Rapport technique*. Centre de développement d'agrobiologie, Sainte-Élizabeth-de-Warwick. 52 p.
- Jobin, P. et Y. Douville. 1993. «Remplacement d'une culture d'engrais verts dans la rotation par un fourrage d'appoint», p. 19-21 dans *Rapport technique*. Centre de développement d'agrobiologie, Sainte-Élizabeth-de-Warwick. 52 p.
- Jobin, P. et Y. Douville. 1995. «Vive les cultures intercalaires dans le maïs-sucré», p. 59-60 dans *Le Bulletin des agriculteurs*, numéro de mai.
- La France, D. 1995. *La rotation des cultures*. Centre de développement d'agrobiologie (Sainte-Élizabeth-de-Warwick) et CÉGEP de Victoriaville (Victoriaville). 121 p.
- Leroux, G., D. Cloutier et M. Leblanc. 1994. *Réduction de l'utilisation des herbicides dans le maïs-grain par des méthodes biologiques ou mécaniques de contrôle*. Rapport final, Entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement agro-alimentaire.
- Mathers, A. C. et D. W. Goss. 1979. «Estimating animal waste applications to supply crop nitrogen requirements». *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43: 364-366.
- Millette, P. 1992. *Les engrais verts d'automne*. Sujets spéciaux en biologie végétale. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval.
- Molher, C. L. et J. R. Teasdale. 1993. Response of weed emergence to rate of *Vicia villosa* Roth and *Secale cereale* L. residue. *Weed Research* 33 : 487-499.
- Petit, J., P. Jobin et D. La France. 1990. *La gestion de la matière organique*. Centre de développement d'agrobiologie, Sainte-Élizabeth-de-Warwick.
- Pieters, A. J. 1927. *Green manuring. Principles and practices*. John Wiley & Sons, New York, 356 p.
- Rivest, R. Direction régionale du MAPAQ à St-Hyacinthe-Richelieu. Communication personnelle.
- Samson, R. 1991. «Les effets répressifs des cultures de couverture sur les mauvaises herbes», p. 63-80 dans *Journée d'information sur la malherbiologie. Vers une gestion intégrée de la lutte aux mauvaises herbes*. CPVQ, Québec, 87 p.
- Samson, R., C. Foulds et D. Patriquin. 1990. *Choice and management of cover crop species and varieties for use in row crop dominant rotations*. REAP-Canada, Ste. Anne de Bellevue, 99 p.
- Sarrantonio, M. 1994. *Cover crop handbook*. Rodale Institute, Kutztown. 118 p.
- Schmid, O. et R. Kläy. 1984. *Green manuring. Principles and practices*. 2nd edition. Woods End Agricultural Institute, Temple (Maine), 50 p.
- Tessier, M. 1993. *Cultures intercalaires et sarclage mécanique en production biologique de brocolis*. Mémoire de maîtrise, Université Laval. 59 p.

REMERCIEMENTS

Nous remercions sincèrement les personnes suivantes pour les suggestions et commentaires apportés à ce document : André Brunelle, René Brunelle, Camille Caron, Anne-Marie Coulombe, Bruno Gosselin, Jean-Paul Jacob, Yves Lauzon, Michel Perron, Jacques Petit, Lucie Rioux et Danielle Roy.

AUTEURS ET PHOTOGRAPHIES

Pierre Jobin et Yvon Douville

ÉDITION

Centre de développement d'agrobiologie
224, rue Principale
Sainte-Élizabeth-de-Warwick
JOA 1M0
Téléphone : (819) 358-3850
Télécopieur : (819) 358-3859
Internet : agrobio@ivic.qc.ca
ISBN 2-9802258-6-X

Conception et impression par
Imprimerie Vic Inc.
Téléphone : (819) 752-6591

CONTRIBUTION FINANCIÈRE



LE PLAN VERT DU CANADA

Entente auxiliaire Canada-Québec pour un environnement durable en agriculture
administrée par le MAPAQ.