



# FICHE D'INFORMATION

JUILLET 2023 | © Perennia 2023

## CRÉDITS D'AZOTE PROVENANT DES CULTURES DE COUVERTURE À BASE DE LÉGUMINEUSES

Par Keith Reid

### INTRODUCTION

La protection du sol par des cultures de couverture présente de nombreux avantages pour les agriculteurs, mais la plupart de ces avantages n'apparaissent pas facilement dans un bilan financier parce qu'il s'agit d'avantages à long terme qui sont difficiles à quantifier. L'exception est l'apport d'azote des cultures de couverture à base de légumineuses, qui peut réduire considérablement la facture d'engrais. La question clé est de savoir quel crédit d'azote appliquer pour que la culture suivante ne soit pas privée de son potentiel de rendement.

L'apport d'azote par une légumineuse à une culture commerciale se fait en deux temps :

1. La culture de légumineuses (pois, trèfles, vesces, etc.) accumule l'azote de l'atmosphère grâce à la fixation symbiotique de l'azote, et
2. La libération de l'azote accumulé dans les tissus de la culture de couverture à un moment et à un endroit où il est disponible pour la culture suivante.

Ces deux phases sont influencées par les conditions météorologiques et pédologiques, mais aussi par la manière dont les cultures sont gérées.

### ACCUMULATION D'AZOTE DANS LES LÉGUMINEUSES CULTURES DE COUVERTURE



Figure 1. Nodulation sur trèfle rouge.

L'avantage unique des légumineuses dans les systèmes agricoles est leur capacité de former des relations symbiotiques avec des espèces bactériennes spécifiques (voir tableau 1) qui ont la capacité de convertir l'azote atmosphérique en ammonium, que les plantes peuvent ensuite utiliser. La fixation de l'azote a lieu dans les nodules qui se forment sur les racines des plantes (figure 1), où les plantes partagent avec les bactéries une partie des sucres produits lors de la photosynthèse en échange pour l'azote.

La fixation de l'azote et l'accumulation de biomasse vont de pair pour les cultures de couverture de légumineuses. Plus de feuillage plus de photosynthèse, ce qui fournit plus de sucres aux nodules pour soutenir la fixation de l'azote et, à son tour, la croissance des feuilles. Cette rétroaction dépend de bonnes conditions de croissance pour la culture de couverture, ce qui peut être difficile pendant la période entre la récolte de la culture commerciale et la plantation de la culture commerciale suivante - en particulier lorsque l'hiver s'installe. Cela limitera les espèces pouvant être plantées en Nouvelle-Écosse ou à Terre-Neuve-et-Labrador, ainsi que les systèmes de culture dans lesquels les cultures de couverture à base de légumineuses s'intègrent.



# FICHE D'INFORMATION

JUILLET 2023 | © Perennia 2023

Tableau 1. Espèces de *Rhizobium* nécessaires aux cultures de légumineuses.

Espèces de légumineuses	Espèces de rhizobium
Pois, lentille, féverole, gesse	<i>Rhizobium leguminosarum</i>
Pois chiche	<i>Rhizobium ciceri</i>
Haricot sec	<i>Rhizobium phaseoli</i>
Soja	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>
Luzerne, mélilot	<i>Rhizobium meliloti</i>
Trèfle	<i>Rhizobium trifolié</i>
Lotier corniculé	<i>Mesorhizobium loti</i>

Des ressources telles que **Managing Cover Crops Profitably** de SARE (<https://www.sare.org/resources/managing-cover-crops-profitably-3rd-edition/>) contiennent d'excellents tableaux qui donnent une estimation de la croissance des cultures de couverture, mais qui, en fonction de la culture, peuvent aller de zéro à 7 tonnes par hectare de matière sèche. Tout dépend des conditions météorologiques et de la gestion des cultures de couverture. L'accumulation d'azote suit généralement la

