

Dossier

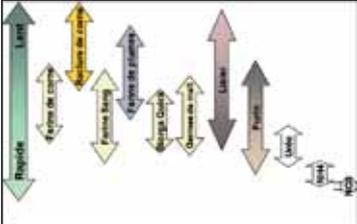
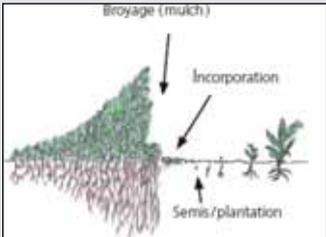
Fumure azotée des grandes cultures bio sans bétail

Le nombre d'exploitations bio sans bétail est en forte progression et la gestion de la fumure azotée est l'une des principales clefs du succès pour ces entreprises.

Ce dossier est composé de plusieurs fiches techniques.

Ces fiches sont également éditées dans le classeur de fiches techniques « Agriculture biologique » d'AGRIDEA.

Le dossier principal s'appelle : gestion de l'azote sans bétail (FT Bio 3.4.31-38). Il fait référence à d'autres fiches pour certains aspects. Ces fiches ont été intégrées dans ce dossier.

<p style="text-align: center;">Gestion de l'azote sans bétail (FT Bio 3.4.31-38)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Enfouissement</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Automne</th> <th style="text-align: center;">Printemps</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">-30</td> <td style="text-align: center;">-40</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">-20</td> <td style="text-align: center;">-30</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">-10</td> <td style="text-align: center;">-20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">-10</td> <td style="text-align: center;">-10</td> </tr> </tbody> </table>	Enfouissement		Automne	Printemps	-30	-40	-20	-30	-10	-20	-10	-10	<p style="text-align: center;">Engrais organiques du commerce (FT Bio 3.4.51-52)</p> 
Enfouissement													
Automne	Printemps												
-30	-40												
-20	-30												
-10	-20												
-10	-10												
<p style="text-align: center;">Autoproduction d'azote pour cultures de printemps (FT Bio 3.4.61-62)</p> 	<p style="text-align: center;">Engrais verts (FT Bio 5.1.1-6)</p> 												

NB: la fiche « Engrais verts – Espèces » (FT Bio 5.1.3) est plus lisible en format A3, c'est pourquoi nous la joignons également dans ce format.

Josy Tamarcaz, AGRIDEA, mai 2011
 josy.tamarcaz@agridea.ch
 Tél. : 021 619 44 24

Le cycle des éléments nutritifs ne peut pas être fermé en production sans bétail. L'entretien d'un sol vivant, ainsi que la conservation et l'augmentation de la fertilité naturelle du sol y sont plus délicats que sur une ferme avec des animaux. À long terme, les apports de matières organiques doivent au moins compenser les pertes d'humus par décomposition.

La fertilité peut être maintenue ou améliorée par :

- la rotation des cultures (prairies artificielles, engrais verts, part de céréales, sarclées, légumineuses, etc.) ;
- la stratégie de fumure (engrais de ferme, du commerce, l'incorporation de matières organiques, etc.).

Une très bonne gestion de l'azote est un des points centraux pour obtenir de bons rendements sur les fermes bio sans bétail.

Rotation des cultures

La rotation des cultures poursuit plusieurs buts, (gestion des mauvaises herbes, des maladies, etc.). Ci-dessous sont développés principalement les aspects concernant l'azote en grandes cultures sans bétail, dont :

- optimiser la fixation d'azote biologique ;
- minimiser les pertes en azote.

Quelques éléments de gestion de l'azote par la rotation des cultures :

Prairies temporaires (PT)	<ul style="list-style-type: none"> • PT de 2 ou 1 an à base de légumineuses et graminées. • Part idéale de PT dans la rotation entre 20 et 30% (voir FT 3.2.1-2). • Règles de rotation de Bio Suisse: min 20% PT (ou 10% de PT et couverture adaptée du sol).
Cultures	<ul style="list-style-type: none"> • Limiter à maximum 6 ans de cultures consécutives avant le retour d'une PT dans la rotation.
Légumineuses	<ul style="list-style-type: none"> • Intégrer des légumineuses à graines dans la rotation.
Engrais verts	<ul style="list-style-type: none"> • Intégrer des engrais verts à base de légumineuses (voir FT 5.3.1-6). • Autoproduction d'azote pour cultures de printemps (voir FT 3.4.61-62).
Divers	<ul style="list-style-type: none"> • Tenir compte des potentiels de minéralisation différents selon les sols. • Utiliser des cultures à types d'enracinements différents (fasciculés ou pivotants). • Effectuer des apports réguliers de matières organiques tout au long de la rotation et incorporer les résidus de récolte et pailles.

Règlementation

Extraits du règlement de fertilisation de Bio Suisse, concernant les fermes bio sans bétail

Points	Détail
Provenance des engrais de ferme	Les engrais de ferme doivent en principe provenir de fermes biologiques. En cas de manque d'engrais de ferme bio, on peut utiliser des engrais de fermes non bio : <ul style="list-style-type: none"> • d'exploitations pouvant attester qu'aucun OGM n'est utilisé dans leur ferme et ; • conclusion d'un contrat officiel de reprise d'engrais de ferme.
Distances de transport	Distances maximales de transport à vol d'oiseau pour les engrais de ferme : <ul style="list-style-type: none"> • fumier de bovins, de chevaux et de porcs 40 km ; • lisier de bovins, de chevaux et de porcs 20 km ; • fumier de volaille 80 km.
Limites	Les importations d'éléments nutritifs sous forme d'engrais de ferme provenant d'exploitations non bio sont limitées à 50% des besoins en N ou P de l'exploitation selon Suisse-Bilanz. Cette limite peut être relevée à 80% dans certaines régions, avec l'autorisation de commission de labellisation des exploitations de Bio Suisse (CLA).

Légumineuses à graines

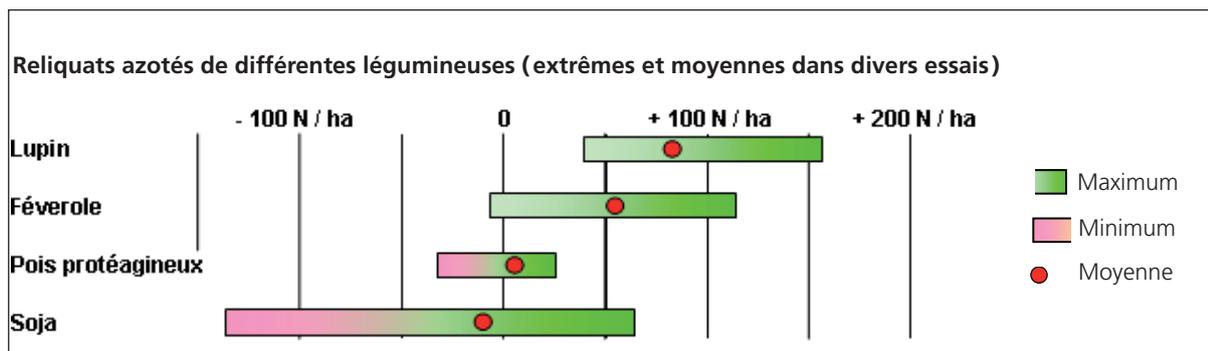
Avantages

- Pas d'apport d'azote à faire sur la culture.
- Apport d'azote pour la culture suivante.
- Bon précédent dans les sols lourds (azote mieux retenu).
- Très recherchées par le commerce.
- Peuvent être cultivées en association pour diminuer le problème des adventices.

Inconvénients

- Ne remplace pas la prairie temporaire.
- Risque d'enherbement tardif de la culture (surtout les pois protéagineux, le lupin et le soja).
- Multiplication de certains nématodes si plus de 60% de légumineuses (y compris PT) dans la rotation.

La valeur comme précédent est fréquemment surestimée et peut varier fortement d'un cas à l'autre.



Effet du précédent

Valeur fertilisante des légumineuses à graines comme précédent pour diverses cultures (essais ACW, 1996-1999)	kg/ha
Culture de printemps (maïs)	10-30
Culture d'automne semée tard (seigle, blé)	40-50
Culture d'automne semée tôt (colza, orge, dérobée)	50-70

- Effet précédent des légumineuses et des PT très marqué en système bio sans bétail.
- Effet précédent des PT en général supérieur aux légumineuses à graines.
- Les coûts de production d'un blé après une prairie temporaire sont souvent plus faibles que ceux des autres blés de la rotation (voir tableau ci-dessous). Un blé après luzerne est très rarement fertilisé.

Coûts de production, rendement et marges d'un blé avec différents précédents (étude française)

Précédent	Rendement du blé (t/ha)	Coûts de production		Dont fumure	
		€/ha	€/tonne	€/ha	€/tonne
Luzerne	4.8	913	190	0	0
Féverole	4.5	1122	250	110	24
Colza	4.3	1182	275	165	38

L'étude montre que la luzerne est le meilleur précédent technico-économique du blé, suivie par la féverole, puis le colza :

- les charges sont plus faibles (moins d'interventions mécaniques et moins de fumure) ;
- les rendements sont plus élevés.

Particularités des diverses légumineuses à graines

Culture	Fourniture en azote	Lutte contre les mauvaises herbes
Féverole	bonne	Facile : très concurrentielle
Mélange orge/pois	moyenne	Facile : concurrentielle
Pois protéagineux	moyenne	Moyen : peu concurrentiel, verse et enherbement tardif
Soja	faible	Difficile : peu concurrentiel

Engrais verts

Les engrais verts contribuent de manière importante à la fourniture d'azote dans la rotation. Choix et culture des engrais verts : voir FT 5.1.1-6

Prairie temporaire

La prairie temporaire (PT) à base de trèfles et/ou de luzerne est la plus importante source d'azote « propre à l'exploitation » pour les fermes sans bétail. Elle est également le meilleur précédent pour de nombreuses cultures.

