

# Formation en Agronomie Biologique

Dr. Martin Entz – Université du Manitoba

## Leçon 1

### Rotations et Gestion des Éléments Nutritifs



## Formation Agronomie Biologique

Cette formation a été élaborée et offerte par Martin Entz, Ph. D., Département des sciences végétales, Université du Manitoba. Il s'adresse aux agronomes des secteurs privé et public qui souhaitent répondre à la demande croissante des producteurs pour plus d'informations sur la production de céréales biologiques. Les céréaliers qui envisagent une transition vers l'agriculture biologique ou les praticiens de l'agriculture biologique actuels qui souhaitent apprendre la théorie et les dernières connaissances scientifiques trouveront également le cours précieux. Le cours a été conçu en pensant aux Prairies, mais les agronomes d'autres écorégions apprendront les principes universels de la production biologique.

La formation consistait en cinq sessions en ligne en direct de 75 minutes sur deux semaines en janvier 2023 :

- 5 janvier : Rotations et Gestion des Éléments Nutritifs
- 6 janvier : Semences et Ensemencement, Travail du Sol et Gestion des Mauvaises Herbes
- 10 janvier : Lutte Contre les Maladies, les Insectes (et les Mauvaises Herbes)
- 12 janvier : La Santé des Sols Dans les Systèmes d'Agriculture Biologique
- 13 janvier : Questions et Réponses

Tout le contenu du cours (enregistrements de cours, présentations et notes) est accessible sur [pivotandgrow.com](http://pivotandgrow.com).

La formation en agronomie biologique a été élaborée dans le cadre de la Stratégie canadienne sur les ingrédients biologiques du Prairie Organic Development Fund.

**La Stratégie Canadienne des Ingrédients Biologiques  
a été financée par :**

 PARTENARIAT  
CANADIEN pour  
l'AGRICULTURE





# Table des matières

Leçon 1 : Gestion des éléments nutritifs : Azote dans la rotation des cultures biologiques.....	2
Fixation de l'azote.....	3
Façons d'intégrer des légumineuses à la rotation des cultures .....	4
<i>Échos du terrain : MacKay Ross</i> .....	4
Légumineuses à grains .....	5
<i>Échos du terrain : Penny Lane Organic Farms</i> .....	5
Légumineuses fourragères vivaces .....	6
<i>Échos du terrain : Haywire Farms</i> .....	7
<i>Échos du terrain : Marshall Farms</i> .....	7
Culture de couverture.....	8
Minéralisation de l'azote .....	13
Gestion des éléments nutritifs : Phosphore, potassium, soufre et micronutriments .....	15
Évaluation des carences en éléments nutritifs .....	16
Analyse du sol.....	17
<i>Échos du terrain : Mill Creek Organics</i> .....	17
<i>Échos du terrain : Upland Organics</i> .....	19
Bilan nutritif .....	19
Sources d'éléments nutritifs.....	21
Fumier de ferme.....	21
Compost.....	23
Autres sources d'éléments nutritifs biologiques .....	25
Éléments nutritifs de l'économie circulaire.....	27
Tirer des leçons des études passées sur les Prairies.....	29
Exemples de rotations de cultures biologiques .....	30
<i>Échos du terrain : Upland Organics</i> .....	31
Cinq principes de la santé des sols .....	31
<i>Échos du terrain : Penny Lane Organic Farms</i> .....	32
Comment les rendements en régie biologique se comparent- ils à ceux en régie conventionnelle? .....	33

# Leçon 1 : Gestion des éléments nutritifs : Azote dans la rotation des cultures biologiques

Il peut être difficile de fournir un apport en azote aux cultures biologiques, particulièrement dans les exploitations de céréales à grande échelle. Toutefois, l'intégration de légumineuses dans la rotation des cultures peut aplanir cette difficulté. Dans la grande majorité des fermes biologiques des Prairies, les légumineuses sont la principale source d'azote, avec le fumier et d'autres amendements comme sources secondaires, mais ces dernières sont surtout utilisées là où l'élevage de bétail est intensif ou dans la production biologique à petite échelle, comme les jardins maraîchers.

Visionnez la vidéo suivante de 30 minutes de Martin Entz pour en apprendre plus sur l'apport d'éléments nutritifs en régie biologique : [Nutrient management in organic grain production](#)

## Different grain legume crops add different amounts of N to following crop

Estimates of N contribution to the following crop from having grain legumes crops in rotation

Grain Legume	N addition to following crop
Pea, lentil, fababean	10-15 kg N/1000 kg of seed harvested
Chickpea	3 kg N/1000 kg of seed harvested
Dry bean	1 kg N/1000 kg of seed harvested
Soybean	1 kg N/1000 kg of seed harvested



Field pea

Chickpea



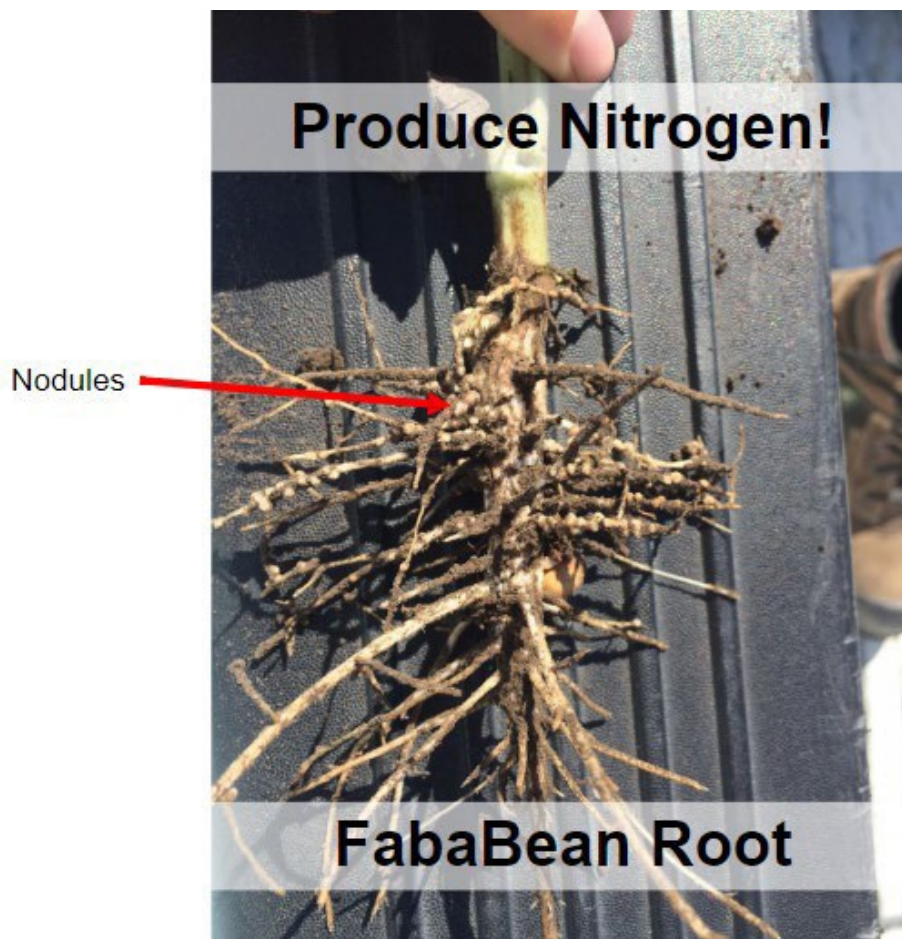
Soybean

Dry edible beans


## Fixation de l'azote


La fixation de l'azote est le processus par lequel certaines bactéries dans le sol, les rhizobiums, captent l'azote atmosphérique et le transforment en azote utilisable par les végétaux. Ce processus s'opère dans les nodules (excroissances) ronds ou oblongs sur les racines des légumineuses. Même si les rhizobiums sont naturellement présents dans le sol, il est possible d'utiliser un inoculant commercial à base de rhizobium. En effet, chaque type de légumineuse contient une espèce spécifique de rhizobium, mais les inoculants commerciaux en contiennent tout un éventail qui peut inoculer diverses légumineuses. Nous aborderons ce point à la leçon 2.

La fixation de l'azote atteint son apogée juste avant la floraison. Pour maximiser la contribution en azote d'une légumineuse, il faut la détruire à la pleine floraison. Pendant la maturation des légumineuses, une grande partie de l'azote migre vers les feuilles et particulièrement vers les graines. Si les graines sont récoltées ou que les légumineuses sont fauchées pour servir de foin, le champ perdra donc une large part d'azote.



## Façons d'intégrer des légumineuses à la rotation des cultures

**How can you be sure the plant is fixing well?** 



- The plant is growing well and deep green in colour.
- It has lots of nodules, mostly at the crown (if seed applied), this is a good sign but not definitive,
- The nodules are large and of good weight, again a good sign, but not definitive.
- Definitive if the nodules are pink or red in colour.