quantité de biomasse de la culture de couverture. Une grande partie de la variation de la biomasse estimée d'une culture de couverture provient du temps disponible pour la croissance de la culture de couverture, en particulier pour les légumineuses annuelles. Une étude menée en Estonie a montré une baisse de près de 70 % de la croissance et de l'accumulation d'azote du trèfle de Berseem, de la féverole et du pois fourrager lorsque le semis était retardé du 3 au 18 août (Toom et al., 2019). Pour la plupart des légumineuses fourragères (c'est-à-dire la luzerne, le trèfle rouge), le semis au printemps sous une culture céréalière s e m b l e fournir la croissance la plus régulière, car les semis ont pu commencer une croissance rapide dès que la culture principale a été récoltée. Les légumineuses annuelles telles que les pois fourragers, ainsi que la vesce velue, étaient plus préférables à un semis immédiatement après la récolte des céréales. Les légumineuses pérennes laissées en croissance jusqu'au printemps ont généré plus de biomasse et d'accumulation d'azote, à condition qu'elles aient bien survécu à l'hiver. Brandsæter et al. (2008) ont montré que la survie hivernale était le facteur le plus important pour l'accumulation d'azote en Norvège. Afin de maximiser les crédits d'azote provenant des légumineuses hivernées telles que le trèfle rouge et la vesce velue, il est important de laisser à la culture de couverture suffisamment de temps pour croître au printemps avant que la couverture ne se mette en place.

La culture de couverture est terminée pour la plantation de la culture commerciale.



# FICHE D'INFORMATION

JUILLET 2023 | © Perennia 2023

Tableau 2. Rendement mesuré et teneur en azote de la biomasse aérienne pour trois cultures de couverture en Nouvelle-Écosse, plantées en peuplements purs le 14 juillet 2022 et échantillonnées le 25 octobre 2022.

Espèce de culture de couverture	% de matière sèche	Azote (%)	Carbone (%)	Rapport C:N	kg MS/ha	kg N/ha	kg C/ha
Vesce velue	11.3	5.1	44.3	8.8	2,590	131	1,150
Trèfle rouge	14.5	3.9	43.7	11.3	2,230	86	974
Pois fourragers	18.0	3.1	38.6	12.5	8,780	271	3,470

En règle générale, vous devriez rechercher une accumulation de biomasse aérienne au moment de la fin de la culture de couverture d'au moins 1 tonne/acre (2,2 tonnes par hectare), telle que celle fournie par un peuplement vigoureux de trèfle rouge. En deçà, l'accumulation d'azote ne sera généralement pas suffisante pour faire une différence significative par rapport aux besoins en engrais de la culture suivante.

## LIBÉRATION D'AZOTE PAR LES CULTURES DE COUVERTURE À BASE DE LÉGUMINEUSES

Une fois que l'azote s'est accumulé dans la culture de couverture, il doit être libéré dans le sol à un moment et à un endroit où la culture commerciale suivante peut l'absorber. Une minéralisation rapide de l'azote de la culture de couverture avant que la culture n'en ait besoin peut entraîner des pertes d'azote, tandis qu'une minéralisation lente peut signifier que l'apport d'azote risque de ne pas répondre aux besoins de la culture suivante.

Cette synchronisation entre la disponibilité de l'azote et les besoins en azote dépend du rapport de Carbone : Azote (**C/N**) des résidus de la culture de couverture, des conditions météorologiques, du moment de la fin de la culture de couverture et de la dynamique des besoins en azote de la culture commerciale.

### Légumineuses à grains et légumineuses fourragères

Les légumineuses annuelles, cultivées principalement pour la récolte des graines (par exemple les pois fourragers, le soja) peuvent produire de grandes quantités de biomasse aérienne lorsqu'elles sont plantées à la fin de l'été, mais avec une accumulation d'azote relativement faible sous la surface du sol. Si l'on attend la maturité, la quasi-totalité de l'azote fixé par la plante aura été transférée dans le grain. Les légumineuses fourragères pérennes, en revanche, retiennent davantage d'azote dans le système racinaire, de sorte qu'une légumineuse fourragère (trèfle, vesce, luzerne) avec la même quantité de croissance aérienne qu'une légumineuse à grains ajoutera plus d'azote au système de culture.