Les buts des prairies temporaires en système sans bétail sont :

- la fourniture équilibrée d'azote pour les cultures suivantes ;
- la participation à la maîtrise des mauvaises herbes, particulièrement les vivaces ;
- l'amélioration des conditions sanitaires de la rotation (diminution des maladies en général).

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Capacité élevée de fixation d'azote (100 à 200 N/ha). • Fourniture d'azote pour les 2 cultures principales suivantes. • Production d'humus. • Amélioration de la structure du sol. • Protection contre l'érosion. • Diminution des adventices. 	<ul style="list-style-type: none"> • Repousses dans la culture suivante (luzerne, ray-grass). • Multiplication des vers fil de fer et de certains nématodes comme l'anguillule des tiges. • Nécessite une chaîne de récolte des fourrages. • Marge brute faible.

Choix du mélange de prairie temporaire

Fixation d'azote
<ul style="list-style-type: none"> • Durée : 3 ans mieux que 2 ans ; 2 ans mieux que 1 an. • Espèces de légumineuses : luzerne > trèfle violet > trèfle blanc > trèfle d'Alexandrie > trèfle de Perse. • Luzerne, trèfle violet : racines profondes, remonte les éléments nutritifs. • Trèfle violet : supporte des sols plus acides que la luzerne. • Trèfle blanc : bouche très rapidement les trous ; sensible au sec ; très tolérant à la coupe et au mulch.

Part optimale de légumineuses dans le mélange
<ul style="list-style-type: none"> • La prairie temporaire devrait être composée d'une bonne part de légumineuses très productives, résistantes au sec et durables (luzerne, trèfle violet longue durée). • Plus la part de légumineuses augmente et plus il est difficile d'effectuer un séchage au sol.

<p>Moins de 35% de légumineuses ex. : Mst 330, 230</p> <ul style="list-style-type: none"> • Restitution en azote moyenne à faible. • Bonne souplesse d'utilisation. • Fanage au sol facile. 	<p>Part de légumineuse et production d'azote symbiotique</p>
<p>50-70% de légumineuses ex. : Mst 300, 320, mélanges M ou L</p> <ul style="list-style-type: none"> • Restitution en azote maximale. • Souplesse d'utilisation moyenne. • Fanage au sol difficile. 	
<p>Plus de 80% de légumineuses ex : Mst 300, 320 avec adjonction de légumineuses ; trèfle violet ou luzerne pure.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Restitution en azote moyenne. • Peu de souplesse d'utilisation. • Fanage au sol très difficile. • Ensilage délicat. 	

Vente de fourrage
<ul style="list-style-type: none"> • Les mélanges standard sont adaptés à la production de fourrage. • Les fourrages avec plus de 70% de légumineuses sont moins recherchés par les éleveurs. • Les marges réalisées avec la PT sont difficiles à généraliser compte tenu de l'hétérogénéité des valorisations locales.

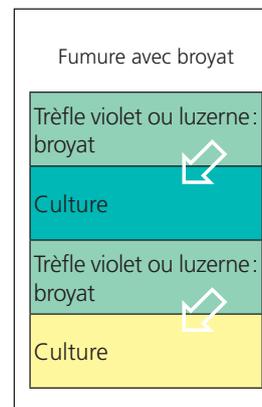
Maîtrise des mauvaises herbes
<ul style="list-style-type: none"> • Installer des prairies temporaires de 2 ans : meilleur effet de lutte contre les vivaces. • Utiliser la prairie temporaire de manière plutôt intensive : <ul style="list-style-type: none"> – réduction plus importante des adventices, particulièrement chardon et liseron. – meilleur fourrage (meilleur prix de vente). – plus de travail pour les coupes.

Mulch des prairies

- Dans l'idéal, faucher et exporter le fourrage pour améliorer la fixation d'azote par les prairies, car :
 - la minéralisation de l'azote de la coupe et la réabsorption par la légumineuse peut abaisser le rendement de fixation d'azote de 30 à 40% (les légumineuses réutilisent une part de l'azote disponible par le mulch au lieu d'en fixer);
 - il y a un risque de lessivage de l'azote, (jusqu'à 80 kg/ha sur sols sableux avec de fortes pluies).
- Le mulch devrait être réservé à la dernière pousse de la prairie avant la mise en cultures car :
 - le mulch de la dernière coupe offre l'opportunité d'une bonne mise en valeur de l'azote de la prairie par la culture suivante, surtout au printemps.

Si on ne peut pas mettre en valeur les coupes par la vente des fourrages :

- exporter le fourrage sous forme de broyat pour faire la fumure d'une culture exigeante en azote comme le maïs ou les légumineuses (technique en développement);
- faucher au lieu de broyer et répartir la marchandise de manière homogène (amélioration de la repousse);
- faucher le plus haut possible;
- broyer plutôt que faucher par temps sec;
- choisir des intervalles longs entre chaque mulch.



Effet azote du mulch

L'effet azote du mulch dépend de la part de légumineuses, de la quantité de fourrage broyé et du stade au moment du broyage.

Stade des graminées au moment du broyage	avant épiaison	avant floraison
Apport en azote à la culture suivante	30-60 N/ha	20-40 N/ha

Effet azote des prairies temporaires dans la rotation

La quantité d'azote mise à disposition pour les cultures suivantes par la PT n'est pas facile à déterminer. Les normes ci-dessous concernent tous les types de PT, sans précision de la part de légumineuses, ni de la date de la rompue.

Correction de fumure azotée selon les différents précédents prairies PT (Données de Base de la Fumure 2009 - DBF 2009)	Enfouissement	
	Automne	Printemps
Prairie temporaire (3 ans et plus) ou naturelle	-30	-40
Prairie temporaire (2 ans)	-20	-30
Prairie temporaire (1 an)	-10	-20
Prairie temporaire (3 ans et plus) comme antécédent	-10	-10

Moment optimal de la rompue

Il n'y a pas d'essai démontrant les quantités d'azotes fournies à la culture suivante en fonction du type de sol et du moment de la rompue. En optimisant le moment de la rompue on peut améliorer la fourniture d'azote à la culture suivante (principalement en limitant les pertes).

Type de sol	Culture d'automne	Culture de printemps installée avant mi-avril	Culture de printemps installée après mi-avril
Sols sableux, légers	Le plus tard possible.	Tôt au printemps (éventuellement, tard en automne).	4 semaines avant le semis, précédé d'un mulch (le trèfle se décompose mal si les prairies sont retournées trop tardivement dans les stations séchardes).
Sols moyens	Le plus tard possible.	Dès que le sol est suffisamment ressuyé au printemps ou le plus tard possible en automne.	2 à 3 semaines avant la mise en place de la culture.
Sols lourds, argileux	3-4 semaines avant le semis.	Le plus tard possible en automne pour profiter des gelées.	2 à 3 semaines avant la mise en place de la culture.

- Tenir compte du besoin de faire un faux-semis avant l'installation de la culture, éventuellement avancer la date de la rompue si on fait un faux semis.

Sources externes d'azote

Plusieurs possibilités de se fournir en engrais à l'extérieur de l'exploitation :

- engrais de ferme ;
- effluents de biogaz, composts, etc ;
- engrais organiques du commerce (EOC), voir FT 3.4.51-52.

Engrais de ferme

Les engrais de ferme sont la meilleure source de fertilisants externes.

- Excellente source d'azote.
- Fourniture de bonnes quantités de MO au sol et améliorent la structure.
- Difficiles à se procurer dans les régions sans bétail.

	Disponibilité de l'azote	Part d'azote rapidement assimilable
Fumier	moyenne à lente	~1/3
Lisier et purin	rapide	~2/3

Composts de déchets verts

Les composts de déchets verts :

- sont un excellent amendement organique (matière organique, éléments nutritifs) ;
- ont une influence très positive sur l'activité biologique du sol ;
- sont proportionnellement riches en phosphore et pauvres en azote assimilable ;
- n'ont pas d'effet azote à court terme, particulièrement en sols lourds ;
- ont des teneurs qui peuvent très fortement varier en fonction de la provenance et du stade de mûrissage.

Teneurs moyennes des composts de déchets verts (DBF 2009)

	MS	MO	N total	N disponible	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Ca
kg/t. matière fraîche	510	214	7	0.5	4	5	3	25
kg/m ³	500-800	170-400	5.5-14	0.25-0.6	2.6-6	4-10	2.5-6	20-50

La part d'azote disponible représente 5 à 10% de l'azote total.

Les composts de déchets verts jeunes peuvent bloquer l'azote du sol (fermentation non terminée).

- Utiliser les composts de déchets verts comme amendement organique et non pas comme source de fumure azotée à court terme.
- Faire les apports avant prairie temporaire ou légumineuse.

Digestats de Biogaz

- Les teneurs des différents digestats varient en fonction des matières premières utilisées.
- Une partie de l'azote organique est convertie en azote ammoniacal durant la fermentation (plus facilement assimilable).
- Les teneurs sont similaires aux teneurs des lisiers et fumiers si les substrats alimentant le digesteur sont essentiellement composés d'engrais de ferme.
- Les digestats liquides peuvent être épandus comme engrais de couverture.
- Bon amendement organique (lignine et cellulose non dégradées).
- Peu agressifs envers les plantes.

