

SOLUTION DES EXERCICES

JOUR 1 – CHAPITRES 1 ET 2

SOLUTIONS

FORMATION CULTURES DE COUVERTURE EN GRANDES CULTURES

PARCOURS 3 : PRODUCTION CONVENTIONNELLE ET BIOLOGIQUE – ZONE 3

Rédaction

Anne Weill, agr., Ph. D., consultante, experte en agriculture biologique

Collaboration

Sylvie Thibaudeau, agr., M. Sc., Terre à terre agronomes-conseils

Isabelle Dorval, agr., M. Sc., conseillère en agroenvironnement, chargée de projet en agriculture durable, Groupe Pousse-Vert

Coordination, édition et mise en page par le CRAAQ

Joanne Lagacé, B. Sc., chargée de projets

Nathalie Nadeau, graphiste

Audrey Jenkins, adjointe aux événements

Barbara Vogt, chargée de projets aux publications

Photographies de couverture

(haut) Roselyne Gobeil; (bas) Sylvie Thibaudeau

Ce projet a été financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation dans le cadre du programme Prime-Vert.



Le CRAAQ remercie les Producteurs de grains du Québec et le Syndicat des producteurs de grains biologiques du Québec pour leur appui à la réalisation de ce projet.



© Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, 2024

Pour informations et commentaires

Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ)

Édifice Delta 1, 2875, boulevard Laurier, 9^e étage

Québec (Québec) G1V 2M2

418 523-5411 | 1 888 535-2537 | www.craaq.qc.ca | client@craaq.qc.ca



Formation Cultures de couverture en grandes cultures

Parcours 3 : Productions conventionnelle et biologique zone 3 | Jour 1 – Chapitres 1 et 2

Chapitre 1

Quiz avec réponses

A. Quelle est la différence entre une culture de couverture et un engrais vert?

Réponse : Les engrais verts (*green manure crops*) sont un sous-groupe des cultures de couverture; ils sont implantés dans le but d'améliorer la nutrition des cultures subséquentes et d'enrichir les sols. Les cultures de couverture ont pour but principal de couvrir ou protéger le sol. Il est possible que les espèces choisies soient les mêmes, mais les objectifs poursuivis sont différents selon l'usage qu'on en fait. Ainsi, la régie, la date d'incorporation au sol par exemple, pourrait être influencée.

B. Nommez quelques effets bénéfiques des CC sur l'environnement

Réponse :

- Réduction de l'érosion hydrique et éolienne du sol
- Réduction du risque de pollution diffuse des cours d'eau et des nappes phréatiques
- Atténuation des effets des changements climatiques à long terme
- Augmentation de la résilience des sols

Exercice

En groupe : Lister 5 bénéfices des cultures de couverture que vous considérez les plus importants.

(Les réponses sont subjectives, ce qui amène à faire une discussion.)

Chapitre 2

Quiz avec réponses

Pour chaque question, plusieurs réponses sont possibles parmi les choix proposés ci-dessous.

Le pois fourrager	Le ray-grass annuel	Le lotier	La luzerne
L'avoine	Le seigle	La vesce velue	Le trèfle rouge
Le trèfle incarnat	Le sorgho	Le radis	

A. Quelles sont les espèces qui peuvent produire une grande quantité de racines?

Réponse : Les trois espèces qui produisent le plus de racines sont : le ray-grass, le seigle, le sorgho. Les graminées en général sont réputées développer davantage de racines que les autres familles de plantes.

Le pois fourrager est l'espèce qui produit le moins de racines.

B. Quelles sont les espèces qui peuvent apporter beaucoup d'azote l'année suivant le semis de la CC?

Réponse : Le pois fourrager, la vesce velue si semée tôt et le trèfle rouge semé en intercalaire dans les céréales sont des espèces qui apportent beaucoup d'azote l'année suivant leur semis. La quantité de N produite est notamment fonction de la biomasse, mais également de l'état de santé initial du sol.

C. Quels sont les meilleurs mélanges, parmi les exemples suivants, à semer en postrécolte hâtive?

- Avoine–pois
- Pois–radis
- Avoine–pois–radis
- Sorgho–Soudan–pois
- Avoine–trèfle incarnat
- Avoine–trèfle incarnat–vesce commune

Réponse : En postrécolte, parmi ces choix, les meilleurs mélanges sont : pois–radis et avoine–pois–radis. Attention : la dose de semis de l'avoine doit être faible, car elle pousse rapidement et peut produire une biomasse trop importante, qui pourrait limiter le réchauffement et l'assèchement du sol au printemps suivant.

Le trèfle incarnat est trop sensible à la compétition; le sorgho–Soudan ne poussera plus dès qu'il fait froid; la vesce commune pousse trop peu en fin de saison.