- Légumineuses à grains (p. ex., pois, lentilles, soja, féveroles, lupins)
- Luzerne ou trèfle vivace
- Culture de couverture : engrais vert d'une année (p. ex., culture intercalaire de féverole et d'avoine)
- Culture de couverture : légumineuses de fin de saison (p. ex., semis de pois après une culture céréalière ou sursemis de trèfle rouge dans une culture céréalière mature)

---

### **Échos du terrain : MacKay Ross**

*Au milieu de l'été de la première année de la rotation des cultures, MacKay Ross incorpore habituellement des pâturages et sème des cultures de couverture « pour couvrir la terre et accumuler du sol pendant le reste de l'année en cours ». Le printemps suivant, ilensemencera sans labour une culture commerciale, souvent des pois.*

*« Dans le cas de quelque chose comme des pois, où on se retrouve juste avec de la poussière à l'arrière de la moissonneuse-batteuse », explique MacKay, il va contre-ensemencer la culture dans le trèfle souterrain afin de compenser le manque de biomasse.*

*Le trèfle souterrain ne rivalise pas avec les pois, souligne-t-il. « Pourtant, c'est une couverture solide. Dès le début du printemps, le trèfle souterrain couvre le sol. » Ilensemence ensuite de l'avoine. Après la récolte d'avoine, il y a suffisamment de chaume pour protéger le sol pendant l'hiver.*

*MackKay utilise ce que certains pourraient considérer comme une contrainte climatique à son avantage. Étant dans la zone 2 b, la plupart des cultures de couverture ne peuvent pas survivre à l'hiver. L'utilisation de cultures de couverture détruites par l'hiver, comme le trèfle souterrain et le trèfle incarnat, permet à MackKay de semer plus tôt au printemps tout en protégeant le sol pendant l'hiver. Toutefois, le fait de n'avoir qu'environ 80 jours sans gel limite les choix de MackKay en matière de cultures commerciales et de couverture.*

*Il envisage de semer de l'avoine sous couverture de légumineuses annuelles comme le trèfle incarnat. Ou s'il estime qu'il est temps de faire des pâturages, il sèmera de l'avoine de couverture avec un mélange de foin vivace.*

---

## **Légumineuses à grains**

Parmi les légumineuses à grains biologiques très présentes dans la région des Prairies, notons les pois, les lentilles, le soja, les haricots secs, les féveroles, les pois chiches et les lupins. Même si toutes ces cultures fixent une quantité considérable d'azote durant leur croissance, une large part disparaît au moment de la récolte.

*Quelle quantité d'azote subsiste après la croissance de légumineuses à grains? Les scientifiques ont tenté de répondre à cette question et d'établir la quantité disponible pour la culture suivante. Au Manitoba, les pois, les lentilles et les féveroles fournissent de 10 à 15 kg d'azote par 1 000 kg de graines récoltées. Exprimées en boisseaux, ces cultures fourniront de 8,9 à 13 lb d'azote par 15 boisseaux de récolte, soit 0,6 à 0,88 lb d'azote par boisseau de pois, de lentilles ou de féveroles récoltés. Le soja et les haricots secs ne laisseront que 1 kg d'azote par 1 000 kg de graines récoltées, et les pois chiches, 3 kg d'azote pour la même quantité de graines récoltées<sup>1</sup>.*

---

### **Échos du terrain : Penny Lane Organic Farms**

*Pour ce qui est des cultures commerciales de Penny Lane Organic Farms en Saskatchewan, les lentilles réussissent le mieux. Ce fut une surprise pour Stewart Wells pendant la transition de la ferme. La ferme avait cultivé des lentilles avec des herbicides, mais il avait des doutes sur les chances de réussite en culture biologique « parce que les lentilles ne sont pas très concurrentielles. Elles ne poussent pas très haut, ne font pas d'ombre aux mauvaises herbes ou ne rivalisent pas activement avec les mauvaises herbes. »*

*Il s'agit de l'une des meilleures cultures de Penny Lane sur le plan financier, « presque tous*

*les ans, à l'exception des années de sauterelles ». Les sauterelles sont particulièrement dommageables pour les lentilles parce qu'elles attaquent principalement les fleurs et les gousses. Même si les plants ont l'air sains, vous pouvez ne pas avoir de récolte.*

*La ferme est passée de la culture des grosses lentilles vertes à celle des petites lentilles vertes avant de choisir finalement la culture des lentilles vertes françaises (CDC Peridot), aussi appelées lentilles du Puy. Les lentilles vertes françaises se vendent plus cher et présentent des avantages agronomiques.*

*Elles se conservent mieux que les grosses lentilles vertes, qui peuvent s'oxyder et changer de couleur en entreposage, ce qui fait chuter leur valeur. En revanche, Stewart affirme avoir constaté que les acheteurs peuvent être satisfaits de lentilles françaises vieilles de trois ans. De plus, les petites lentilles et les lentilles vertes françaises sont moins sensibles au pourridié que les grosses lentilles.*

*« Avec les lentilles et les pois, je craignais de cultiver trop de variétés différentes. » Stewart se souvient d'avoir nettoyé les trémies une année où ils avaient cultivé des pois verts et jaunes à la ferme. Il a regardé en arrière et a vu dans la trémie un mélange jaune-vert qui « semblait joli, mais serait assez difficile à vendre ».*

---

## **Légumineuses fourragères vivaces**

Les cultures fourragères vivaces, comme la luzerne et le trèfle rouge, peuvent fournir de grandes quantités d'azote aux cultures suivantes. Par exemple, à Portage-la-Prairie, au Manitoba, la quantité d'azote disponible dans le sol après une récolte de luzerne de 3<sup>e</sup> année était de 149 kg/ha (127 lb/acre), et ce, même après deux récoltes de foin cette année-là. Ainsi, les récoltes suivantes disposeraient d'une réserve d'azote de 149 kg/ha (127 lb/acre)<sup>2</sup>.

Quantité totale d'azote fixé : De 155 à 415 lb/acre Apport d'azote net dans le sol :

- Année 1 – 75 lb/acre
- Année 2 – 132 lb/acre
- Année 3 – 127 lb/acre

---

<sup>1</sup> Przednowek, D.W.A., M.H. Entz, B. Irvine, D.N. Flaten et J.R. Thiessen Martens, 2004. Rotational yield and apparent N benefits of grain legumes in southern Manitoba. *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 84, numéro 4, p. 1093-1096.

<sup>2</sup> Kelner, D.J., J.K. Vessey et M.H. Entz, 1997. The nitrogen dynamics of 1-, 2- and 3-year stands of alfalfa in a cropping system. *Agriculture, ecosystems & environment*, vol. 64, numéro 1, p. 1-10.



*Mélange graminée-légumineuse ou légumineuse en pur?* Quelle est la contribution en azote des cultures fourragères qui combinent les graminées et les légumineuses (p. ex., luzerne et fléole des prés)? Tant que la légumineuse représente au moins 50 % de la matière sèche, la contribution en azote du mélange sera le même que si une légumineuse en pur avait été utilisée.

*Pâturage ou fauche?* Qu'en est-il lorsque la légumineuse vivace sert de pâturage? Les scientifiques estiment que la quantité d'azote disponible à la suite du pâturage est environ 15 % supérieure à celle résultant de la fauche.

---

### **Échos du terrain : Haywire Farms**

*L'utilisation d'une coupe de cultures de couverture comme ensilage est une façon de trouver un équilibre à la ferme Haywire Farms située en périphérie d'Edmonton. En un sens, cette première coupe contribue au flux de trésorerie de la ferme en donnant l'ensilage au bétail. Et la pousse qui pourrait faire l'objet d'une deuxième coupe est laissée sur place au profit du sol. « Nous faisons le partage entre les besoins de production de revenus et les besoins du sol », indique Trevor Riehl. « Je comprends qu'une année complète de couverture verte représente une source de revenus pour l'avenir, mais il faut savoir ce qui est logique compte tenu des frais généraux ».*

---

### **Échos du terrain : Marshall Farms**

*Pour apporter de l'azote dans la rotation, les Marshall ont des cultures intercalaires de luzerne et de chanvre. Dans la même passe d'ensemencement, ils sèment 10 livres/acre de luzerne dans le même rang que 30 livres de chanvre. S'il y a un problème avec une couche très dure, ils peuvent ajouter de la chicorée au mélange.*

*« À l'automne, lorsque le chanvre est coupé, ces petits plants de luzerne prennent du soleil et continuent de pousser », explique Larry Marshall. S'ils veulent un engrais vert, ils incorporent la luzerne à la fin juillet de l'année suivante et obtiennent 100 livres d'azote par acre.*

## Culture de couverture

Culture de couverture : Engrais vert de pleine saison

De nombreux agriculteurs biologiques des Prairies consacrent une pleine saison à la culture d'engrais vert de légumineuses. Une culture d'engrais vert est une culture de couverture qui n'est pas récoltée. Son seul objectif est d'enrichir le sol.

La trousse d'outils sur les engrais verts [Green Manure Tool Kit | Pivot and Grow](#) offre une foule d'information sur la sélection, l'ensemencement, la gestion et la destruction des engrais verts et met l'accent sur les fermes biologiques des prairies canadiennes. Le livre en anglais gratuit et téléchargeable [Managing Cover Crops Profitably, 3rd Edition – SARE](#) est une autre excellente ressource.

### Legumes – critical to supply nitrogen



<http://www.pivotandgrow.com/resources/production/green-manures/module-1-choosing-a-green-manure/#1467244573285-63e76f6c-cf98>

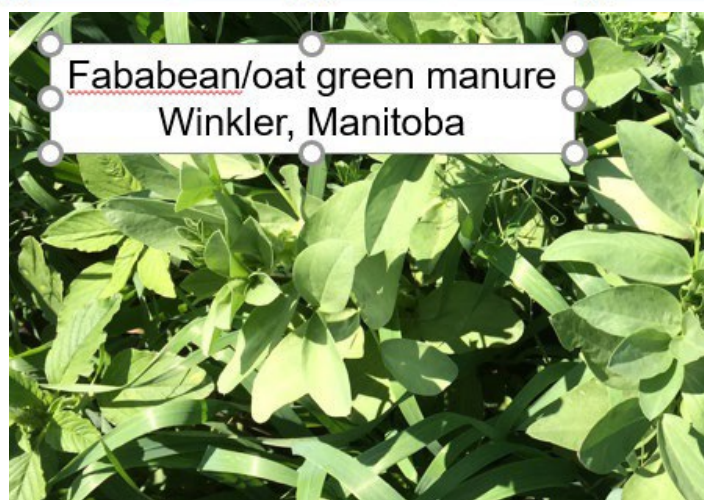
## Green manure yield and %N data from U of M Carman, 2006 and 2007

Table 1. Green manure crop data for 2006

Green manure	Nitrogen %	Dry matter	
		Production kg/ha	Nitrogen
Pea	2.52	4138	111
Hairy vetch	2.43	4159	101
Pea-oat	2.21	4348	97
Chickling vetch	3.50	2518	88
Fababean	2.75	2049	61
Lentil	1.80	2075	38
Flax	1.31	2305	31
LSD (p=0.05)	0.63	1369	50

Table 2. Green manure crop data for 2007

Green manure	Nitrogen %	Dry matter	
		Production kg/ha	Nitrogen
Hairy vetch	3.49	5561	194
Pea	3.18	5667	180
Chickling vetch	3.50	4507	157
Lentil	3.20	3833	122
Pea-oat	1.69	7030	119
Flax	1.63	4449	73
Fababean	2.75	3579	98
LSD (p=0.05)	0.34	895	27



### Voici quelques points dont il faut tenir compte lors de la sélection et de la gestion d'un engrais vert de pleine saison :

- Sélectionnez une légumineuse pour laquelle vous ne récoltez pas généralement les graines (p. ex., si vous cultivez des pois comme culture commerciale, évitez de les utiliser comme engrais vert).