Teneurs moyennes des digestats de biogaz (DBF 2009)

	MS	MO	N total	N disponible *)	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Ca
Digestats solides kg/t. matière fraîche	490	235	6	~1/3 de N _{tot}	3	5	3	25
Digestats liquides kg/t. matière fraîche	130	61	4	~2/3 de N _{tot}	2	4	1	5

*) Les résultats d'essais sont trop peu nombreux pour donner une indication exacte sur la disponibilité moyenne de l'azote des digestats. On admet que l'année de l'épandage, la disponibilité de l'azote correspond au moins à celle des engrais de ferme, soit ~1/3 pour les digestats solides et ~2/3 pour les digestats liquides.

Les plus grandes pertes d'azote interviennent entre le mois de novembre et le mois de février, stade de repos des cultures.

Les pertes par lessivage peuvent atteindre de 30 à 150 kg/N/an.

Sur une exploitation, le choix de rotation et la mise en place des cultures permettent déjà de réduire ces pertes.

Définitions

- Dénitrification : conversion des nitrates en forme gazeuse (NO, N₂O, N₂).
- Volatilisation : entraînement dans l'air de l'ammoniac.
- Lessivage : entraînement des nitrates dans les sols (connu aussi sous le nom de lixiviation).
- Minéralisation : processus par lequel les micro-organismes décomposent l'azote organique qui libère des composés minéraux simples (CO₂, H₂O, NH₄⁺, PO₄H⁻, etc.).

Mesures pour limiter les pertes en azote du sol

Travail du sol, rotation



• Eviter le tassement du sol (il peut augmenter la saturation en eau).	•		
• Eviter de laisser le sol nu trop longtemps à l'arrière automne ou en hiver.			•
• Incorporer rapidement les résidus de récolte et les engrais verts.		•	•
• Enfouir rapidement les chaumes de pailles en été.		•	•
• Effectuer un travail du sol grossier (une texture fine accélère la dénitrification).	•		
• Eviter le travail du sol en profondeur et intensif (accélère le processus de minéralisation et les éléments minéraux ne sont pas assimilables assez vite par les plantes).			
• Favoriser une teneur en matière organique élevée par les techniques culturales simplifiées par exemple (les sols pauvres en humus sont plus sensibles au lessivage).			•
• Préférer le semis sous couverture à un semis traditionnel par exemple pour le maïs.			
• Planter la prairie, la jachère ou l'interculture le plus rapidement possible après la récolte du précédent cultural.			•
• Limiter l'irrigation (sensibilité accrue au lessivage lors de débits importants) en contrôlant la capacité d'absorption du sol.			•
• Eviter les apports de matières organiques facilement minéralisables (jeune compost, purin) sur des sols hydromorphes (saturés en eau).			•

Influence des cultures

• Limiter la part en sarclées dans la rotation (pommes de terre, betteraves, etc.).			•
• Effectuer des associations de cultures (développement racinaire différencié qui évite la compétition pour les éléments minéraux et leurs pertes par lixiviation).			•
• Semer des plantes pièges à azote pour absorber le maximum d'azote du sol (seigle, avoine, colza, moutarde, etc.).			•
• Effectuer le mulching de l'intermédiaire le plus tard possible (piéger un maximum d'azote et éviter que l'azote fourni par la minéralisation de la culture intermédiaire puisse être lessivé).		•	•
• Particularités pour la culture du colza : <ul style="list-style-type: none"> – avancer le plus possible la date de semis du colza (absorption d'azote par la culture avant l'hiver); – laisser repousser le colza après la récolte (capter les importantes quantités d'azote disponibles dans le colza ; les reliquats azotés sont plus élevés qu'après les céréales et l'azote des pailles de colza est minéralisé). 			•

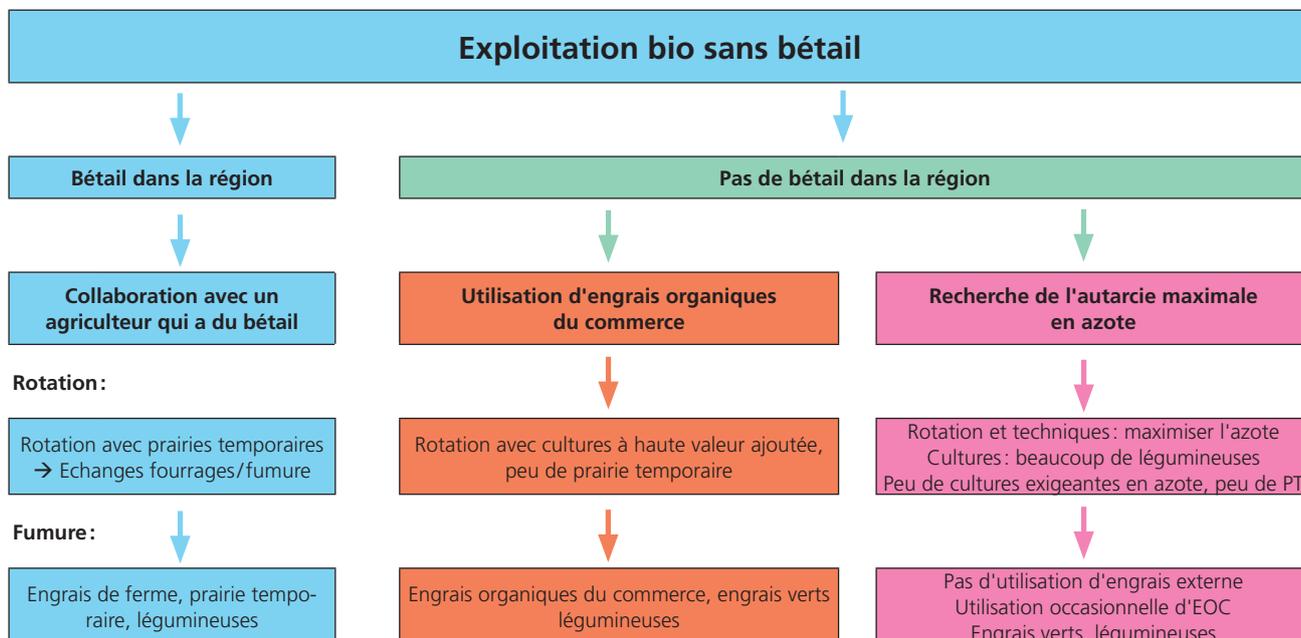
Estimation de la descente des nitrates dans le sol

Type de sol	léger	moyen	lourd
Descente des nitrates pour 100 mm de pluie	50 à 70 cm	20 à 40 cm	15 à 20 cm

Principales stratégies de fumure selon la situation

Les possibilités de reprise d'engrais de ferme dans la région et/ou d'échanges de fourrage influencent les stratégies de fumure des fermes bio sans bétail.

La stratégie appliquée sur chaque ferme est différente et combine souvent plusieurs moyens.



Bétail dans la région

Collaboration avec une agricultrice ou un agriculteur qui a du bétail

Ce mode d'exploitation s'apparente plus ou moins à une exploitation avec bétail par les échanges entre l'exploitation sans bétail et l'éleveur (paille, fourrages, engrais de ferme, etc.).

Rotation

- Prairies temporaire: part de prairies temporaires en fonction des possibilités de vente de fourrages.
- Cultures de légumineuses à graines: en fonction des conditions de l'exploitation.
- Cultures exigeantes en azote (colza, maïs): fumure avec engrais de ferme et/ou d'engrais organiques du commerce (EOC).

Technique

- Fourniture de paille à l'éleveur.
- Reprise d'engrais de ferme (par ex.: lisier sur les céréales au printemps).

Exemple:

Le diagramme circulaire est divisé en six segments de couleur: deux segments verts (PT), deux segments jaunes (Blé aut.), un segment orange (Colza), un segment bleu (Pois prot.) et un segment rose (Maïs). Une flèche noire courbe pointe vers le haut à droite.

Pas de bétail dans la région

Rotation

- Les possibilités de mise en valeur des fourrages sont limitées dans les régions sans bétail. La part des prairies temporaires sera limitée mais conforme au cahier des charges de Bio Suisse.
- Cultures de légumineuses à graines : le plus possible en fonction des conditions de l'exploitation.
- Engrais verts : optimiser les engrais verts fournisseurs d'azote.
- Autoproduction d'azote pour les cultures de fin de printemps (par exemple : légumes après blé).

Recherche de l'autarcie maximale en azote

La recherche de l'autarcie en azote sur le domaine demande une bonne organisation et une bonne technicité.

Rotation

- Cultures exigeantes en azote (colza, maïs): très difficile, à limiter.

Technique

- Utilisation de compost de déchets verts comme amendement organique.
- Garder, enfouir les pailles.
- Utilisation occasionnelle d'engrais organiques du commerce.
- Fumure avec broyat (utiliser les fourrages de la PT comme source de fumure).

Exemple :

Utilisation d'engrais organiques du commerce

L'utilisation exclusive d'engrais organiques du commerce est essentiellement réservée aux cultures à haute valeur ajoutée comme les légumes (prix des engrais organiques du commerce).

Rotation

- Autoproduction d'azote pour les cultures de fin de printemps.

Technique

- Utilisation de compost de déchets verts comme amendement organique.
- Garder et enfouir les pailles.
- Utilisation d'EOC sur les cultures exigeantes en azote (colza, maïs, choux, etc.).

Exemple :

Autres stratégies

Engraissement extensif

- Reprise de bétail sur l'exploitation :
 - bovin pour l'engraissement extensif au pâturage ;
 - jeune bétail d'élevage en pension.
- Demande un minimum d'infrastructure pour l'hivernage du bétail et le stockage des fourrages.
- Bonne mise en valeur des fourrages et disponibilité en fumure.