D. À quel objectif le mélange avoine–pois–radis répond-il surtout?

- Structuration du sol
- Amélioration du contrôle des mauvaises herbes
- Apport d'azote
- Valorisation des engrais de ferme

SOLUTIONS

- Augmentation de la teneur en matière organique

Réponse : Selon la proportion des plantes dans le mélange, le mélange avoine–pois–radis peut répondre à un ou plusieurs des objectifs suivants :

- Structuration du sol, si le mélange contient une bonne proportion d’avoine et de radis (le pois a un système racinaire peu développé);
- Faire compétition aux mauvaises herbes, mais ne diminue pas la pression pour l’année suivante;
- Valorisation des engrais de ferme, si la proportion de plantes non légumineuses est importante;
- Apport d’azote, si la proportion de pois est importante.
- Apport de matière organique au sol

EXERCICES DU CHAPITRE 2 : LES ESPÈCES DE CULTURES DE COUVERTURE

Étude de cas

Tous les exercices du chapitre 2 sont basés sur la présente étude de cas.

La ferme Solscouverts Nordiques est une entreprise laitière qui cultive 120 ha de grandes cultures et 150 ha de fourrages en régie conventionnelle dans une région de 2000 UTM. Le propriétaire voudrait optimiser son système de production. Sa demande concernant les cultures de couverture est la suivante :

Comment intégrer des CC dans ma rotation pour :

- Améliorer le sol?
- Augmenter les rendements?

Exercice 1 (section 2.1) : Questions préalables

Question

Dresser une liste de questions à poser afin d'établir un diagnostic de la situation, planifier les cultures de couverture et pouvoir ainsi répondre à la demande du propriétaire de la Ferme Solscouverts Nordiques.

Réponse

Les questions visent à faire une évaluation succincte de la situation :

Quelle est la rotation?

Quel est l'état du drainage souterrain? Du drainage de surface?

Quand est-ce que le fumier est appliqué ou disponible? De quel type? À quelle période de l'année? À quel moment dans la rotation?

Comment est appliqué l'azote dans le maïs?

Quelles sont les CC actuelles?

Quel est le type de sol? L'état du sol?

Quel travail de sol est réalisé après chaque culture?

Quels sont les outils de travail de sol disponibles sur la ferme?

Quelle est le type de semoir disponible pour semer les CC?

Quels sont les rendements?

Est-ce qu'il y a une possibilité de semer des céréales d'automne?

Quel sont les problèmes de mauvaises herbes ?

Quels sont les herbicides appliqués dans chaque culture?

Quelle est la durée de la saison de croissance restante après la récolte (date du premier gel mortel historique) ?

Exercice 2 (section 2.1) : Établissement de la problématique

Question

À la suite des réponses obtenues (voir hypothèse considérée ci-dessous, tableau 1), établissez le diagnostic de la situation, ainsi que les interventions nécessaires pour compléter ultérieurement l'évaluation de la problématique.

Note 1 : Dans le cas où la région ne permet pas la culture du maïs ensilage, la rotation de cultures pourrait être modifiée pour exclure le maïs. Cet exercice peut être adapté pour tenir compte de la réalité des participants à la formation.

Note 2 : La présente étude de cas pourrait être adaptée pour convenir à la production biologique en modifiant les éléments suivants :

- Remplacer les outils de désherbage chimique par les outils de désherbage mécanique;
- Possibilité de combiner un semis avec une opération de désherbage simultanément;
- Limiter l'utilisation des crucifères en raison de la dormance de graines.

Tableau 1 : Réponses du producteur/de la productrice aux questions préliminaires

Sujet	Réponse
Rotation	Maïs ensilage (30 ha) – Blé de printemps (20 ha) – Avoine grainée (35 ha) – Prairies (150 ha) - Seigle d'automne (35 ha)
Fumier	Lisier de bovins laitiers
Fertilisation azotée	Application de 32-0-0 en postlevée à forfait dans le maïs à partir du stade 4 feuilles, application de 27-0-0 granulaire au printemps dans le blé de printemps et le seigle
CC actuelles	Repousse de blé et seigle après la récolte des céréales
Sol	Variable, Sols sablonneux par endroits. Sols argileux à d'autres endroits. Les sols argileux sont un peu compacts. Présence de cuvettes dans plusieurs champs.
Outils de travail de sol	Charrue, chisel, cultivateur lourd. Aimerais réduire le travail du sol à l'automne.
Travail de sol réalisé	Labour après maïs, chisel après blé et seigle
Semoir à céréales	Vieux semoir avec une boîte à petites graines
Rendements	Maïs ensilage 13 t/ha humide; blé 3 t/ha; seigle 4 t/ha, avoine 2 t/ha
Mauvaises herbes – niveau d'infestation	Graminées annuelles et quelques feuilles larges (chénopode blanc, ortie royale). Faible pression.
Herbicides	Glyphosate dans le maïs, REFINE M dans le blé, Cobutox dans l'avoine grainée et aucun herbicide dans le seigle d'automne.