# FICHE D'INFORMATION

JUILLET 2023 | © Perennia 2023

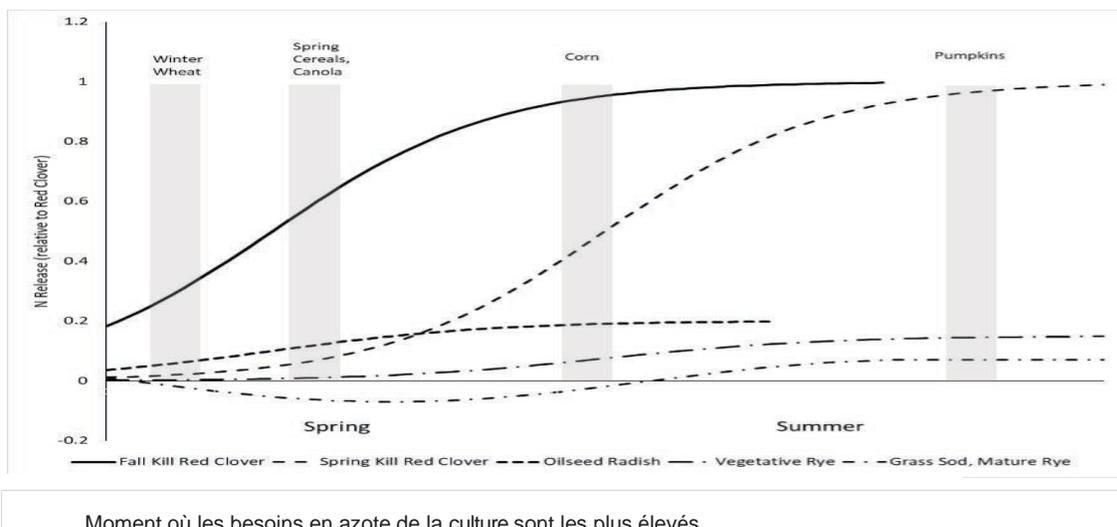


Figure 2. Illustration conceptuelle de la libération d'azote par les cultures de couverture, par rapport au moment où la culture a le plus besoin d'azote (représenté par les barres verticales).



# FICHE D'INFORMATION

JUILLET 2023 | © Perennia 2023

La plupart des cultures de couverture à base de légumineuses ont un rapport C/N étroit, de sorte qu'elles se dégradent rapidement et libèrent de l'azote minéral dans le sol dans des conditions chaudes et humides. Si la légumineuse est mélangée à une graminée ou à une autre non-légumineuse (par exemple, la vesce velue avec le seigle céréalière), le rapport de Carbone : Azote (**C :N**) sera plus élevé et la libération de l'azote sera retardée. Le problème se pose davantage avec les cultures de couverture détruites au printemps ; les légumineuses et les graminées auront toutes deux un rapport C/N plus élevé à mesure qu'elles mûrissent, mais cela se produira à un degré beaucoup plus élevé avec les graminées.

La décomposition des résidus et la libération de l'azote seront beaucoup plus lentes pendant l'hiver lorsque le sol est froid, de sorte que la majeure partie de l'azote provenant d'une culture de couverture terminée à la fin de l'automne devrait rester sous forme organique jusqu'à ce que le sol se réchauffe au printemps. Cependant, si la culture de couverture est terminée au début de l'automne, la majeure partie de l'azote pourrait être minéralisée alors qu'il n'y a pas de culture en croissance pour l'utiliser et être perdue au cours de l'hiver.

La gestion du moment de la libération de l'azote par la culture de couverture ne donnera pas de résultats précis chaque année, car beaucoup de choses dépendent des conditions météorologiques entre la fin de la culture de couverture et l'absorption par la culture.