Introduction

Les engrais de ferme sont la base de la fumure en agriculture biologique. Certaines entreprises agricoles ne disposent pas de suffisamment d'engrais de ferme et doivent trouver des solutions pour la fumure de leurs parcelles. Une des possibilités est l'utilisation d'engrais organiques du commerce (EOC) :

- les EOC sont des engrais organiques riches en azote. La plupart contiennent également des quantités plus ou moins importantes de phosphore, de potasse et d'autres éléments;
- la rapidité de mise à disposition de l'azote et l'efficacité des EOC dépendent de plusieurs facteurs, dont les principaux sont la température, l'humidité de l'activité du sol et la forme de l'engrais.
- une grande partie des matières premières des EOC sont des sous-produits de l'industrie alimentaire.

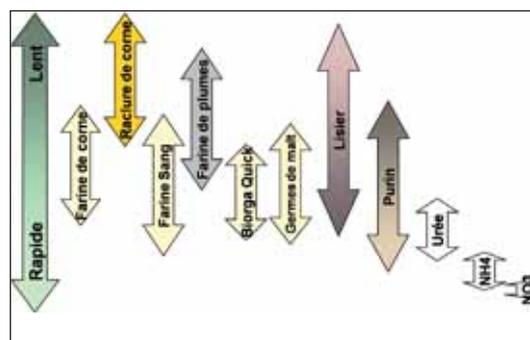
Principales matières premières des EOC

Matière première	Formes	Teneurs % N % P ₂ O ₅ (P) ou K	Rapidité de minéralisation de l'azote	Remarques
Corne	Poudre, farine ou raclures.	Farine 14 % N Raclure 14 % N	Moyenne Rapide	Cornes et sabots de ruminants.
Plume	Farine.	13 % N	Moyenne	Les granulés de farine de plumes seuls sont parfois instables.
Os	Poudre.	6 - 9 % N; 12 % P	Rapide	Rapport N / P défavorable en pur.
Vinasse	Liquide.	4 - 5 % N 5 - 6 % P, 1 % K ₂ O	Rapide	Utilisé comme liant pour les pellets ou comme engrais.

Diverses autres matières premières entrent dans la composition des EOC (tourteaux, guano, fumier de poule séché, marc de raisin, malt, protéines de maïs ou de pomme de terre, etc.).

Forme et efficacité des EOC

- Le taux de minéralisation de l'azote d'un EOC en une période de végétation est en moyenne de 80 % (55 à 85 %).
- Les EOC se trouvent sous plusieurs formes (produits purs ou produits mélangés, produits non transformés ou formulés).
- Les mélanges se minéralisent toujours plus vite que leurs composants utilisés seuls.
- La forme des EOC permet d'améliorer les qualités techniques d'épanchage des engrais et agissent sur la rapidité de minéralisation.



Efficacité de l'azote de quelques EOC en comparaison avec des engrais de ferme et des engrais de synthèse. (Source Hauert)

Comparaison de quelques critères d'un même EOC en 3 formulations différentes :

Forme	Moulu, farine	Pelletisé	Granulé
Rapidité de minéralisation	La plus rapide	La moins rapide	Moyenne
Densité (kg / l)	0.5 - 0.7	> 0.8	> 0.8
Précision / facilité d'épandage	Moyenne	Bonne à très bonne	Bonne
Épandage possible avec	Distributeur spécial	Épandeur centrifuge	Épandeur centrifuge
Largeur d'épandage jusqu'à	Sur la ligne	18 m	12 m
Prix	Le moins cher	Prix moyen	Le plus cher

Qualités techniques des EOC

Pour un épandage régulier et précis avec un distributeur centrifuge équipé de disques normaux, l'EOC devrait avoir :

- une densité > 0.8 kg / l;
- une granulation / pelletisation ferme et stable, sans trop de poussières.

Pour apprécier les propriétés d'épandage d'un engrais :

- passer plusieurs sacs dans le distributeur sans les pales d'épandage et déterminer si l'engrais est moulu ou non par le distributeur;
- les EOC avec une granulation trop molle sont fortement moulus.

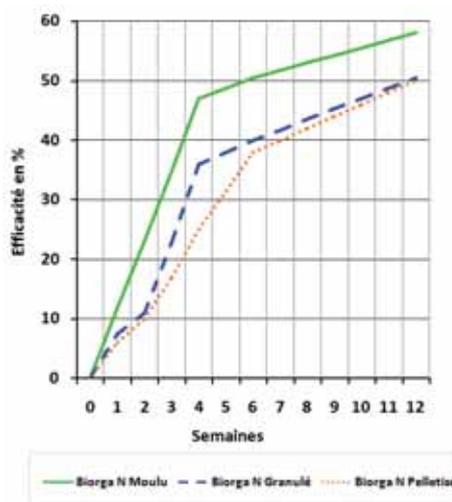
Utilisation des EOC

- L'efficacité des EOC dépend fortement des conditions climatiques (température, humidité).
- La rentabilité dépend fortement du prix à l'unité d'azote et de la marge brute de la culture.
- Pour les exploitations Bio Suisse : engrais du commerce autorisés selon la liste des intrants du FiBL.

Apports des EOC

- Le moment d'application est difficile à déterminer car la minéralisation de la grande partie de l'azote des EOC dure de 3 à 10 semaines (de 12 à 24 semaines pour les raclures de corne) :
 - culture d'automne : effectuer les apports le plus tôt possible à la sortie de l'hiver / démarrage de la végétation;
 - cultures de printemps : lors de la préparation du sol ou au semis / plantation.
- Incorporer superficiellement l'engrais (herse étrille ou sarcluse).
- Les EOC sous forme de granulés sont des pellets broyés.
- Les pellets sont moins chers que les granulés.
- Pour profiter des avantages des pellets (prix, facilité et régularité d'épandage) et de ceux des granulés (rapidité de minéralisation) on peut :
 - faire l'apport sous forme de pellet le soir, avant une rosée;
 - enfouir à la herse étrille ou par sarclage, le matin (la rosée aura ramoli les pellets qui seront fortement dégradés lors de l'enfouissement).

Comparaison de la rapidité de minéralisation d'un même engrais sous 3 formes.



Plus l'engrais est fin, plus la minéralisation sera rapide.

Utilisation des EOC (exemples avec ou sans engrais de ferme comme fumure de base) :

Fumure de base	Engrais de ferme 50 kg N / ha	Engrais vert Sans engrais de ferme	Engrais avec minéralisation	Remarques
Cultures N / ha sous forme d'EOS				
Céréales d'automne	40 - 50 ⁵⁾	50 - 100 ⁵⁾	Rapide	Améliore en général la teneur en protéines.
Colza	60 - 70 ⁴⁾	90 - 120 ⁴⁾	Rapide	Apport avant le semis est quelques fois intéressant.
Maïs grain	30 - 40 ²⁾	80 - 90 ²⁾	Moyenne	
Tournesol	0	30 - 50 ²⁾	Moyenne	
Pommes de terre	35 - 50 ³⁾	60 - 90 ³⁾	Moyenne	Engrais de ferme à éviter (risques de galle).
Pommes de terre hâtives	-	50 - 70 ³⁾	Rapide	Engrais de ferme à éviter (minéralisation trop lente).
Carottes de garde	-	40 - 50 ¹⁾	Moyenne	Engrais de ferme déconseillé.
Salades hâtives	-	100 ¹⁾	Rapide	
Salades dès mai	25 ⁶⁾	70 ⁶⁾	Moyenne	
Choux de garde	60 ⁶⁾	120 ⁷⁾	Moyenne	
Céleris de garde	60 ⁸⁾	120 ⁹⁾	Moyenne	

1) A la préparation du sol

2) Au semis

3) A la plantation

4) A la sortie de l'hiver

5) A la sortie de l'hiver / démarrage de la végétation

6) 3 - 4 semaines après la plantation

7) 80 kg N / ha à la plantation ; 40 kg N / ha, 3 - 4 semaines après la plantation

8) 5 - 6 semaines après la plantation

9) 60 kg N / ha à la plantation; 60 kg N / ha, 5 - 6 semaines après la plantation

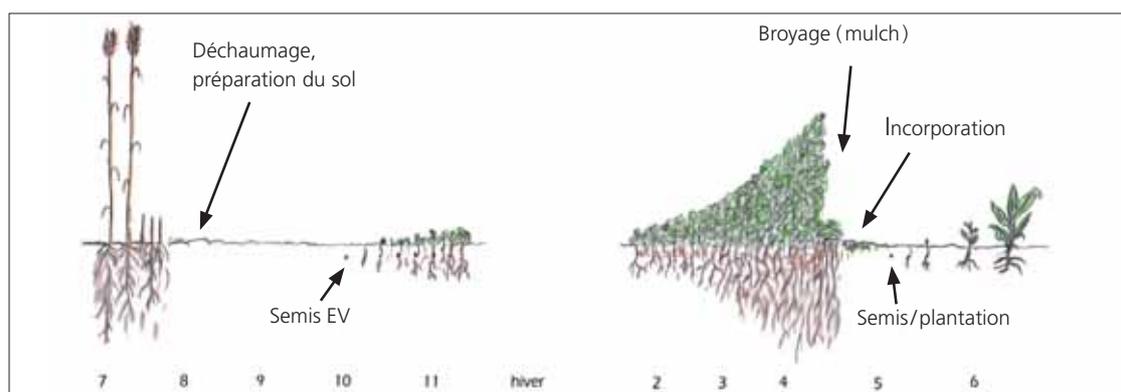
Priming effect

De faibles apports d'EOC (30 à 40 N / ha) tôt au printemps ont un effet de "réveil" sur les micro-organismes du sol et se répercutent favorablement sur l'état de la culture, le rendement et les marges.