Réponse

Établissement du diagnostic général :

SOLUTIONS

- La rotation de cultures comprend une grande proportion de graminées.
- Cultures exigeantes en azote, à l'exception des prairies et de l'avoine
- La rotation permet de la place pour implanter des cultures de couverture
- Les rendements sont dans la moyenne.
- Il n'est pas possible de statuer sur l'état du sol sans aller sur le terrain. Il est possible que les sols argileux soient plus compacts puisqu'ils retiennent davantage d'eau et accentue la compaction.
- Il faut vérifier l'état du semoir et des outils de travail du sol.
- Le choix des herbicides devra être adapté à la présence des cultures de couverture

L'état du contrôle des mauvaises herbes, du drainage et de la compaction est à vérifier, mais ne sera pas traité dans cet exemple.

Après cette courte analyse et validation avec les propriétaires de l'entreprise, on peut conclure que la CC doit répondre aux objectifs suivants :

- **Apporter de l'azote au maïs ensilage, au blé et au seigle**
- **Améliorer la structure du sol.** Les argiles gagneront à avoir une macroporosité améliorée pour permettre une meilleure infiltration de l'eau. Toutefois, si le sol est très compacté, la croissance de la CC sera faible et les racines seront bloquées par la compaction. Les sols sableux vont également bénéficier d'un apport de matière organique fraîche et d'un système racinaire structurant.
- **Protéger le sol après les récoltes.**
- **Permettre de réduire le travail du sol à l'automne et idéalement au printemps, selon les types de sol**
- **Améliorer la diversité des familles dans la rotation de cultures**

Contraintes liées à la situation de l'entreprise :

- Peu d'équipement disponible pour implantation des cultures de couverture;
- Peu de familles de plantes différentes dans la rotation (beaucoup de graminées / céréales);
- Saison courte, donc peu de temps de croissance pour les cultures de couverture en fin de saison.

Exercice 3 (section 2.2) : Choix des CC à semer dans la rotation

Question – partie 1

Proposez des espèces et des périodes d'implantation (dérobée ou intercalaire) qui pourraient convenir aux différents systèmes de couvert végétal utilisés à l'aide du tableau 2. Assurez-vous que les espèces que vous avez identifiées répondent aux objectifs et aux contraintes de la ferme de l'étude de cas. Vous pouvez choisir de ne pas semer de CC dans tous les scénarios proposés. Dans ce cas, préciser ce qui a motivé votre décision.

Réponse – partie 1

1. La CC la plus importante est celle qui apporte de l'azote au maïs, ce qui pourrait être atteint en semant une culture en dérobée après le seigle. Le semis d'une CC intercalaire dans le seigle peut également être envisagé (soit l'automne de l'implantation du seigle ou alors très tôt au printemps suivant) mais peut être plus risqué si la culture de couverture est très compétitive. Le recours aux trèfles vivaces en intercalaires oblige un contrôle mécanique ou chimique avant l'établissement de la culture suivante.
2. Les CC intercalaires dans le maïs contribuent à améliorer le sol et apporter un peu d'azote pour le blé lors de la saison suivante. Ces cultures intercalaires contribueront également à protéger le sol pendant la saison hivernale, puisque le maïs ensilage laisse très peu de résidus au sol.
3. Au-delà du choix des cultures de couverture, il est important de s'attarder au choix de la rotation des cultures et de la séquence prévue. Plusieurs options sont possibles et l'optimisation de la séquence de cultures peut permettre de faire une plus grande place aux cultures de couverture dans la rotation.

SOLUTIONS

Tableau 2 : Espèces possibles selon le moment dans la rotation

Place dans la rotation	Caractéristiques recherchées	Espèces possibles les plus performantes (en production conventionnelle)
En intercalaire		
Intercalaire dans maïs	<u>Si semis à la volée (avec légère incorporation) :</u> <i>Tolérance à l'ombre</i> <i>Semences à petites graines</i> <i>Doivent pousser toute la saison jusqu'en novembre</i>	<u>Si semis à la volée (avec légère incorporation) :</u> Ray-grass, , radis, trèfle incarnat
	<u>Si semoir en ligne (semis assez tôt) :</u> <i>Tolérance à l'ombre</i> <i>Semences à grosses graines possible aussi</i> <i>S'assurer d'avoir dans le mélange des espèces qui poussent toute la saison jusqu'en novembre</i>	<u>Si semoir en ligne (semis assez tôt) :</u> Beaucoup de possibilités ; trèfle incarnat, trèfle d'Alexandrie, luzerne annuelle, féverole, sarrasin, vesces communes et velue, ray-grass, etc.
Intercalaire dans blé	<i>Semences à petites graines</i> <i>Croissance lente pour ne pas faire compétition au blé</i> <i>Doivent pousser toute la saison jusqu'en novembre</i>	Trèfle blanc, trèfle rouge, luzerne Lotier : pousse trop lentement
Intercalaire dans seigle	<u>Intercalaire au printemps</u> <i>Apport d'azote (pour le maïs la saison suivante)</i> <i>Semences à petites graines</i> <i>Croissance lente</i> <i>Doit pousser toute la saison jusqu'en novembre et rester court</i>	<u>Intercalaire au printemps :</u> Trèfle blanc, trèfle rouge
	<u>Intercalaire à l'automne</u> <i>Capable de s'établir en fin de saison</i>	<u>Intercalaire à l'automne :</u> Trèfle blanc, trèfle rouge