En règle générale, cependant, les peuplements de légumineuses pures qui sont terminés à la fin de l'automne ou au début du printemps seront des sources d'azote plus fiables pour les cultures de céréales ou de canola qui ont besoin d'une grande partie de leur apport d'azote en début de saison. Les mélanges de graminées et de légumineuses, dont l'arrêt des cultures est retardé jusqu'à la veille de la plantation, devraient correspondre davantage aux besoins en azote d'une culture de pleine saison telle que le maïs ou les pommes de terre tardives.

## VALEUR APPARENTE DE L'ENGRAIS D'AZOTE DES CULTURES DE COUVERTURE À BASE DE LÉGUMINEUSES

Il est prouvé que les cultures de couverture de légumineuses, lorsqu'elles ont une croissance suffisante, peuvent fournir des quantités significatives d'azote à la culture suivante. Toutefois, des incertitudes subsistent quant à la quantité exacte d'azote disponible (Bourgeois et al., 2022). Nous pouvons appliquer des règles empiriques pour tenir compte de cet azote. L'approche la plus simple consiste à appliquer un seul crédit d'azote pour toute légumineuse plantée et terminée la même année ; l'Ontario recommande un crédit de 45 kg d'azote par hectare (**N/ha**) pour la culture qui suit les cultures de couverture de légumineuses (80 kg d'azote par hectare (**N/ha**) si la culture est du maïs) (ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario, 2017). Des crédits d'azote moyens similaires sont attendus en Nouvelle-Écosse et à Terre-Neuve.

L'inconvénient de cette approche simple est qu'elle ne tient pas compte de la gestion exceptionnelle qui génère de grandes quantités d'accumulation d'azote dans la culture de couverture. D'après les réactions du rendement du maïs à différents niveaux d'azote dans les cultures de couverture, il semble que le maïs absorbe entre 40 et 50 % de l'azote contenu dans la biomasse des cultures de couverture, avec des pourcentages plus élevés dans les cultures de couverture les plus riches en azote. L'estimation de la biomasse aérienne et de la concentration d'azote peut permettre une meilleure approximation de l'azote disponible pour la culture suivante.



# FICHE D'INFORMATION

JUILLET 2023 | © Perennia 2023

Tableau 3. Azote dans la biomasse aérienne à différents niveaux d'accumulation de biomasse et de concentration d'azote, montrant des fourchettes typiques pour divers types de légumineuses pour la biomasse et la concentration d'azote.

		Concentration en Azote					
		2.5%	3.0%	3.5%	4.0%	4.5%	5.0%
Biomasse							
2,0 T/ha		50	60	70	80	90	100
2,5 T/ha		63	75	88	100	113	125
3,0 T/ha		75	90	105	120	135	150
3,5 T/ha		88	105	123	140	158	165
4,0 T/ha		100	120	140	160	180	200
5,0 T/ha		125	150	175	200	225	250
6,0 T/ha		150	180	210	240	270	300

**Légende :**

- Légumineuses à grains (pois, soja, haricots) Trèfle rouge, luzerne
- Vesce velue
- ← Végétative
- Pleine floraison

Le tableau 3 présente le calcul de la quantité d'azote accumulée dans la biomasse aérienne jusqu'à la fin de la culture de couverture pour différents niveaux de croissance de la culture et de concentration d'azote. Les concentrations d'azote diminuent à mesure que les plantes mûrissent, mais la production de biomasse augmente généralement lorsque la plante atteint la pleine floraison. Si la concentration en azote est inférieure à 2,5 %, il est peu probable que la culture suivante bénéficie d'un crédit d'azote, quelle que soit l'accumulation d'azote, car le rapport C/N sera suffisamment élevé pour empêcher la libération de l'azote. Les fourchettes de biomasse et de concentrations d'azote sont des estimations approximatives ; elles dépendent en grande partie des dates de plantation et des conditions de croissance, en particulier pour les légumineuses à grains plantées après la récolte des céréales. Pour obtenir les résultats les plus précis, pesez la biomasse d'une zone connue et envoyez-la à un laboratoire local pour qu'il en analyse la teneur en azote.

Tableau 4. Crédit d'azote attendu pour la culture suivante à différents niveaux d'accumulation d'azote dans la biomasse aérienne de la culture de couverture. Le crédit provenant des légumineuses à grains est plus faible parce qu'il y a moins d'azote dans la biomasse racinaire.