Généralités

Certains engrais verts à base de légumineuses peuvent être d'importants fournisseurs d'azote pour les cultures semées ou plantées dès mai (tournesol, maïs, légumes à longue période de végétation).

- Dès une fourniture de 100 unités d'azote/ha, la culture d'engrais verts est rentable en comparaison aux EOC.
- Le principe est de cultiver certaines légumineuses hivernantes comme engrais vert et de les incorporer avant la culture principale.
- Intéressant pour les fermes sans bétail (ou avec peu d'engrais de ferme disponible).
- Méthode en développement.



Réalisation

Travail du sol	• Travail réduit ou labour (attention à ne pas compacter le sol).
Date de semis	• Mi-octobre (objectif : stade 2 feuilles à l'entrée de l'hiver).
Densité	• Assez dense (voir tableau FT 3.4.62). • Augmenter la densité de semis (jusqu'au double de la quantité normale) si semis en novembre.
Profondeur	• Selon l'espèce.
Interligne	• Le plus serré possible pour éviter le désherbage.
Fumure	• Aucune.
Broyage	• Entre fin avril et début mai (en cas de semis tardif de l'engrais vert, retarder si possible le broyage de manière à obtenir un maximum de masse végétale).
Incorporation et travail du sol	• Incorporer au plus vite le mulch (maximum 2 à 3 jours après le mulch). • Le but est de bien répartir le mulch dans les premiers 15 cm du sol. • Labour. • Ou charrue déchaumeuse puis herse rotative à axe horizontal. • Ou travail superficiel avec cultivateur à socs à ailettes scalpant toute la surface (utilisation de la herse étrille impossible car grandes quantités de matière en surface).
Culture suivante	• Choisir des machines adaptées à chaque situation (présence ou non de résidus en surface).

Conditions de réussite

- Plus la légumineuse est broyée tardivement et plus la quantité d'azote fournie à la culture suivante sera importante.
- Incorporer au plus vite la matière broyée pour éviter les pertes d'azote.
- Prendre soin d'éviter toute asphyxie dans le sol si enfouissement par labour (importante quantité de matière organique).

Contraintes rotation

- Ne pas utiliser de pois comme engrais vert si la rotation comprend du pois comme culture principale. Préférer dans ce cas la vesce velue ou la féverole.

Espèces et variétés

Pour une bonne fourniture d'azote, la légumineuse doit pouvoir produire une bonne masse foliaire au printemps. Elle doit avoir :

- Une bonne résistance à l'hivernage.
- Un bon développement végétatif.
- Une bonne qualité de la masse foliaire.

Espèces :

- **pois fourrager** : la variété EFB 33 a montré de bonnes performances dans la fourniture d'azote ;
- **pois protéagineux** : légèrement moins productif et moins concurrentiel que le pois fourrager ;
- **vesce velue** : particulièrement bon feuillage et pousse très rapidement, très concurrentiel contre les mauvaises herbes ;
- **féverole** : production d'azote un peu moins élevée que les pois et la vesce ;
- **trèfle violet, luzerne** : plantes possibles avec semis en juillet-août, mais pas encore testées.

Quantités et coût des semences

Espèces	Quantité par ha (semis date normale)	Prix semences	
		Cert.	Ferme
Pois fourrager	200 kg	500	200
Pois protéagineux	200 kg	500	200
Vesce velue	140 kg	700	-
Féverole	300 kg	570	260

Cert. : semences certifiées ; ferme : semences de ferme

Efficacité

Le FiBL a 3 ans d'expériences sur le sujet avec du maïs comme culture suivante et sans fumure.

Effets de l'utilisation des engrais verts sur le rendement du maïs (moyenne des essais)

	Pois protéagineux	Pois fourrager	Vesce velue	Féverole	Témoin (chaumes)
Quantité de semences (kg/ha)	200	200	140	300	
Rendement maïs plante entière (dt MS)	193	189	185	167	114

Vue des procédés de l'essai en été 2007



Procédé Féverole Pois fourr. Pois fourr. Vesce velue Seigle Pois prot. Pois fourr. Pois prot. Chaumes

Coûts

Frais d'installation et de mulch de l'engrais vert

	Pois protéagineux		Pois fourrager	Vesce velue	Féverole	
	certifiées	ferme	certifiées	certifiées	certifiées	ferme
Provenance des semences						
Semences (quantités/ha)	200	200	200	140	300	300
Coûts semences (Fr/ha)	500	200	500	700	570	260
Semis combiné (par entreprise)	280	280	280	280	280	280
Mulching	70	70	70	70	70	70
Coûts	850	550	850	1050	920	610

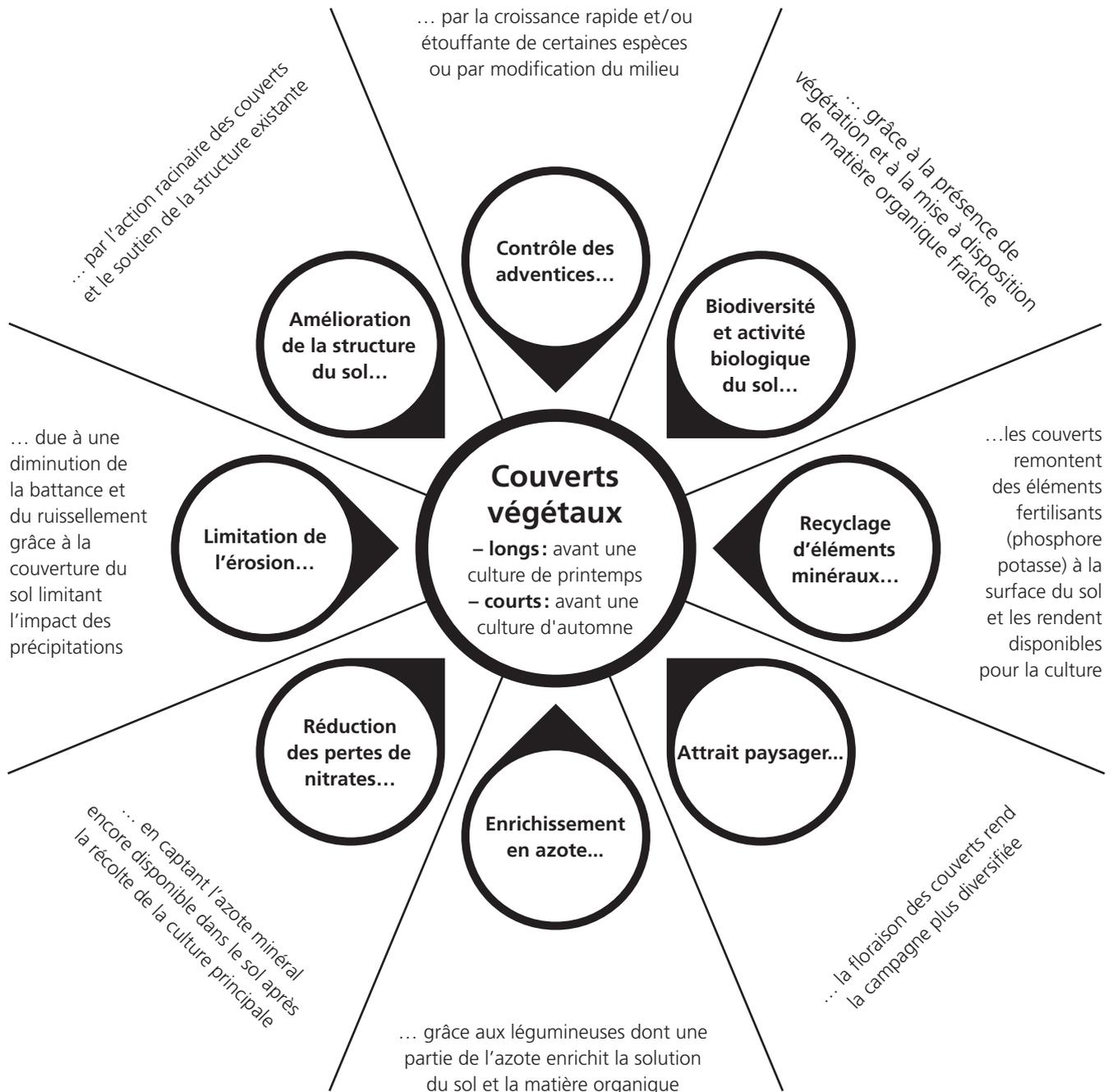
Remarque : des frais pour semis d'engrais verts existent de toute façon avant une culture de printemps.

Coût engrais organique du commerce

	Fr. / kg N	Coût engrais	Epandage	Frais totaux
Apport de 70 N/ha sous forme EOC	7.80	546.-	55.-/ha	601.-/ha
Apport de 100 N/ha sous forme EOC	7.80	780.-	55.-/ha	835.-/ha
Apport de 120 N/ha sous forme EOC	7.80	936.-	55.-/ha	991.-/ha

Dès la fourniture de 90-100 kg N/ha, la culture des engrais verts est intéressante par rapport à l'achat des EOC.

Un engrais vert est une culture d'une ou plusieurs espèces végétales, de croissance généralement rapide, cultivées pour être incorporées au sol afin d'en augmenter la fertilité.