- Optez pour des mélanges de cultures de couverture plutôt que pour la culture d'une seule espèce.
- Effectuez une rotation des engrais verts; n'ayez pas toujours recours aux mêmes espèces d'engrais verts.
- Utilisez des taux de semis élevés pour que l'engrais vert résiste mieux aux mauvaises herbes.
- Réduisez le travail du sol durant la destruction pour maintenir la couverture du sol. L'utilisation d'une légumineuse que l'hiver détruira est une façon de réduire au minimum le travail du sol.
- Si la culture de couverture sert de pâturage, envisagez le pâturage en rotation pour assurer une répartition uniforme des éléments nutritifs dans le champ.
- Semez une culture dérobée de fin de saison pour réduire les pertes en azote, surtout si la destruction de l'engrais vert est hâtive.

*Une culture dérobée est une culture de couverture semée pour absorber l'excédent d'éléments nutritifs. Ainsi, plutôt que de se répandre hors du sol, les éléments nutritifs seront libérés au moment de l'intégration de la culture dérobée au sol. Les cultures dérobées sont souvent des céréales, des graminées ou des brassicacées gourmandes, comme le seigle d'automne, l'ivraie multiflore et le radis fourrager.*



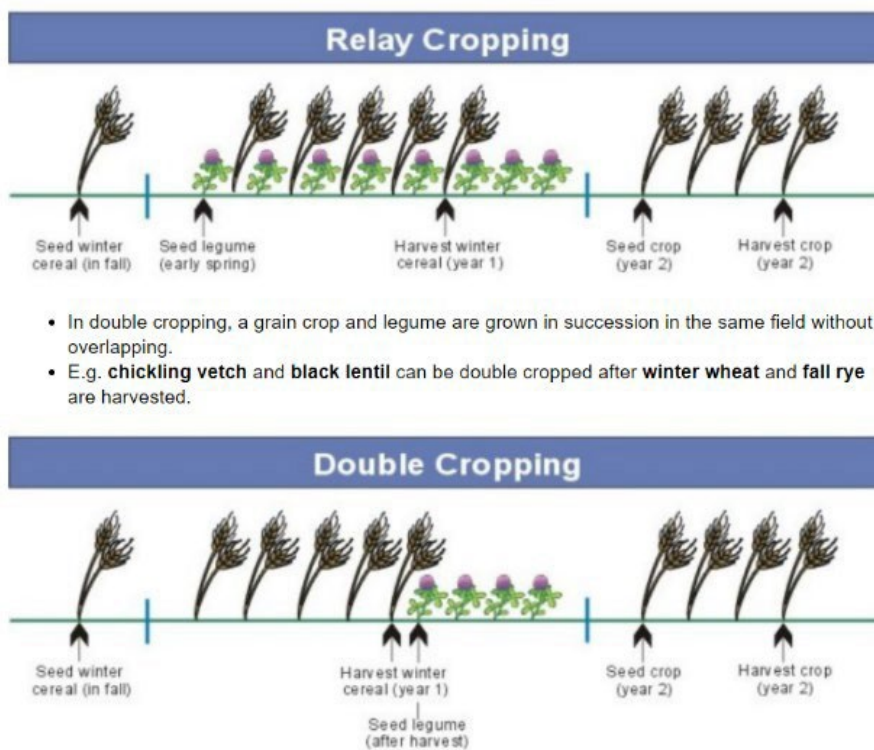
Pour en savoir plus sur l'utilisation des cultures de couverture dans les prairies, écoutez [le balado de 60 minutes de la Manitoba Organic Alliance.](#)

## Cultures de couverture : Culture intercalaire, culture en relais et double culture

La culture de couverture de légumineuses de fin de saison est une autre manière d'introduire de l'azote dans la rotation des cultures. Une telle culture peut prendre diverses formes, notamment dans les régions ayant une longue saison de croissance.

Exemples :

- Semis de pois, de gesse cultivée ou de lentilles après la récolte d'une culture céréalière. C'est ce que l'on appelle « double culture » puisque la culture de couverture est la deuxième culture mise en terre cette année-là sans chevauchement.
- Sous-semis de luzerne ou de mélilot dans le blé d'hiver ou le seigle d'automne au printemps et poursuite de la croissance des légumineuses à l'automne. C'est ce qu'on appelle « culture en relais » puisque la deuxième culture est mise en terre après la maturation de la première. Une autre option consiste à semer de la luzerne ou du trèfle dans les céréales printanières.
- Semis de seigle d'automne après la récolte d'une culture commerciale de légumineuses à grains. Le seigle agira alors comme culture dérobée. Il absorbera l'excédent d'azote dans le sol et le conservera durant l'hiver. Après son intégration l'année suivante, le seigle libérera l'azote, mais plus lentement, car cet azote sera combiné aux résidus de seigle carbonés (c.-à-d. qu'il présente un rapport carbone-azote élevé).



Cette image montre des exemples de culture en relais et de double culture dans la production céréalière hivernale.



Pour en savoir plus sur la culture en relais et la double culture dans le contexte des cultures de couverture, consultez la section 1.2 Reducing Green Manure Commitment In The Rotation And Finding Synergies: Relay And Double Cropping du module 3 de la trousse d'outils sur les engrais verts Green Manure Tool Kit.

### **Différence entre les cultures dérobées et les engrais verts de légumineuses de fin de saison.**

Les engrais verts de fin de saison et les cultures dérobées sont souvent identiques. L'objectif d'une culture dérobée est de capter l'azote pour permettre son utilisation par la culture de l'année suivante. Il est important de souligner que les cultures dérobées ne sont pas des légumineuses, c'est-à-dire qu'elles captent l'azote, mais qu'elles ne le fixent pas. L'image ci-après montre deux cultures dérobées (orge et radis fourrager) semées après le pâturage d'un engrais vert de légumineuses. Les deux cultures de couverture ont été tout aussi efficaces pour capter l'azote produit par l'engrais vert. Toutefois, l'année suivante, le radis fourrager a libéré l'azote de façon plus efficace<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Cicek, H., J.R.T. Martens, K.C. Bamford et M.H. Entz, 2015. Late-season catch crops reduce nitrate leaching risk after grazed green manures but release N slower than wheat demand. *Agriculture, ecosystems & environment*, 202, p.31-41.

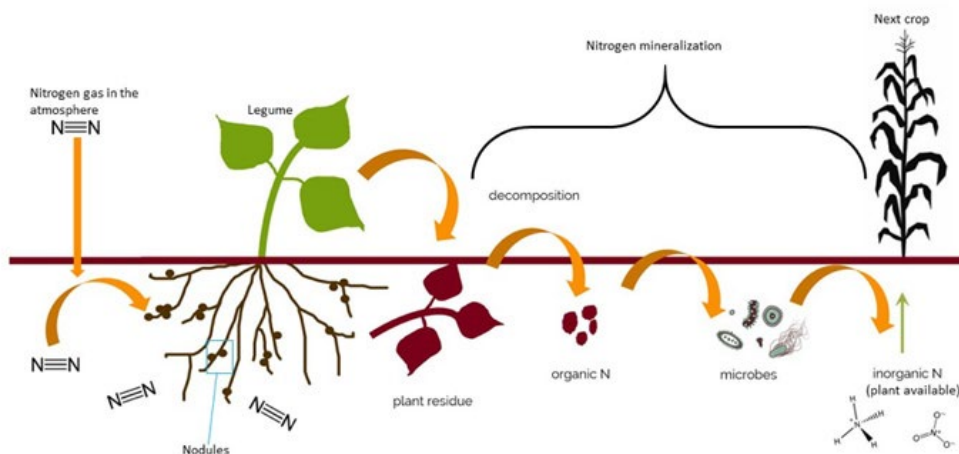
## Minéralisation de l'azote

Même si le sol est riche en azote, les cultures peuvent souffrir d'une carence en azote, car les végétaux ne peuvent assimiler que certaines formes d'azote. Lors du processus de minéralisation de l'azote, les organismes du sol convertissent en ammonium et en nitrate l'azote contenu dans la matière organique du sol, les résidus de culture, le fumier ou d'autres amendements organiques. Ces formes inorganiques (minérales) d'azote sont assimilables par les végétaux. Comme les bactéries du sol se chargent de la minéralisation, le processus dépend dans une très large mesure des conditions météorologiques et de la santé des communautés microbiennes du sol.

Les facteurs suivants accélèrent la minéralisation de l'azote du matériel végétal de légumineuse :

- une humidité et une température du sol adéquates;
- un rapport carbone-azote (C:N) du matériel végétal de légumineuse inférieur à 20:1;
- une saine communauté biologique du sol.