N dans la biomasse de la culture de couverture (kg N/ha)	N disponible attendu (kg N/ha)	
	Légumineuses fourragères	Légumineuses à grains
60	24	15
90	36	22
120	54	32
150	68	41
180	81	49
210	105	63
>240	120	72



# FICHE D'INFORMATION

JUILLET 2023 | © Perennia 2023

Le tableau 4 estime la quantité d'azote qui devrait être disponible pour la culture suivante compte tenu de l'azote accumulé dans les cultures de couverture. Les légumineuses à grains sont supposées être inférieures d'environ 40 % aux légumineuses fourragères parce que ces dernières retiennent de l'azote supplémentaire dans la biomasse racinaire ; cet azote racinaire n'est pas mesuré mais fait partie de la réserve d'azote disponible. La quantité d'azote disponible sera inférieure aux prévisions si les conditions météorologiques sont extrêmement fraîches ou sèches ou s'il y a un long délai entre la fin de la culture de couverture et l'absorption de l'azote par la culture suivante. Si vous envoyez un échantillon de biomasse au laboratoire pour analyse, l'État de l'Oregon dispose d'un calculateur pratique qui permet de déterminer la quantité d'azote disponible pour votre culture commerciale ([smallfarms.oregonstate.edu/calculator](http://smallfarms.oregonstate.edu/calculator)).

## QUESTIONS FRÉQUEMMENT POSÉES SUR L'IMPACT DE LA GESTION DES CULTURES DE COUVERTURE SUR LE CRÉDIT D'AZOTE

### Dois-je mettre fin à la culture de couverture à l'automne ou attendre le printemps ?

Il n'y a pas de réponse unique à cette question. Laisser une légumineuse pérenne jusqu'au printemps permet de fixer davantage d'azote, mais dans un système de semis direct, il peut être difficile de tuer la culture de couverture en pleine croissance avant de planter la culture principale. Dans un système avec labour, tous les sols ne réagissent pas bien au labour primaire de printemps, bien que les sols qui réagissent bien soient aussi ceux qui bénéficient le plus d'une couverture pendant l'hiver. Il ne semble pas y avoir de différence dans la proportion d'azote (**N**) dans la culture de couverture qui se transfère à la culture suivante entre une fin d'automne ou une fin de printemps. Cependant, la destruction de la culture de couverture au début de l'automne augmentera le risque de perte d'azote au cours de l'hiver. Chaque exploitation devra équilibrer les risques et les avantages de son propre système de production.

### Le système de travail du sol a-t-il une incidence sur la disponibilité de l'azote provenant de la culture de couverture ?

Les résultats du travail du sol sont mitigés. Dans une analyse des besoins en azote du maïs en Ontario, les taux optimaux d'azote après une culture de couverture de trèfle rouge étaient inférieurs d'environ 15 kg d'azote par hectare (**N/ha**) dans les systèmes labourés par rapport au semis direct (ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario, 2017), bien qu'il y ait en fait un effet de calendrier ici aussi puisque la plupart des comparaisons étaient entre le labour d'automne et la terminaison de printemps en semis direct. Une méta-analyse de nombreuses études menées dans la zone tempérée d'Amérique du Nord et d'Europe n'a toutefois révélé aucune différence entre les systèmes de semis direct et de labour (Bourgeois et al., 2022).

### Puis-je récolter les parties aériennes et obtenir le crédit d'azote ?

Pour les légumineuses au cours de la première année de croissance, il semble que la majeure partie de l'azote fixé se trouve dans la partie supérieure de la plante, de sorte que la récolte de ce matériel comme fourrage enlève l'azote qui aurait nourri la culture suivante (Bowren et al., 1969). L'exception semble être les systèmes de pâturage, où une grande partie de l'azote consommé par le bétail est excrété à nouveau dans le champ et reste donc disponible.