© Nicolas Courtois

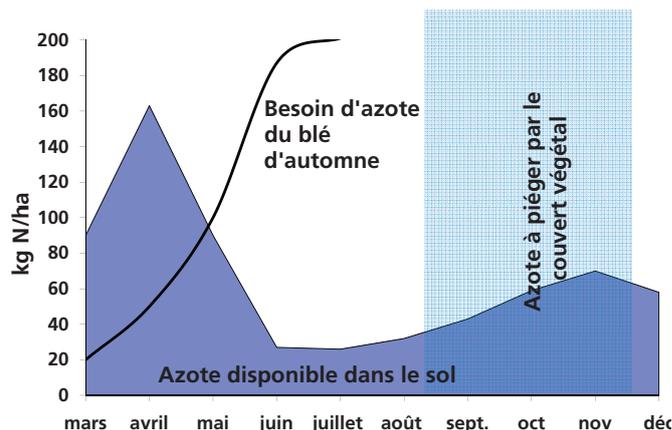
Réduction des pertes de nitrates

L'intensité de minéralisation dans le sol est influencée par :

1. la température du sol
2. l'humidité dans le sol

En été, cette minéralisation est abondante, particulièrement sur les exploitations avec des apports de fumure organique ou après des cultures de légumineuses. Afin de limiter le lessivage automnal et hivernal de cet azote :

- semer après la récolte, ou dès la fin de la sécheresse estivale;
- favoriser les espèces à développement rapide;
- éviter les couverts de légumineuses seules.

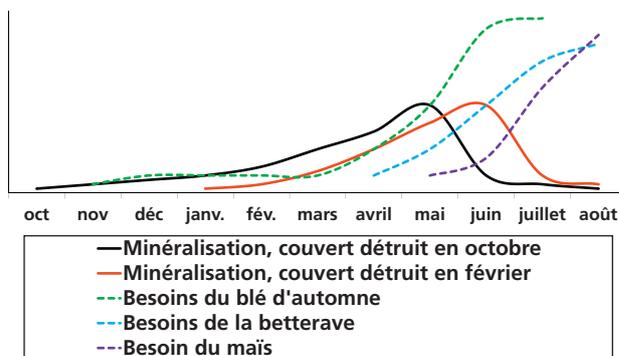


Enrichissement du sol en azote

La mise à disposition pour les cultures suivantes de l'azote piégé par les couverts (N minéral résiduel et N minéralisé) ou produit par les légumineuses est dépendante du rapport entre le carbone et l'azote contenu dans la plante. La teneur en carbone reste relativement stable (40 à 44% de la MS) par contre la teneur en azote diminue à partir de la floraison.

La minéralisation varie principalement selon :

- la date de destruction du couvert : la destruction à la floraison permet une minéralisation rapide du couvert;
- le type de couvert : les légumineuses contiennent plus d'azote (env. 4%) que les crucifères (env. 2,5%) ou les graminées (env. 1,5%);
- l'incorporation superficielle favorise la minéralisation.

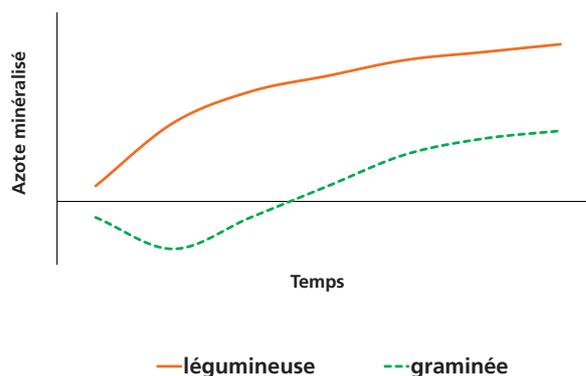


Un couvert implanté avant une culture d'automne et détruit au semis de celle-ci, peut participer à l'alimentation azotée de la culture s'il est minéralisé rapidement.

Estimation de l'azote minéralisé pour la culture suivante par des couverts (**courts et longs**) en fonction des espèces présentes et de la croissance. Source : INRA, E. Justes.

	Légumineuse	Moutarde	Graminée
Rapport C/N	10 à 15	15 à 20	20 à 30
N minéralisé en % de l'N du couvert	40 à 50	15 à 30	-15 à 15
kg N/ha libérés ou bloqués			
Croissance moyenne	20 à 25	7 à 15	-7 à 7
Croissance forte	40 à 50	15 à 30	-15 à 15

Exemple: un couvert de légumineuses détruit à la floraison avec une forte croissance libère 40 à 50 kg N/ha pour la culture de printemps suivante, alors qu'un couvert de graminées laissé en place tout l'automne peut bloquer 15 kg N/ha.



Le choix des espèces pour un couvert dépend des buts recherchés.

Un mélange d'espèces est toujours plus sûr que le semis d'une seule espèce.

Il est conseillé de combiner les effets des différentes espèces selon les objectifs fixés (voir 5.1.6 *Réaliser son mélange*).

De nombreuses firmes semencières commercialisent des mélanges de couverts/engrais vert pour diverses conditions.

De par leur capacité de fixation d'azote, les légumineuses ont une place de choix dans les couverts en agriculture biologique.

Certaines légumineuses sont sensibles à *Aphanomyces*, d'autres sont tolérantes.

Tolérantes	Lentille fourragère, vesce d'été, vesce velue, féverole, gesse, pois, fénugrec, trèfle incarnat, trèfle d'Alexandrie, trèfle de Perse.
Sensibles à plus ou moins tolérantes	Pour les espèces suivantes, on trouve des variétés sensibles à plus ou moins tolérantes à <i>Aphanomyces</i> : trèfle blanc, trèfle violet, trèfle souterrain, luzerne, luzerne lupuline, lotier corniculé, mélilot.

Sous-semis

Certaines espèces de légumineuses à petites graines se prêtent très bien à une implantation, comme sous-semis, dans une culture en place.

Les principaux avantages sont un coût limité pour l'ensemencement (travail et quantité de semence), ainsi qu'une production de biomasse souvent bien supérieure.

L'installation en sous-semis est plus risquée dans les cultures principales avec des espèces et variétés à fort développement. Par exemple, il sera plus facile d'installer un couvert ou une prairie temporaire en sous-semis dans un blé court à feuillage dressé (érectophile), ou peu dense, que dans une céréale élevée, arborant des feuilles larges et retombantes (planophile) où l'effet concurrence s'exerce tant sur le sous-semis que sur les adventices.

Afin de garantir le succès de la culture principale, le sous-semis ne doit pas concurrencer la culture principale (eau, lumière, place, éléments nutritifs). De plus il faut faire attention aux points suivants :

- le sous-semis ne doit pas compliquer la récolte de la culture principale ;
- éviter de mettre des espèces élevées en sous-semis dans des cultures basses (risque d'invasion et complication de la récolte) ;
- installer une culture pas trop dense ;
- le sous-semis ne doit pas venir à maturité avant la culture ;
- éviter les sous-semis sur les parcelles nécessitant un déchaumage pour lutter contre des mauvaises herbes problématiques comme le chiendent, le liseron ou le chardon ;
- semer les sous-semis sur un sol fraîchement travaillé pour faciliter l'incorporation des graines et la levée (semis lors du dernier passage de la herse étrille ou après un sarclage par exemple).

Quantité de semence / ha en fonction de l'implantation

	En sous-semis	Après la culture
Trèfle blanc	5–7	8–15
Trèfle violet	8–12	15–20
Luzerne	8	15–25
Luzerne lupuline	~ 8	~ 20
Lotier corniculé	5–6	20–25
Mélilot	5–6	25–30



Sous-semis dans un blé peu dense.

Choisir les espèces en fonction des objectifs et services attendus

Raisonner le choix des espèces

Avant cultures d'automne (couvert court)	Avant cultures de printemps (couvert long)	
Min. 8 semaines de croissance	Semis précoces	Semis tardifs
↓	↓	↓
Espèces à démarrage rapide et destruction facile (pois, nyger ou moutarde)	Espèces à floraison tardive (vesce, graminées, etc.) ou avec forte tolérance au stress hydrique et à la chaleur (nyger, sorgho, etc.)	Espèces avec un faible besoin en chaleur (moutarde, seigle) ou espèces peu sensibles au gel (pois hivernant)

Critères de choix propres à la parcelle

Minéralisation importante	<ul style="list-style-type: none"> • Préférer les espèces à croissance rapide comme les crucifères, la phacélie ou l'avoine. Eviter les légumineuses pures.
Besoin en azote	<ul style="list-style-type: none"> • Avant une culture gourmande en azote, favoriser les légumineuses.
Rotation avec colza	<ul style="list-style-type: none"> • Eviter les crucifères.
Rotation avec betteraves	<ul style="list-style-type: none"> • Eviter les espèces qui arrivent à graines rapidement (moutarde blanche) • Privilégier les variétés qui diminuent la population de nématodes à kystes.
Rotation avec légumineuses	<ul style="list-style-type: none"> • Eviter les légumineuses pures.
Type de semoir	<ul style="list-style-type: none"> • Choix des espèces en fonction des caractéristiques du semoir (profondeur d'implantation, volume de la trémie, etc.).
Destruction de la végétation	<ul style="list-style-type: none"> • Préférer des espèces gélives ou destructibles facilement mécaniquement.

Par le mélange de différentes espèces complémentaires, il est possible d'atteindre différents buts (profondeur d'enracinement, captage azote, etc.) avec un même couvert et d'augmenter sa stabilité. Il est important de viser à répondre aux fonctions principales attendues d'un couvert.

Contraintes et solutions

Limaces : le maintien d'une ambiance humide et protégée favorise la prolifération des limaces.