Autre point important : la minéralisation excessive est possible puisque l'azote assimilable par les végétaux est également hydrosoluble, ce qui signifie qu'il peut se répandre dans le sol et contaminer les étendues d'eau ou les eaux souterraines. Idéalement, le taux de minéralisation doit être à peu près le même que le taux d'assimilation par les végétaux. Si une minéralisation rapide est prévue, les agriculteurs peuvent semer une culture dérobée ou une culture commerciale gourmande pour absorber l'excédent d'azote. Ils peuvent aussi contrer les pertes d'azote liées à la minéralisation rapide en intégrant du matériel végétal ayant un rapport C:N élevé (p. ex., foin, graminées ou céréales à maturité) dans les légumineuses, en particulier lorsque celles-ci affichent une croissance luxuriante et un faible rapport C:N).



Nitrogen cycling with a legume green manure. Figure modified slightly from that kindly provided by Dr. Julie Grosman and Sharon Perrone, University of Minnesota.

Vous souhaitez en savoir plus sur la conception d'une rotation des cultures? Consultez [la fiche d'information sur la rotation](#) (en anglais seulement). Pour approfondir le sujet, consultez [ces liens vers d'autres ressources](#) (en anglais seulement).

**FIXATION DE L'AZOTE** – Transformation de l'azote atmosphérique en azote assimilable par les végétaux. La fixation de l'azote se produit naturellement lorsque la foudre tombe et sous l'action des rhizobiums. Le procédé industriel Haber-Bosch permet de fixer l'azote au moyen de l'énergie fossile en vue de fabriquer des engrais azotés de synthèse.

**MINÉRALISATION DE L'AZOTE** – Conversion de l'azote organique en azote inorganique assimilable par les végétaux. Cette conversion se produit durant la décomposition sous l'effet des microorganismes du sol.

**AZOTE ORGANIQUE** – Gaz lié aux tissus des organismes utilisé dans la formation des protéines et de l'acide désoxyribonucléique (ADN). Il est fortement lié à ces structures et ne peut pas être facilement assimilé par les végétaux.

**AZOTE INORGANIQUE** – Aussi appelé azote assimilable par les végétaux. Ce gaz n'est pas lié aux tissus, mais plutôt à l'hydrogène ou à l'oxygène pour former de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) ou du nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ). Il peut être assimilé par les végétaux pour assurer leur croissance ou encore se répandre dans l'atmosphère.



## Gestion des éléments nutritifs : Phosphore, potassium, soufre et micronutriments

Dans cette leçon, nous examinerons les façons de fournir aux cultures biologiques des éléments nutritifs autres que l'azote, entre autres le phosphore, le potassium, le soufre et d'autres micronutriments.

La disponibilité des éléments nutritifs dans les fermes biologiques a fait l'objet d'études dans de nombreuses régions du monde. Les résultats du Manitoba et de l'Australie montrent que la plus grande différence entre la régie biologique et la régie conventionnelle concerne le phosphore, c'est-à-dire que les teneurs en phosphore en régie biologique étaient plus bas que celles en régie conventionnelle.

Élément nutritif	Manitoba (kg/ha) <sup>4</sup>		Australie-Méridionale (kg/ha) <sup>5</sup>	
	Régie biologique	Régie conventionnelle	Régie biologique	Régie conventionnelle
Azote	92,5	70		
Phosphore	15,5	30	14,2	27,2
Potassium	654	700	1,58 mEq/kg	1,69 mEq/kg
Soufre	101	60	16,4	26,9
Cuivre			0,70	0,57
Zinc			0,85	0,56
Fer			14	15

La photo ci-après montre un exemple spectaculaire de carence en phosphore. La luzerne à l'arrière-plan de la parcelle pousse dans un sol où la teneur en phosphore est inférieure à 4 ppm (environ 8 kg/ha), alors que celle du sol à l'avant-plan de la parcelle est de 18 ppm. Cet exemple est tiré de l'étude à long terme de l'Université du Manitoba à Glenlea (20 km au sud de Winnipeg). Dans d'autres cas, par exemple les fermes laitières en Ontario, la faible teneur en phosphore n'a pas toujours entraîné une baisse aussi spectaculaire de la production de luzerne<sup>6</sup>. Néanmoins, la teneur en phosphore du sol demeure un défi important de la régie biologique dans les Prairies, et une carence en phosphore sur les fermes biologiques peut rendre les cultures improductives. Visionnez la vidéo [Nutrient management in organic grain production](#) pour un exemple au Manitoba.

<sup>4</sup> Entz, M.H., R. Guilford et R. Gulden, 2001. Crop yield and soil nutrient status on 14 organic farms in the eastern portion of the northern Great Plains. *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 81, numéro 2, p. 351-354.

<sup>5</sup> Université d'Adélaïde, Australie-Méridionale.

<sup>6</sup> Schneider, K.D., B.J. Cade-Menun, D.H. Lynch et R.P. Voroney, 2016. Soil phosphorus forms from organic and conventional forage fields. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 80, numéro 2, p. 328- 340.



### **Manifestation d'une carence en phosphore en régie biologique**

À Glenlea, il a fallu quinze ans pour que la carence en phosphore dans la rotation fourrages-céréales (deux ans de foin de luzerne, puis de blé et de lin) devienne manifeste.

Une étude à long terme menée à la Ferme expérimentale d'Indian Head d'Agriculture et Agroalimentaire Canada en Saskatchewan a débouché sur des résultats similaires. La rotation à cette ferme expérimentale qui est toujours en exploitation a commencé en 1958, ce qui a permis de comparer la culture céréalière avec mise en jachère, la culture céréalière en continu, la culture céréales-engrais vert et la culture foin de luzerne-céréales. Comme les cultures céréales-engrais vert et fourrages-céréales se développent sans engrais synthétiques, elles constituent une formidable occasion d'examiner l'incidence des changements de teneur en phosphore sur une culture comparable en régie biologique<sup>7</sup>. Toutefois, aucune carence en phosphore n'a encore été observée après 25 ans de production biologique à Glenlea pour la rotation des cultures composées exclusivement de céréales. ***Ainsi, les carences en phosphore sont plus courantes lorsque le foin est exporté (retiré du champ).***

### **Évaluation des carences en éléments nutritifs**

Il est possible d'évaluer les carences en éléments nutritifs dans la régie biologique par les moyens suivants :

- l'analyse du sol;
- l'analyse du tissu végétal;
- le bilan nutritif.

<sup>7</sup> Lafond, G.P., C.A. Campbell, R. Lemke, W.E. May et C.B. Holzapfel, 2012. Indian Head Long Term Crop Rotations: Indian Head Saskatchewan. Prairie Soils Crops, numéro 5, p. 42-50.

## Analyse du sol

Comment les agriculteurs et les agronomes peuvent-ils établir si la carence en phosphore est aussi spectaculaire que celle illustrée dans la photo ci-dessus? L'analyse du sol est particulièrement utile pour cerner les carences en potassium, en soufre et en micronutriments. Dans le cas du phosphore, l'analyse du sol s'est avérée utile lorsque la teneur en phosphore du sol est inférieure à 5 ppm ou supérieure à 10 ppm.

---

### Échos du terrain : Mill Creek Organics

*Les Boersch veulent ajuster les niveaux d'éléments nutritifs dans le sol, et ultimement ceux des cultures. Ils veulent constamment identifier les facteurs limitants auxquels ils font face et y remédier au moyen d'amendements du sol ou de la rotation des cultures. Ils effectuent une série d'analyses, dont les suivantes :*

*Analyses des valeurs Brix. Ces analyses fournissent une estimation approximative de la teneur en sucre de la sève des plantes. Une valeur Brix élevée est souvent associée à une plus grande saveur, à une meilleure qualité de stockage d'une culture et à la capacité d'une plante à résister à la pression des ravageurs. Alex Boersch affirme que leurs valeurs Brix se sont améliorées au cours des dernières années, passant de 8-9 à 12-14.*

*Analyses des tissus et de la sève. Les Boersch effectuent maintenant davantage de ces analyses en laboratoire que d'analyses Brix pour mieux quantifier la teneur en sucre et pour voir comment l'équilibre nutritionnel dans les plantes se compare à la teneur en éléments nutritifs dans le sol.*

*Analyses des éléments nutritifs du sol. Alex vise le ratio recommandé par Albrecht de 13 parties de calcium pour 2 parties de magnésium pour 1 partie de potassium, mais il trouve difficile d'y parvenir en raison de la très grande capacité d'échange cationique de leur sol (40-50). Dans les champs conventionnels, ils ont été encouragés par une baisse spectaculaire du niveau de nitrates. Alex estime que les nitrates sont directement corrélés aux valeurs Brix – la teneur en nitrates élevée menant à une baisse des valeurs Brix. (Les concentrations de nitrate dans les champs soumis à une culture biologique n'ont jamais été excessives.)*

*Analyses des micronutriments du sol. Leurs champs de cultures biologiques ont parfois « manqué d'un peu de bore, de zinc et de molybdène ». Ils remédient à ces carences en partie au moyen d'émulsion de poisson, mais aussi au moyen de l'application d'amendements particuliers en micronutriments, comme le permettent les Normes*

canadiennes sur la culture biologique.