Pour que ce système réussisse, il faut que la culture de couverture fixe suffisamment d'azote (>100 kg N/ha) et que le pâturage soit suffisamment intensif pour répartir uniformément le fumier dans le champ (Cicek et al., 2014).



# FICHE D'INFORMATION

JUILLET 2023 | © Perennia 2023

## INCORPORATION DE CULTURES DE COUVERTURE À BASE DE LÉGUMINEUSES DANS UN SYSTÈME DE PRODUCTION VÉGÉTALE

Le facteur le plus important pour l'accumulation d'azote dans les cultures de couverture, et donc pour les crédits d'azote pour la culture suivante, est une croissance adéquate de la culture de couverture. Cela signifie qu'il y a un nombre limité d'endroits dans la rotation des cultures où il y a une fenêtre pour permettre la croissance de la culture de couverture (après les céréales, le canola ou les légumes précoces). Contrairement au sud des États-Unis, la chaleur et la lumière du jour ne sont pas suffisantes pour permettre une croissance adéquate des légumineuses intercalées ou plantées après la récolte du maïs ou du soja. Ces couvertures peuvent contribuer à réduire l'érosion du sol mais ne fournissent pas d'azote à la culture suivante.

Le semis intercalaire d'une légumineuse fourragère à petites graines comme le trèfle rouge dans une culture céréalière, soit en semant en même temps que la céréale de printemps, soit en diffusant les semences en surface dans le couvert végétal, présente l'avantage d'établir les plantes de manière qu'elles puissent entamer une croissance rapide dès la récolte de la céréale. Les espèces choisies doivent s'implanter rapidement et tolérer l'ombrage. Le risque est que la concurrence d'une culture céréalière lourde, surtout si elle verse, étouffe les jeunes plants et les empêche de se développer.

Le trèfle rouge peut être semé dans le blé d'hiver, ce qui donne un peuplement clairsemé ou parsemé de tiges. **Cependant, dans un système où le trèfle rouge est semé en sol gelé planter dans le blé d'hiver, l'objectif est de ne qu'une seule tige par pied carré afin d'obtenir un 40 à crédit d'azote de 70 livres par acre** pour le maïs.



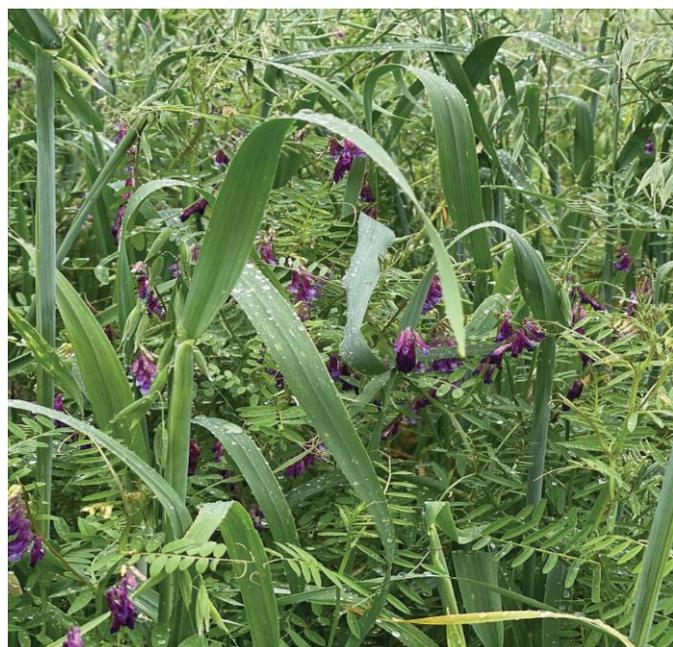
Une deuxième solution consiste à semer des graines de cultures de couverture dans le chaume de céréales immédiatement après la récolte. Si la germination de la culture de couverture est retardée jusqu'à ce qu'il pleuve suffisamment, il se peut qu'elle n'ait pas le temps de croître de façon appréciable ou de fixer de l'azote avant l'hiver. En Nouvelle-Écosse, il est généralement plus efficace de ne pas labourer la culture de couverture après les céréales que de travailler le sol, car le travail du sol réduit l'humidité nécessaire à la germination. Plus on se trouve au nord, plus la saison de croissance est courte et, par conséquent, moins l'accumulation d'azote par la culture de couverture est importante.