→ Choisir des espèces peu appétentes (phacélie, vesce, etc.).

Maladies : certaines espèces de couvert peuvent augmenter des risques parasitaires (hernie des crucifères, sclérotiniose, nématodes, viroses, etc.).

→ Choisir des espèces appropriées, réduire le risque par le mélange de diverses espèces.

→ Certaines espèces limitent au contraire la présence de maladies ou de parasites (plantes pièges des nématodes à kystes).

Les cultures intermédiaires limitent la possibilité de **déchaumage**, de **faux-semis** ou de lutte contre les adventices vivaces durant la période estivale.

→ Raisonner la date de semis des couverts en fonction du salissement de la parcelle.

Coût : le semis de cultures intermédiaires peut engendrer un travail du sol et des coûts de semences importants.

→ Choisir les espèces en fonction des objectifs.

Gestion de la fumure et des engrais de ferme

Si l'épandage des engrais de ferme retarde trop le semis, ils peuvent également être épandus :

- après le semis du couvert, durant la levée de ce dernier en août ;
- après la destruction du couvert.

Mode d'emploi pour réaliser son mélange

Il n'existe pas de mélange type, il est conseillé de combiner les effets des différentes espèces selon les objectifs fixés.

Les principaux objectifs qui orientent le choix des espèces dans le mélange sont :

Le pouvoir étouffant	• Pois fourrager, radis, moutarde, phacélie
Le piègeage d'azote	• Crucifères, phacélie, avoine, nyger
La synthèse d'azote	• Trèfles, pois fourrager, vesce
L'effet plantes tuteurs	• Féverole, tournesol, moutarde, nyger, avoine
La structuration en profondeur du sol	• Radis, féverole, tournesol, phacélie et nyger

Même si le risque est moins important en mélange qu'en espèce pure, il est tout de même indispensable de considérer les risques sanitaires dans le choix des espèces.

Principes de mélange d'espèces

Les mélanges permettent d'augmenter l'efficacité du couvert végétal en jouant sur la complémentarité des espèces présentes :

- associer des plantes au développement végétatif différent pour utiliser tout l'espace : plantes buissonnantes, au port dressé ou grimpantes ;
- choisir des plantes avec des systèmes racinaires différents pour explorer diverses profondeurs du sol ;
- la présence de légumineuses dans une proportion de 60 à 80% permet d'augmenter la croissance et d'améliorer la mise à disposition de l'azote pour la culture suivante ;
- des plantes à floraison décalée permettent de favoriser les auxiliaires des cultures et fournir du nectar aux espèces mellifères.

Il est techniquement possible de mélanger toutes les tailles de graines, mais elles n'ont pas toujours les mêmes exigences de semis. Ainsi certaines demandent un enfouissement superficiel, d'autres sont semées en profondeur. Il est possible de pratiquer en deux fois : un premier passage est réalisé à la volée, suivi d'un second passage de semoir qui incorporera les graines. Il est également possible d'opter pour une profondeur de semis moyenne.

Généralement, les mélanges de graines ne se séparent pas après un bon brassage.

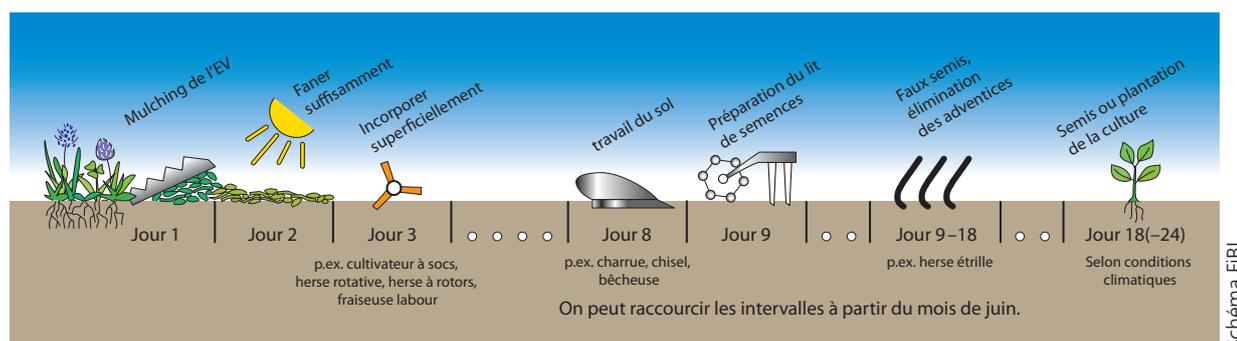
Adapter la densité de chaque espèce présente afin d'éviter une surdensité ou une trop forte concurrence.

Calculer la densité de semis de chaque espèce en multipliant la quantité de semis de chaque espèce par le pourcentage souhaité dans le mélange.

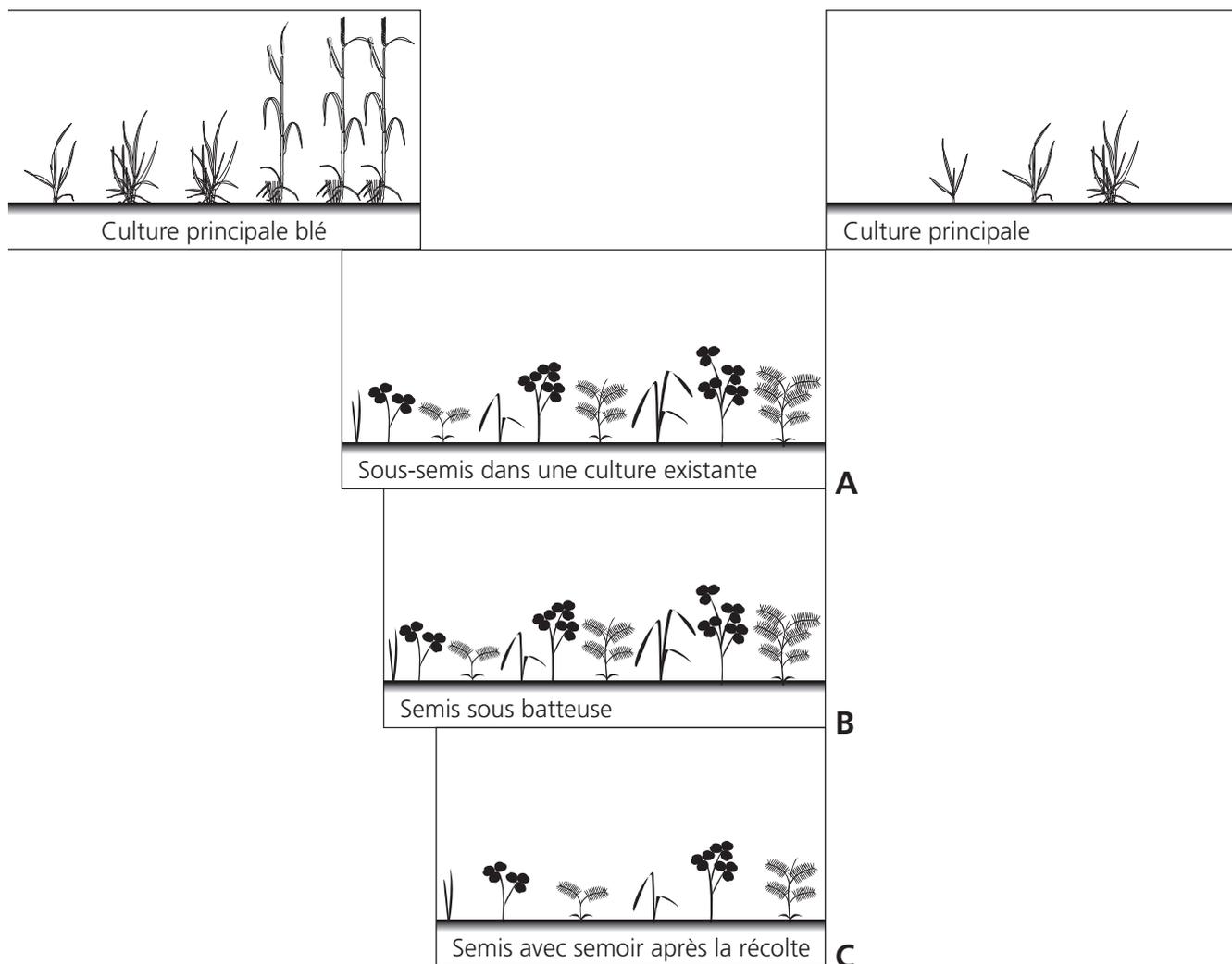
Exemple de couvert long semé en fin juillet : mélange d'avoine de printemps (25%), de phacélie (25%) et de vesce commune (50%).

Espèce	Fonction	Taux dans mélange	Quantité de base	Quantité mélange
Avoine de printemps	Piègeage d'azote	25%	130 kg/ha	32 kg/ha
Phacélie	Structuration	25%	10 kg/ha	2,5 kg/ha
Vesce commune	Synthèse d'azote	50%	80 kg/ha	40 kg/ha
Total				74 kg/ha

Exemple de procédé d'incorporation d'un engrais vert et de l'implantation de la culture suivante



Optimiser le système de semis



A. Semis dans une culture existante

- choisir des espèces qui germent à la lumière (crucifères, trèfles, etc.);
- mise en place peu coûteuse, si possible par un semoir à engrais pneumatique ou lors du dernier passage de la herse étrille;
- fortement dépendant des conditions météo;
- évite un travail du sol qui favoriserait la minéralisation et la perte d'eau du sol;
- semer au plus tard 10 à 15 jours avant la moisson afin d'éviter les pertes par égrenage;
- semer de préférence avant une pluie afin de favoriser la levée des graines;
- répartition correcte des pailles et des menues pailles.