*Analyses biologiques du sol. Alex utilise les analyses de sol de Haney<sup>8</sup> pour mesurer les niveaux de macronutriments et de micronutriments, les rapports carbone-azote et divers paramètres biologiques, comme le carbone biologiquement actif et le carbone rejeté par la respiration. Essentiellement, l'analyse permet d'évaluer le niveau d'éléments nutritifs disponibles pour les microorganismes du sol et décrit le biote du sol.*

*Alex vise à augmenter le niveau de carbone disponible sur le plan biologique pour mieux soutenir la vie du sol, et aussi à modifier le ratio bactéries-champignons.*

*Lorsqu'ils ont commencé à effectuer des analyses il y a environ quatre ans, le ratio bactéries-champignons était d'environ dix pour un, ce qui, selon Alex, est probablement similaire ou supérieur à celui de la plupart des fermes qui ne font que des cultures annuelles. Il vise une dominance bactérienne inférieure, peut-être même à atteindre le ratio d'un pour un promu par Elaine Ingham, Ph. D.<sup>9</sup>*

---

### **Analyse du tissu végétal**

Des études menées au Manitoba et en Saskatchewan ont montré qu'il est difficile d'établir si les cultures manifesteront une carence en phosphore grave lorsque la teneur en phosphore du sol se situe entre 5 et 10 ppm. Lorsque l'analyse du sol révèle une teneur en phosphore entre 5 et 10 ppm, les agriculteurs peuvent effectuer une analyse du tissu végétal pour déterminer la présence d'un important problème d'apport en phosphore. Cette analyse aussi appelée essai biologique d'engrais vert consiste à échantillonner une culture d'engrais vert juste avant sa destruction. Les agriculteurs ou les agronomes doivent prélever l'ensemble du matériel végétal en surface (mauvaises herbes et engrais verts) de plusieurs zones de chaque champ (chaque échantillon de ¼ m<sup>2</sup>). Ces échantillons doivent être séchés, pesés et envoyés à un laboratoire aux fins d'analyse. Il faut demander au laboratoire d'effectuer une analyse fourragère, car celle-ci fournira de l'information sur tous les macronutriments et micronutriments.

Balado : How to Take Soil and Plant Tissue Samples avec Joanne Thiessen Martens et Scott Beaton. *Pivot and Grow – Grain on the Brain (SAISON 1, ÉPISODE 3).*

---

<sup>8</sup> <https://www.covercropstrategies.com/articles/1550-understanding-the-haney-soil-test>

<sup>9</sup> <https://www.soilfoodweb.com/>

---

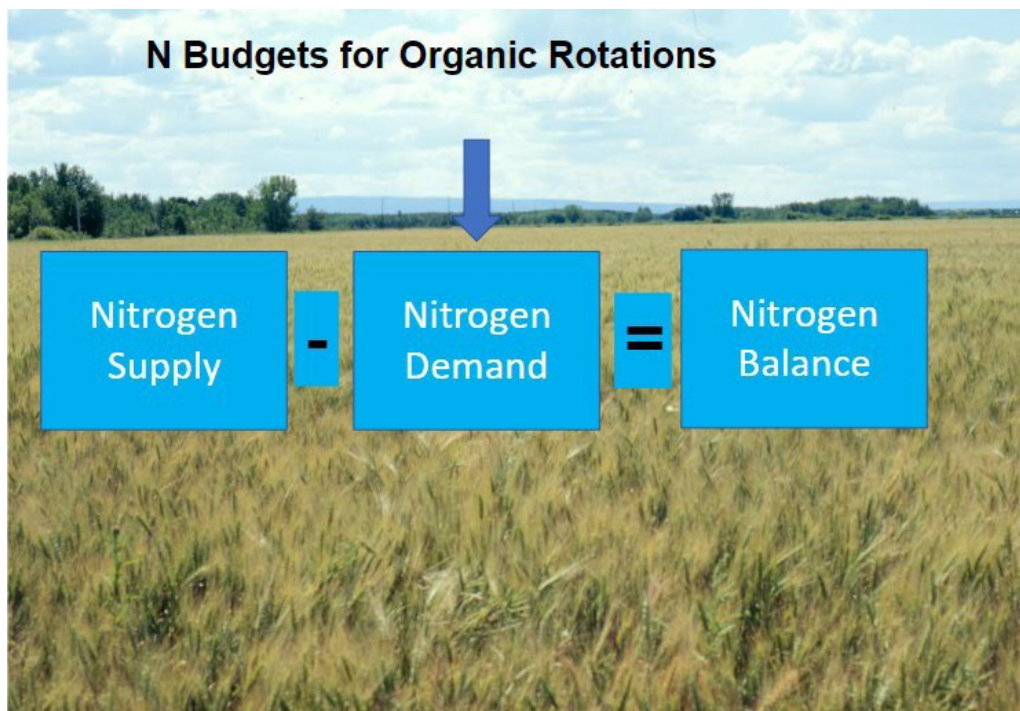
## Échos du terrain : Upland Organics

À la ferme Upland Organics, dans le sud de la Saskatchewan, Allison Squires et Cody Straza conservent des registres détaillés des analyses et des expériences sur la santé des sols, grâce aux connaissances scientifiques d'Allison. (Elle détient un doctorat en toxicologie environnementale.) En plus d'envoyer des échantillons de sol à un laboratoire pour des analyses physiques et chimiques, Allison effectue des analyses de sol à la ferme sur chaque parcelle au moins tous les cinq ans, y compris des mesures de l'agrégation des sols, du compactage (à l'aide d'un pénétromètre) et des taux d'infiltration. Elle échantillonne les niveaux Brix des tissus végétaux pour évaluer la santé, le taux de sucre et la teneur en éléments nutritifs des cultures (y compris le fourrage).

---

## Bilan nutritif

Le bilan nutritif permet d'estimer l'apport en éléments nutritifs (p. ex., par l'engrais, le fumier ou la fixation de l'azote), la quantité d'éléments nutritifs retirés par les cultures et les éléments nutritifs laissés après la récolte pour les cultures futures.



### Crop demand

Crop	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S
Crop nutrient removal (lb/bushel)				
Wheat 10% protein	1.2	0.5	0.35	0.1
12%	1.5	0.5	0.35	0.1
14%	1.9	0.5	0.35	0.1
Barley	1.1	0.36	0.35	0.07
Oat	.96	0.25	0.18	0.06
Corn	0.75	0.37	0.27	
Pea	2.3	0.7	0.7	0.14
Flax	2.12	0.6	0.6	0.2
Sunflower (lb/lb)	0.026	0.008	0.006	0.002
Alfalfa (lb/ton)	56	15	60	5
Bromegrass (lb/t)	36	13	59	3

A bushel of corn removes about 0.75 lb nitrogen, 0.37 lb P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and 0.27 lb K<sub>2</sub>O from the soil. A bushel of soybeans will remove 4 lbs nitrogen, 0.8 lb P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1.4 lbs K<sub>2</sub>O (Figure 1).

### Crop nutrient removal: Wheat grain example

30 bushels per acre x \*1.9 lb N/bu = 57 lb N removed

48 bushels per acre x \*\*1.5 lbN/bu = 72 lb N removed

\*14% protein  
\*\*12% protein



Voici un exemple de bilan nutritif. Il vise une rotation pluriannuelle qui commence par une culture de foin de luzerne. Le bilan azoté pour les sept années s'approche de zéro (-9,5 kg/ha), ce qui est une bonne nouvelle en soi. En effet, il est possible de développer les cultures commerciales sans engrais synthétiques ni perte nette d'azote. Toutefois, en s'appuyant sur les valeurs attribuées pour la teneur moyenne en phosphore, en

potassium et en soufre éliminés par la récolte, il est possible de comprendre que la rotation a entraîné une baisse importante de ces éléments nutritifs. Cet exemple démontre clairement que l'apport en azote par les légumineuses est tout à fait possible grâce à la rotation. Toutefois, d'autres stratégies sont nécessaires pour enrichir le sol en phosphore, en potassium et en soufre.

Crop	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S
Nutrient balance (lb/ac)				
Alfalfa hay (4 ton/acre)	+130 104 available over 3 years 26 to soil organic matter	-144	-540	-60
Wheat (34 bu/ac)	-64.5	-19	-14.2	-3
Flax (15 bu/ac)	-30	-16.5	-9	-3
Oat (50 bu/ac)	-45	-12.5	-9	-3
Balance	-9.5	-96	-572	-69

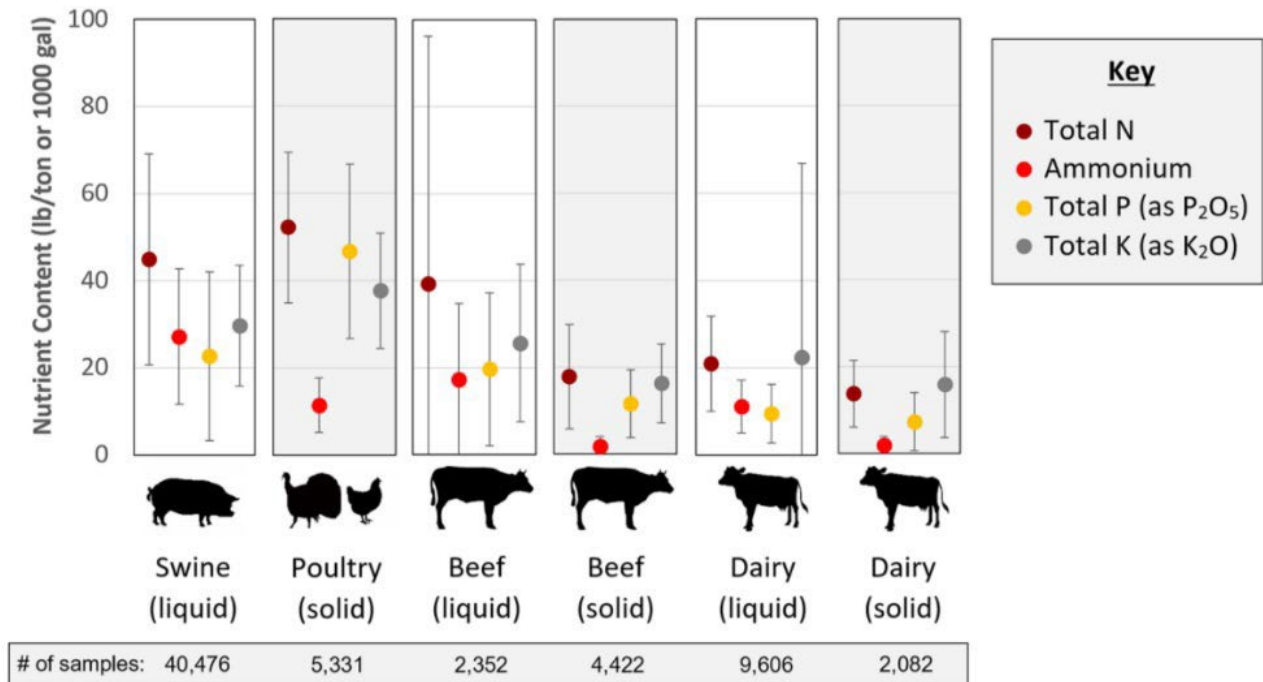
## Sources d'éléments nutritifs

### Fumier de ferme

Le fumier de ferme est la source la plus courante d'éléments nutritifs externes, autre que l'azote, pour la production biologique. Selon une enquête canadienne, environ 40 % des agriculteurs biologiques canadiens fertilisent leurs champs avec un fumier de ferme<sup>10</sup>.