La planification de la fin de la culture de couverture est tout aussi importante que la planification de la plantation. Tout avantage pour la culture suivante disparaîtra si les résidus de la culture de couverture gênent la plantation de la culture suivante ou s'ils deviennent des mauvaises herbes.

Les agriculteurs qui réussissent avec les cultures de couverture les traitent comme des cultures, avec la même attention à la gestion que les cultures principales. Les rendements qu'elles génèrent sont du carbone pour le sol et de l'azote pour les cultures suivantes plutôt que du fourrage ou des céréales, mais ils peuvent être tout aussi bénéfiques pour le résultat final.

## RÉSUMÉ

Les cultures de couverture de légumineuses peuvent fournir une part importante des besoins en azote des cultures suivantes, bien que la quantité d'azote fournie chaque année varie considérablement. Une grande partie de cette variation est due à l'importance de la croissance de la culture de couverture et de la fixation de l'azote le long de l'année. Cette variation est due en grande partie à l'importance de la croissance de la culture de couverture et de la fixation de l'azote, ainsi qu'aux conditions pédologiques et météorologiques; toutefois, la libération d'azote par les résidus de cultures de couverture correctement gérés semble relativement constante. Investir dans la gestion des cultures de couverture de légumineuses pour maximiser la fixation de l'azote rapportera des dividendes immédiats à l'agriculteur.





# FICHE D'INFORMATION

JUILLET 2023 | © Perennia 2023

## RÉFÉRENCES

Bourgeois, B., Charles, A., Van Eerd, L. L., Tremblay, N., Lynch, D., Bourgeois, G., Bastien, M., Bélanger, V., Landry, C. et Vanasse, A. (2022). Les effets interactifs entre la gestion des cultures de couverture et l'environnement modulent les avantages pour les rendements des cultures commerciales : une méta-analyse. *Revue canadienne de phytotechnie*, 102(3), 656-678. <https://doi.org/10.1139/cjps-2021-0177>

Bowren, K. E., Cooke, D. A., & Downey, R. K. (1969). YIELD OF DRY MATTER AND NITROGEN FROM TOPS AND ROOTS OF SWEETCLOVER, ALFALFA AND RED CLOVER À CINQ STADES DE CROISSANCE. *Canadian Journal of Plant Science*, 49(1), 61-68. <https://doi.org/10.4141/cjps69-007>

Brandsæter, L. O., Heggen, H., Riley, H., Stubhaug, E., & Henriksen, T. M. (2008). Winter survival, biomass accumulation and N mineralization of winter annual and biennial legumes sown at various times of year in Northern Temperate Regions. *European Journal of Agronomy*, 28(3), 437-448.

Cicek, H., Thiessen Martens, J. R., Bamford, K. C., & Entz, M. H. (2014). Effects of grazing two green manure crop types in organic farming systems: N supply and productivity of following grain crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 190, 27-36. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.09.028>

Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales de l'Ontario. (2017). *Guide agronomique pour les grandes cultures* [Publication 811 du MAAARO]. Imprimeur de la Reine pour l'Ontario. <http://omafra.gov.on.ca/english/crops/pub811/pub811.pdf>.

Toom, M., Talgre, L., Pechter, P., Narits, L., Tamm, S., & Lauringson, E. (2019). The effect of sowing date on cover crop biomass and nitrogen accumulation. *Agronomy Research*, 17(4), 1779-1787. <https://doi.org/10.1515/ar.19.164>

Torbert, H. A., Reeves, D. W. et Mulvaney, R. L. (1996). Winter Legume Cover Crop Benefits to Corn : Rotation vs. Fixed-Nitrogen Effects. *Agronomy Journal*, 88(4), 527-535. <https://doi.org/10.2134/agronj1996.00021962008800040005x>