B. Semis sous batteuse

- choisir des espèces qui germent avec un enfouissement superficiel;
- permet de profiter de la fraîcheur laissée par la culture si la paille n'est pas récoltée;
- fortement dépendant des conditions météo;
- nécessite une installation sur la batteuse et rend le battage plus complexe (remplissage du réservoir);
- les espèces qui nécessitent d'être couvertes sont protégées par la paille;
- adapter la hauteur de fauche pour former un paillage de 1 à 2 cm recouvrant les graines;
- répartition correcte des pailles et des menues pailles.

C. Semis après récolte

- ce semis assure une bonne répartition de la graine et une meilleure levée des couverts;
- choix des espèces non restreint;
- choix de la date de semis non restreint en fonction des conditions pédologiques et climatiques;
- seul semis envisageable lors de la lutte contre des vivaces.

Modes de semis après récolte

Type de semis	Matériel	Avantages	Inconvénients
Travail intensif	<ul style="list-style-type: none"> Déchaumeur (ou charrue) puis rotative-semoir. 	<ul style="list-style-type: none"> Destruction totale des adventices présentes. Placement des graines. 	<ul style="list-style-type: none"> Coût de machines. Temps de travail.
Travail simplifié	<ul style="list-style-type: none"> Semoir à engrais traditionnel puis déchaumeur. 	<ul style="list-style-type: none"> Ne nécessite pas de matériel spécifique. 	<ul style="list-style-type: none"> Epandage irrégulier selon les espèces. Nécessite deux passages. Le rappuyage peut être insuffisant (un roulage améliore la levée).
	<ul style="list-style-type: none"> Déchaumeur équipé d'un semoir. 	<ul style="list-style-type: none"> Un seul passage pour le semis et le déchaumage. 	<ul style="list-style-type: none"> La capacité du semoir en volume et en type de graine peut être limitée.
Sans travail du sol	<ul style="list-style-type: none"> Semoir de semis direct. 	<ul style="list-style-type: none"> Peu coûteux en carburant. Placement des graines. Limite la mise en germination d'adventices. 	<ul style="list-style-type: none"> Nécessite un semoir spécifique. Absence de destruction mécanique des adventices. Absence d'incorporation des pailles.

Le semis direct sous couvert végétal

Principe

Les semences sont déposées directement dans le sol non travaillé (maximum, 25 % de la surface du sol est remuée) grâce à des semoirs spéciaux. Le sol reste ainsi en permanence couvert par les résidus végétaux.

En fonction des assolements, les résidus de culture ne suffisent pas et il faut mettre en place dès que possible, des couverts végétaux pour profiter pleinement des avantages du semis direct (Voir classeur *Machinisme et bâtiments Fiches techniques 2.40.1-3 et 2.9.1-2*). On parle alors de **semis direct sous couvert végétal** :

- Semer directement un **couvert après la moisson**.
- Effectuer, le moment venu, le **semis direct de la culture principale** dans le couvert en place.
- Le couvert est détruit par le gel ou mécaniquement. Il forme ainsi un paillage au sol.



© Nicolas Courtois

Entretien du couvert végétal

Coupe de nettoyage

- En cas de forte pression d'adventices et d'engrais verts faiblement développés :
→ Faire une coupe de nettoyage (avant la floraison des adventices).
- Si le développement de l'engrais vert est trop important ou en cas de risque de mise à graines de l'engrais vert ou d'adventices :
→ Faucher ou réduire l'engrais vert (fauche ou pâturage pendant une courte période par des ruminants – ne pas faire pâturer si les crucifères sont en fleurs!).

Fumure

- Aucune fumure ni amendement spécifique pour les cultures d'engrais verts.

Optimiser la destruction des couverts

La destruction des cultures intermédiaires empêche la mise à graines et initie leur décomposition par les organismes du sol.

- Plus la destruction intervient tardivement, plus l'influence sur la culture suivante sera importante : mise à disposition des éléments fertilisants retardée (en particulier l'azote), assèchement du sol au printemps ou difficulté de réchauffement du sol.
- Dès la floraison des couverts, l'assimilation d'azote se termine. Une destruction après ce stade augmente le risque de blocage de l'azote dans la culture suivante.
- Incorporer l'engrais vert assez tôt avant l'installation de la culture suivante (meilleure décomposition de la matière organique et diminution du risque de repousses) :
 - au moins 1 mois avant, si les conditions sont défavorables à une décomposition rapide (matière organique dure et abondante, grossièrement broyée, sur sol peu actif et par temps froid et humide);
 - 1-2 semaines avant, si les conditions sont optimales (engrais vert jeune et tendre, finement broyé, sur un sol vivant et par temps chaud et sec).

Modes de destruction des couverts végétaux

Gel	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir des espèces sensibles au gel. • Leur sensibilité est renforcée par un fort développement. • Les engrais non hivernants gèlent mieux lorsqu'ils sont en fleurs.
Roulage classique	<ul style="list-style-type: none"> • Sur sol gelé. Permet d'accroître la sensibilité au gel des espèces.
Roulage faca	<ul style="list-style-type: none"> • De préférence sur sol gelé. • Permet un premier hachage du couvert. • Méthode de destruction la plus sûre et la plus économique.
Scalpage	<ul style="list-style-type: none"> • Avec un travail superficiel sur un terrain ressuyé. • Utiliser de préférence un déchaumeur à disque indépendant ou un déchaumeur à pattes d'oies.
Broyage	<ul style="list-style-type: none"> • De préférence sur sol gelé. • Permet un hachage important du couvert et ainsi une minéralisation rapide. • Méthode coûteuse et gourmande en énergie.
Labour	<ul style="list-style-type: none"> • Destruction de tout type de couvert. • Une grande masse végétale peut toutefois être gênante et l'enfouissement en profondeur peut créer un matelas bloquant la croissance de la culture.

Afin d'optimiser la mise à disposition de l'azote issu des végétaux, le rouleau faca permet une destruction efficace et bon marché des couverts à la floraison.

Des débris végétaux plaqués au sol (par un roulage ou par la pression de la neige) maintiennent l'humidité dans le sol mais, de ce fait, limitent le réchauffement au printemps. Selon les types de semoirs, ces débris peuvent également rendre le semis plus difficile.

Cet inconvénient peut être réduit par le choix d'espèces qui restent dressées malgré le poids de la neige (plante tuteur) ou par un travail du sol précoce au printemps.



© André Zimmermann

Contraintes pour les rotations légumières

Eviter les transmissions en général

Le risque de transmission des maladies est important en rotation avec des légumes, particulièrement pour les crucifères et les légumineuses.

- Respecter les délais de retour des cultures pour éviter la transmission des maladies et ravageurs tels que la hernie du chou, la sclérotinose, la fusariose et les nématodes.
- Choisir des espèces d'engrais vert neutres, comme la phacélie ou les graminées (seigle vert, avoine vert ou ray-grass).

Crucifères comme légume

Hernie du chou

Nombre de cultures de choux dans une période de cinq ans	Crucifères comme engrais vert dans la rotation
Une ou plusieurs en cinq ans.	Pas de crucifères comme engrais vert.
Moins de une culture de choux en cinq ans.	Ne pas utiliser de crucifères comme engrais vert avant et après une culture de choux.

Légumineuses comme légume

- Ne jamais mettre une légumineuse comme engrais vert juste avant une légumineuse comme culture principale.

Haricots

Engrais vert utilisé	Pause minimum (entre engrais vert légumineuse et haricot comme culture)
Pois	Minimum trois ans.
Féverole ou lupin	Minimum deux ans.
Autres légumineuses	Minimum une année.

Pois

Engrais vert utilisé	Pause minimum (entre engrais vert légumineuse et haricot comme culture)
Trèfle, luzerne, vesce	Minimum deux ans (mieux quatre).
Pois	Ne pas semer des variétés de pois comme engrais vert dans la rotation.

Risques de repousses

- Il y a souvent risque de repousses après engrais vert de longue durée avec ray-grass ou luzerne (> 12 mois)
 - installer une culture à avec bon développement (choux, pommes de terre);
 - proscrire des espèces à semer exigeantes en désherbage.
- Parmi les graminées, le ray-grass anglais et la fétuque des prés posent peu de problèmes de repousses.

Lutte contre les limaces et larves de tipules

- Les engrais verts hivernants favorisent le développement des limaces et des tipules.
Sur les parcelles à risque et lors de cultures suivantes sensibles :
→ labourer l'engrais vert à partir du 15 février (dans de bonnes conditions de sol).

Destruction de l'engrais vert : voir *Fiches techniques 5.1.9.*

Exemples de positionnement d'engrais vert de différentes durées dans la rotation

Type d'engrais vert	Culture précédente	Engrais vert	Culture suivante
< 3 mois au printemps	Pain de sucre, endives (récolte début novembre).	Phacélie, moutarde, trèfle d'Alexandrie, vesces d'été (semis au printemps à partir de début mars).	Carottes de garde.
Non hivernant	Brocoli (récolte août).	Phacélie, mélange de vesces/avoine (semis immédiatement après la récolte).	
Hivernant	Brocoli (récolte fin août).	Phacélie, mélange de vesces/avoine (semis immédiatement après la récolte).	Salades, fenouil (dès mi-avril) ou céleri de garde.
> 12 mois	Oignons plantés.	N-plus, mélange avec trèfle d'hiver, pois hivernants, Prairie Mst 230, 330, mélange luzerne/graminées 323 (semis jusqu'à fin août).	Choux divers.