La teneur en éléments nutritifs varie grandement selon le type de fumier. En général, le fumier solide de volaille présente les plus fortes teneurs en azote et en phosphore, tandis que ceux de bovins de boucherie et de vaches laitières affichent les plus faibles. Cependant, pour préciser la teneur en éléments nutritifs du fumier, il faut analyser ce dernier avant son utilisation. Seule une analyse en laboratoire fournira aux agriculteurs et aux agronomes les informations nécessaires pour prendre une décision éclairée quant au taux d'application. Tous les principaux laboratoires d'analyse du sol offrent des services d'analyse du fumier.

<sup>10</sup> Nelson, A.G., J.C. Froese et M.H. Entz, 2010. Organic and conventional field crop soil and land management practices in Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 90, numéro 3, p. 339-343.



Les points représentent la teneur moyenne en éléments nutritifs, et les lignes délimitent la plage des teneurs. En observant les points, il est possible d'établir que le fumier de volaille, par exemple, affiche la plus forte teneur en phosphore. Source : <https://extension.umn.edu/manure-management/manure-characteristics>

L'exemple ci-après montre la capacité du fumier de ferme à fournir de nombreux éléments nutritifs différents.

	Nutrients										
	N	P	K	S	Mg	Ca	Fe	Zn	B	Mn	Cu
<b>Poultry Manure (Rate of 5.6 tonne/ha)</b>	200	100	106	42	23	115	3.7	1.8	0.2	1.9	1.3
<b>Corn Grain Harvest (160 bu/acre)</b>	-120.8	-36.7	-44.7	-9.9	-14.4	-2.6	-0.33	-0.25	-0.05	-0.05	-0.03
<b>Net Change</b>	79.2	63.3	61.3	32.1	8.6	112.4	3.37	1.55	0.15	1.85	1.27



Ici, quatre récoltes de maïs élimineraient la totalité du bore (B) ajouté par le fumier, mais il faudrait 40 récoltes de maïs pour utiliser la totalité du cuivre (Cu)<sup>11</sup>.

La disponibilité des éléments nutritifs contenus dans le fumier varie selon le nutriment. Par exemple, 80 % du phosphore est disponible dans l'année suivant l'épandage; dans le cas du potassium, ce pourcentage grimpe à 90 %. Quant à l'azote, ce pourcentage est moindre. Pour le fumier de bovins de boucherie, il varie de 25 à 60 %, pour le fumier de porc, de 35 à 80 %, et pour le fumier de volaille, de 45 à 70 %.

Il est important de connaître les règles d'épandage du fumier avant de lancer un programme d'épandage du fumier. Chaque province canadienne a ses propres règles à cet égard. Voici les liens pour consulter la réglementation du Manitoba, de la Saskatchewan et de l'Alberta : [Manure Management - Agriculture, Managing Manure as a Fertilizer | Soils, Fertility and Nutrients | Government of Saskatchewan](#), and [Manure management guidelines and legislation | Alberta.ca](#).

L'épandage de fumier en régie biologique est aussi fortement réglementé. Consultez les rubriques « déjections animales » et « compost » figurant au tableau 4.2 du document Listes des substances permises et l'article 5.5.2.5 des Normes canadiennes sur la culture biologique.

## Compost

Le fumier solide est souvent composté avant utilisation. En plus de tuer certains pathogènes et les graines de mauvaises herbes, le compostage réduit considérablement les coûts de transport et d'épandage. Selon une étude portant sur les prairies canadiennes, le compostage a entraîné une réduction moyenne de la teneur en matières sèches de 40 % et de la teneur en eau de 80 %, avec une diminution moyenne de la masse totale de 66 %<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup> Heckman, J.R., R. Weil et F. Magdoff, 2009. Practical steps to soil fertility for organic agriculture. *Organic farming: the ecological system*, 54, p. 137-172.

<sup>12</sup> Larney, F.J., K.E. Buckley, X. Hao, W.P. McCaughey, 2006. Fresh, stockpiled, and composted beef cattle feedlot manure: Nutrient levels and mass balance estimates in Alberta and Manitoba. Technical Reports: Waste Management. *J. Environ. Qual.* 35:1844-1854.

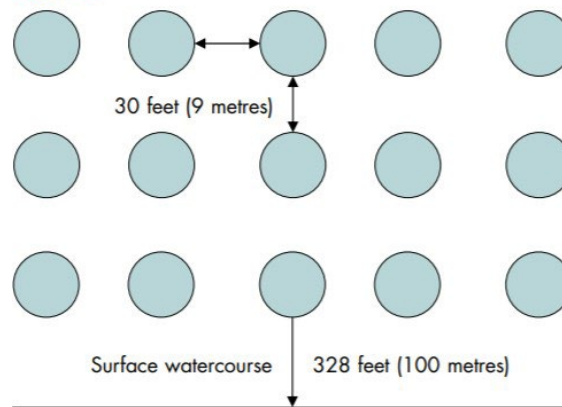
La disponibilité des éléments nutritifs varie grandement selon la composition du compost. En effet, celle du compost de matières à forte teneur en éléments nutritifs, comme les biosolides municipaux ou les déchets animaux, est susceptible d'être relativement plus élevée que celle du compost de paille, de cannes de maïs et de résidus forestiers. Le compost fournit une quantité de phosphore et de potassium comparable à celle du fumier. La quantité d'azote libérée par le compost fluctue selon le rapport C:N du fumier. Il est généralement admis qu'à un rapport C:N inférieur à 20:1, l'azote disponible sera libéré; lorsque ce rapport dépasse 30:1, l'azote disponible sera plutôt immobilisé par les bactéries du sol. Ainsi, si le rapport C:N du compost dépasse 20:1, il est possible de cultiver une légumineuse avant ou après l'épandage de compost pour accroître la teneur en azote.

### **Pâturage de balles – une stratégie d'enrichissement du sol en phosphore**

Le pâturage de balles permet de déplacer de grandes quantités d'éléments nutritifs d'une zone de la ferme à une autre. Chaque balle de foin de 400 kg (1 000 lb) apporte environ 15 lb de pentoxyde de phosphore ( $P_2O_5$ ), et c'est aussi le cas pour les balles de luzerne et de graminées en pur. Le pâturage de balles durant un hiver peut apporter suffisamment de phosphore pour enrichir les sols fortement carencés pour les dix prochaines années. Pour connaître les principes de base du pâturage de balles, rendez-vous sur le [site Web d'Agriculture Manitoba](#). Pour un exemple de pâturage de balles, visionnez la vidéo [Soil Health, A Montana Perspective – Bale Grazing](#).



Figure 1



Source de la photo : Producteur de foin et de fourrage; Source du diagramme : Agriculture Manitoba.

## Autres sources d'éléments nutritifs biologiques

Il est facile de trouver en ligne de l'information sur les autres sources d'éléments nutritifs en régie biologique. L'exemple ci-après est tiré du département de l'Agriculture des États-Unis. Toutefois, ce ne sont pas toutes ces substances qui peuvent être utilisées en régie biologique au Canada. Par exemple, le nitrate du Chili est une substance interdite. Donc, avant d'utiliser une substance, il faut consulter son organisme d'homologation et [les listes des substances permises](#).

Material	Nitrogen (% N)	Phosphorus (% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potassium (% K <sub>2</sub> O)
Chilean nitrate	16	0	0
Blood meal	12	0	0
Feather meal	12	0	0
Fish meal/powder	10-11	6	2
Seabird & bat guano	9-12	3-8	1-2
Meat and bone meal	8	5	1
Soybean meal	7	2	1
Processed liquid fish residues*	4	2	2
Alfalfa meal	4	1	1
Pelleted chicken manure	2-4	1.5	1.5
Bone meal	2	15	0
Kelp	<1	0	4
Soft rock phosphate	0	15-30**	0
Potassium-magnesium sulfate	0	0	22
Cocoa shells	1	1	3
Cottonseed meal	6	2	2
Granite dust	0	0	5
Hoof & horn meal	11	2	0
Seaweed, ground	1	0.2	2
Muriate of potash (KCl)	0	0	60

\* Note: all analyses are % by weight, as specified in state fertilizer laws. For liquids, product density (weight per gallon) should be used to calculate nutrient application rate: (g/ac)\*(lb nutrient/g)=(lb nutrient/ac)

\*\* Soft rock phosphate provides only 1-3% of its P in acid soils, and little or no P in soils with pH over 7.

## Sources de phosphore

- Fumier et compost – Contiennent du phosphore facilement assimilable par les cultures.
- Aliments pour animaux et foin (ferme mixte) – Par exemple, le pâturage de balles peut fournir un apport en phosphore.
- Sources minérales – Le phosphate naturel contient du phosphore, mais il ne le libère pas bien dans les sols neutres à alcalins.
- Engrais biologiques – Par exemple, la farine d'os et d'autres sources biologiques.
- Éléments nutritifs de l'économie circulaire – Comprennent le digestat, la sciure et la struvite (voir la description ci-après).

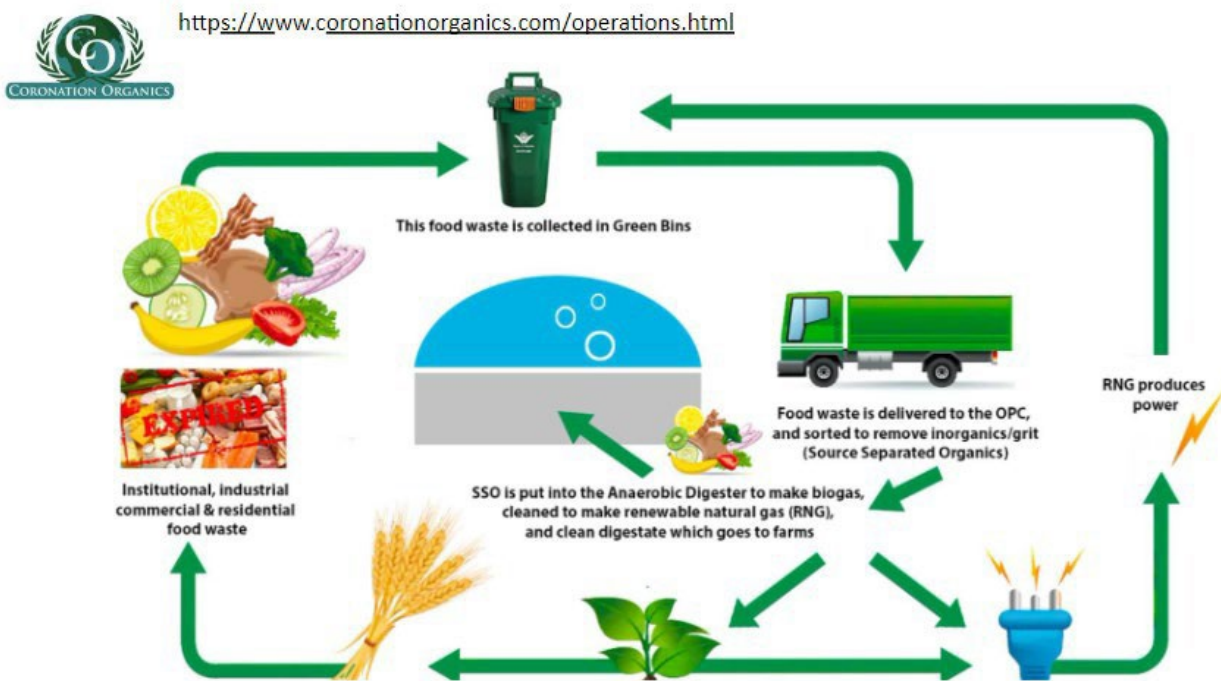
**Un mot sur le phosphate naturel** : Il est difficile de formuler des recommandations valables pour tous les usages du phosphate naturel, car bien des facteurs influent sur sa dissolution (processus par lequel les minéraux se dissolvent dans l'eau du sol) et sur sa disponibilité subséquente pour les végétaux. D'ailleurs, le pH du sol joue un rôle important dans la dissolution du phosphate naturel.

En effet, la solubilité augmente dans les sols acides (pH inférieur à 5,5). Dans les sols neutres et alcalins, le phosphate naturel apporte peu d'éléments nutritifs aux végétaux.

Des études approfondies menées au Canada ont montré que même une application très intensive de phosphate naturel ne se traduit pas nécessairement par un apport accru en phosphore<sup>13</sup>. C'est pourquoi l'utilisation du phosphate naturel est déconseillée pour la plupart des cultures des prairies canadiennes en régie biologique, sauf lorsque le pH du sol est inférieur à 5,5.

## Éléments nutritifs de l'économie circulaire

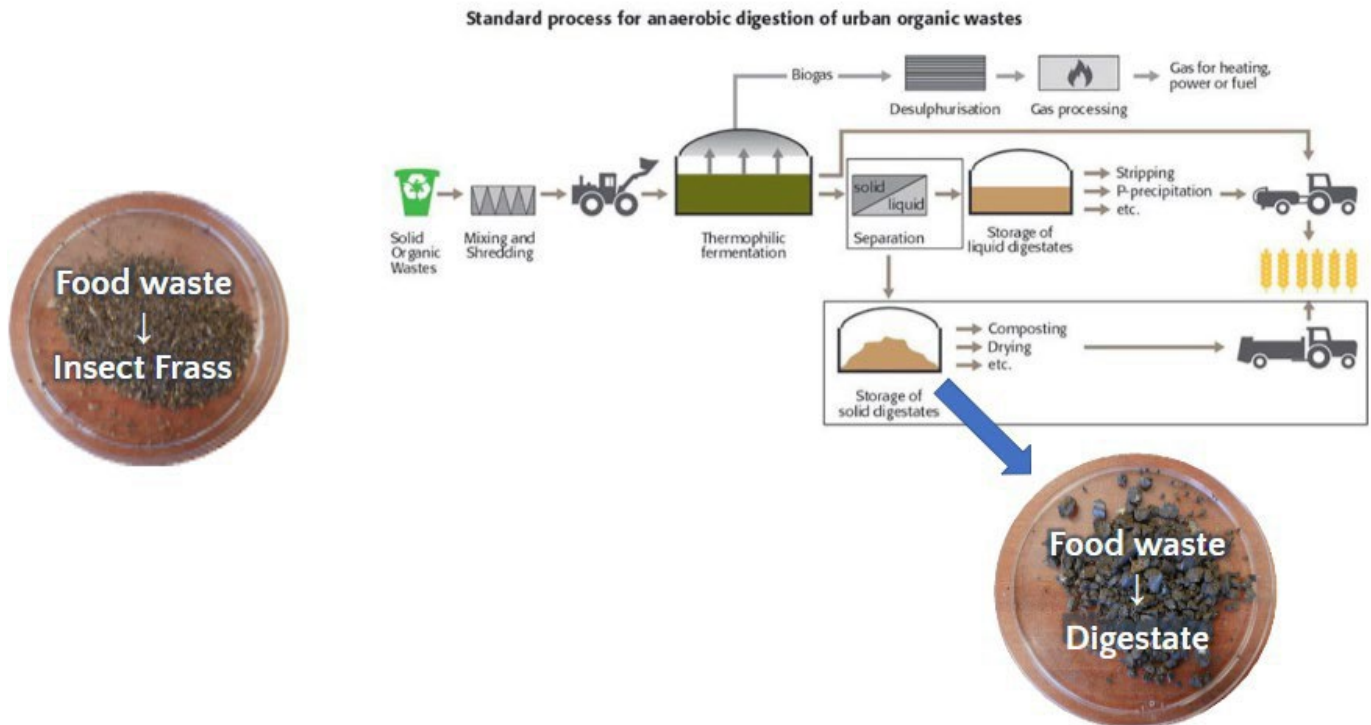
Le plan d'action de l'Union européenne à la faveur de l'économie circulaire reconnaît l'importance des éléments nutritifs recyclés<sup>14</sup>. Ces derniers peuvent être particulièrement importants dans les fermes biologiques canadiennes où l'épuisement du phosphore est plus prévalent que dans d'autres fermes puisque la quantité éliminée dépasse l'apport<sup>15</sup>.



<sup>13</sup> Arcand, M.M., D.H. Lynch, R.P. Voroney et P. van Straaten, 2010. Residues from a buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) green manure crop grown with phosphate rock influence bioavailability of soil phosphorus. *Canadian Journal of Soil Science*, vol. 90, numéro 2, p. 257-266.

<sup>14</sup> [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0003.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_1&format=PDF)

<sup>15</sup> Entz, M.H., R. Guilford et R. Gulden, 2001. Crop yield and soil nutrient status on 14 organic farms in the eastern portion of the northern Great Plains. *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 81, numéro 2, p. 351-354; Schneider, K.D., B.J. Cade-Menun, D.H. Lynch et R.P. Voroney, 2016. Soil phosphorus forms from organic and conventional forage fields. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 80, numéro 2, p. 328-340.



## Exemples d'éléments nutritifs recyclés

Le digestat est la matière résiduelle issue de la digestion anaérobie du compost ménager. Rendez- vous [ici](#) pour un exemple d'une entreprise qui produit un engrais à base de digestat.

La sciure est le mot utilisé pour décrire les excréments d'insectes. La production commerciale de sciure existe au Canada, où les larves de mouche soldat noire se nourrissent de déchets alimentaires. Les larves deviennent un aliment riche en protéines pour le bétail, tandis que leur fumier (excréments) devient un engrais biologique.

La struvite est un minéral composé de magnésium, de phosphate, d'ammonium et d'eau, maintenu ensemble sous la forme d'une structure cristalline qui précipite naturellement quand les conditions sont favorables. Elle peut être recyclée à partir de l'urine. Les Normes canadiennes sur la culture biologique de 2020 permettent l'utilisation de la struvite provenant de l'urine des animaux d'élevage comme amendement du sol. La struvite est un engrais à « libération lente » plus soluble dans le sol que le phosphate naturel, surtout dans les sols alcalins. Elle présente une teneur NPK

(azote-phosphore-potassium) de 5-28-0. Pour en savoir plus, écoutez le balado ou lisez la transcription [ici](#).

## Tirer des leçons des études passées sur les Prairies

Le gouvernement canadien, par l'entremise d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, a mené de nombreuses études à long terme, et ces études s'avèrent inestimables pour guider les méthodes de production en régie biologique. De 1947 à 1977, les scientifiques de la Ferme expérimentale d'Indian Head en Saskatchewan ont comparé les sources de phosphore dans les engrais et celles dans le fumier<sup>16</sup>. Voici certaines de leurs découvertes :

- Les rendements à long terme du blé sont plus élevés lorsque du fumier, plutôt que de l'engrais, est utilisé pour enrichir le sol en phosphore. Le fumier de ferme affiche une teneur en phosphore de 19 kg P/ha. L'incidence du fumier sur les rendements du blé est plus importante que celle de l'engrais au phosphore.
- L'effet du fumier est plus lent que celui de l'engrais au phosphore.
- Après 30 ans, la teneur en phosphore disponible dans le sol était plus élevée aux endroits où il y avait eu épandage récurrent de fumier qu'aux endroits où une quantité comparable d'engrais au phosphore avait été épandue.
- L'épandage du fumier s'est traduit par une hausse des teneurs en soufre et en zinc. Une étude distincte portant sur le lin a révélé une carence en soufre dans le sol enrichi par un engrais synthétique; ce n'était pas le cas du sol où il y avait eu épandage de fumier de ferme.
- Les sols enrichis en phosphore (et en d'autres éléments nutritifs) au moyen de l'épandage de fumier ou de compost sont plus sains que ceux dont l'apport en éléments nutritifs provient d'engrais.

### Pourquoi les amendements améliorent-ils souvent la fertilité et la santé des sols?

Les amendements, comme le compost, ne servent pas qu'à fournir des éléments nutritifs. Ils peuvent :

- stimuler la vie des sols, y compris les organismes responsables du cycle des éléments nutritifs;
- améliorer la structure des sols;
- convertir les éléments nutritifs en formes assimilables par les végétaux en décomposant les matières végétales et animales;
- éliminer les maladies, surtout les pathogènes du sol, comme le pourridié des racines et la fonte des semis.

---

<sup>16</sup>Spratt, E.D. et R.N. McIver, 1979. The effect of continual use of phosphate fertilizer and barnyard manure on yield of wheat and the fertility status of a clay chernozem soil. *Canadian Journal of Soil Science*, vol. 59, numéro 4, p. 451-454.

## Exemples de rotations de cultures biologiques

Durant le présent cours, nous examinerons les avantages de la rotation des cultures et les facteurs à prendre en compte lors de la conception d'une rotation des cultures. Par exemple, une rotation des cultures bien pensée peut aider à lutter contre les mauvaises herbes et à réduire les problèmes de ravageurs.

Pour en savoir plus sur la rotation des cultures biologiques, téléchargez le livre gratuit [Crop Rotation on Organic Farms – SARE](#). Le guide *Organic Field Crop Handbook* de [Cultivons Biologique Canada](#) (COG) est aussi une excellente ressource. Vous pouvez également écouter [le balado de 32 minutes de la Manitoba Organic Alliance](#) qui comprend une discussion sur les stratégies de conception de rotations des cultures biologiques qui favorisent la fertilité des sols, gèrent les mauvaises herbes et préviennent les maladies et les ravageurs.

Sample organic crop rotations

Year	Manitoba	SE Saskatchewan	Manitoba	PEI	Manitoba
1	Alfalfa seed	Alfalfa hay	Green manure	Red clover green manure	Alfalfa/grass grazed
2	Alfalfa seed	Alfalfa hay	Wheat or flax	Spring wheat	Alfalfa/grass grazed
3	Alfalfa seed	Alfalfa hay	Lentil or pea	Soybeans	S. Wheat
4	S. Wheat or Hemp	Oilseed (flax, hemp or sunflower)	Alfalfa hay	Pea/barley intercrop	Soybean
5	Lentils or peas	Winter wheat and red clover or oats and <u>sweetclover</u>	Alfalfa hay	Oats underseeded to red clover	Barley/hairy vetch green manure
6	Hemp or S. wheat	Sweet clover or red clover grazed	Wheat or flax		Flax
7	Flax underseeded to alfalfa	Spring wheat	Oats		Oats or Fall Rye



---

## Échos du terrain : Upland Organics

*Lorsque Cody Straza et Allison Squires se sont lancés en agriculture, ils ont commencé par une rotation simple de cultures biologiques sur quatre ans : céréales, légumineuses, oléagineux et engrais vert. En tout au plus cinq ans, Allison et Cody ont constaté des améliorations du sol et un meilleur contrôle des mauvaises herbes. Les rendements étaient bons, mais il était parfois difficile d'obtenir des teneurs élevées de protéines dans les céréales. Le sol était faible en matière organique, moins de 2 %.*

*Ils ont commencé à appliquer les cinq principes de la santé des sols (voir l'encadré) environ cinq ans après s'être lancés en agriculture. En 2021, la ferme a obtenu l'homologation en agriculture biologique régénérative. Les pratiques de régénération des sols améliorent la santé des sols et leur capacité à capter et à retenir l'humidité et les éléments nutritifs.*

### Cinq principes de la santé des sols

- 1. Réduire au minimum la perturbation des sols.*
- 2. Garder les sols couverts.*
- 3. Accroître la diversité.*
- 4. Garder une racine vivante dans le sol autant que possible.*
- 5. Intégrer le bétail.*

*« Après avoir appris les cinq principes des sols, notre objectif est devenu de mettre en œuvre le plus grand nombre possible de ces principes », explique Cody.*

*Cody et Allison ont commencé par les actions les plus faciles et ont déterminé que la diversité était une première étape facile. « Plus il y a de la diversité en surface, plus grandes sont la diversité et la santé des microorganismes sous terre. » La présence d'organismes vivants abondants et diversifiés dans le sol est essentielle à une bonne structure du sol, à la rétention des éléments nutritifs et de l'eau, et à la fertilité à long terme.*

*Une étape simple consistait à étendre leur culture de couverture en ajoutant de l'avoine aux pois cultivés qu'ils utilisaient comme engrais vert. Au fil des ans, ils ont continué*

*d'ajouter d'autres espèces et utilisent maintenant des mélanges qui contiennent jusqu'à 10 espèces. Ils pratiquent aussi la culture intercalaire. Par exemple, ils sèment sous couverture du mélilot jaune dans les cultures annuelles. Une fois la culture commerciale récoltée, le mélilot continuera de pousser, de fixer l'azote et de protéger le sol de l'érosion.*

*Ils ont aussi augmenté le nombre de cultures commerciales. Au départ, ils cultivaient des lentilles vertes françaises, du lin et du blé dur, mais ont depuis ajouté des tournesols, de la caméline et diverses céréales, y compris l'épeautre, le blé de printemps, le Kernza® et le Khorasan (Kamut®). La rotation de leurs cultures est plus adaptative que rigide, ils évaluent les besoins d'un champ particulier et adaptent leur choix de rotation aux besoins, plutôt que de recourir à une formule simple.*

*« Nous pourrions faire bien plus s'il pleuvait davantage », dit Allison. Puis elle rit et dit qu'elle ne veut pas avoir l'air de se plaindre. Toutefois, leur choix de cultures est limité par la disponibilité de l'humidité.*

*Leur désir d'accroître la diversité se poursuit à grande échelle (maintenant en élevant du bétail) et à petite échelle (bactéries du sol). Bien que le couple reconnaisse qu'il est difficile d'avoir du bétail, il aime les nombreux avantages de l'intégration du bétail dans l'agroécosystème, qu'il s'agisse de favoriser la fertilité, d'assurer « le fauchage » grâce au broutage et au piétinement des fourrages, ou d'ajouter une autre source de revenus.*

---

## **Échos du terrain : Penny Lane Organic Farms**

*À la ferme Penny Lane Organic Farms, Stewart Wells et Terry Toews appliquent une rotation de trois ou quatre ans avec au moins une céréale et une légumineuse. Les cultures commerciales de 2022 sont le seigle d'automne, le blé de force roux de printemps et les lentilles.*

*« Si je devais tout reprendre du début, je m'appliquerais beaucoup à respecter le principe de cultiver de la luzerne ou un mélange de luzerne sur le tiers ou le quart de la ferme chaque année », indique Stewart. Actuellement, ils cultivent de la luzerne sur 100 à 200 acres par année.*

## Comment les rendements en régie biologique se comparent-ils à ceux en régie conventionnelle?

Différences moyennes entre le rendement en régie biologique et celui en régie conventionnelle fournies par Martin Entz, Ph. D., de l'Université du Manitoba :

- Luzerne et cultures fourragères vivaces : équivalent à celui en régie conventionnelle.
- Céréales (blé, avoine, orge) : 70 % de celui en régie conventionnelle.
- Légumineuses : 60 % de celui en régie conventionnelle.
- Soja : 60 % de celui en régie conventionnelle.
- Lin et tournesol : 55 % de celui en régie conventionnelle.

Ces comparaisons de rendements sont l'aboutissement de différentes expériences sur le terrain en conditions de culture sèche dans les Prairies, y compris la rotation à long terme de Glenlea, un sondage mené par Martin Entz dans des fermes biologiques il y a 20 ans, des études d'Agriculture et Agroalimentaire Canada-Saskatchewan et des conclusions de l'Université de l'État du Montana.



**PODF**  
PRAIRIE ORGANIC  
DEVELOPMENT FUND

### Platinum Sponsors



**GRAIN MILLERS**



### Silver Sponsors



### Friend

The Canadian Organic Ingredient Strategy is funded by



**To learn more about the Prairie Organic Development  
Fund [www.organicdevelopmentfund.org](http://www.organicdevelopmentfund.org)**

**For more Organic Production Resources  
[www.pivotandgrow.com](http://www.pivotandgrow.com)**



The [Prairie Organic Development Fund](#) (PODF) is an investment platform established to develop organic agriculture and marketing in the Canadian Prairies. PODF builds resilience by investing in organic provincial associations (Capacity Fund) and high impact programs (Innovation Fund) related to marketing, research, policy, education and capacity development that have broad public benefit to the organic sector. The fund is directed by a board made up of organic producers, grain buyers, organic brands, researchers and provincial organizations.

The **Canadian Organic Ingredient Strategy (COIS)** provides farmers with tools and support to incorporate organic farming practices that help meet the growing demand for organic foods in Canada. The tools developed as part of this project will help Canadian farmers benefit from increased knowledge and skills in organic farming methods, which can improve soil health and boost farm resilience in the face of changing markets and climate change.

Visit [www.pivotandgrow.com](http://www.pivotandgrow.com) to learn more about the tools created as part of COIS.