SOLUTIONS

(suite tableau 2)

À la dérobée		
Dérobée après maïs	<i>Très grande résistance au froid</i>	Seul le seigle d'automne est possible lorsque la saison le permet, il va repousser au printemps mais doit être implanté au semoir pour une émergence plus rapide. Peut être implanté en semis direct
Dérobée après blé	<i>Protection du sol</i> <i>Résistance au froid</i> <i>Croissance rapide</i> <i>Ne doit pas coûter cher, car ne fera pas beaucoup de biomasse</i> <i>Diversifier la rotation de cultures</i>	Pour un semis en août ou septembre, après chaulage et/ ou nivellement(Crucifères annuelles (Ex : navet fourrager, chou fourrager, radis) Plusieurs autres options seraient possibles et permettraient d'apporter un peu d'azote à la culture suivante (Ex : mélange avec pois fourrager). La repousse de battage peut apporter une part intéressante de graminées dans la couverture de sol.
Dérobée après seigle	<i>Résistance au froid</i> <i>Croissance rapide</i> <i>Doit apporter beaucoup d'azote à la saison suivante pour maïs</i>	Pois fourrager, féverole, vesce commune si implanté très tôt, mélanger avec crucifères annuelles, et un peu d'avoine fourragère.

Exercice 4 (section 2.3) : Évaluation des mélanges de CC

Question - partie 1

Le producteur s'est fait proposer d'utiliser le mélange complexe suivant en dérobée après un blé d'automne :
Selon vous, est-ce que le choix des espèces pour ce mélange est acceptable pour une implantation à la dérobée après une céréale d'automne?

Mélange :

Herbe du Soudan

Avoine

Seigle automne

Pois fourrager 4010

Radis huileux

Vesce velue

Trèfle incarnat

Trèfle Alexandrie

Phacélie

Tournesol

Sarrasin

Le mélange devrait répondre aux deux objectifs suivants en même temps.

Objectif 1: Bon apport de N pour culture suivante

Objectif 2: Doit mourir à l'hiver

- a. Précisez les critères de sélection des espèces.
- b. Identifier les espèces qui correspondent à vos critères.

Réponse - partie 1

1. Critères pour évaluer le mélange semé à la dérobée

Objectif 1 : Les légumineuses permettront un apport de N, si elles peuvent se développer suffisamment avant l'hiver. Le pois et la vesce permettraient d'atteindre cet objectif. La croissance des trèfles est trop lente en dérobée pour fournir une biomasse significative. Les autres espèces du mélange pourront recycler l'azote déjà dans le système, sans nécessairement en apporter.

Objectif 2 : Le mélange devrait être composé uniquement de plantes annuelles. On élimine donc la vesce velue, le trèfle incarnat ainsi que le seigle d'automne.

De plus, puisqu'il s'agit d'un semis en dérobée, les plantes devront présenter une croissance rapide et une bonne résistance au froid afin de produire le plus de biomasse possible avant l'hiver. On élimine l'herbe du soudan. Le sarrasin peut donner des résultats variables selon la date prévue du premier gel.

Enfin, les espèces choisies devront être bien adaptées pour tolérer la compétition, sinon, elles ne pousseront pas.

Les espèces qui répondent aux critères de sélection sont indiquées dans le tableau suivant (tableau 4).

SOLUTIONS

Tableau 4 : Espèces qui répondent aux critères requis pour une implantation à dérobée

Espèce	Pousse rapidement	Tolérante au froid	Tolérante à la compétition	À intégrer au mélange OUI/NON
Herbe du Soudan	non	non	oui	non
Avoine	oui	oui	oui	oui
Seigle automne	oui	oui	oui	non
Pois fourrager 4010	oui	oui	oui	oui
Radis huileux	oui	oui	oui	oui
Vesce velue	non	oui	oui (variable)	non
Tr. Incarnat	non	oui	non	non
Trèfle Alexandrie	non	non	mauvais résultats à date	non
Phacélie	plus ou moins	oui	oui	? très dispendieuse
Tournesol	oui	oui	oui	oui
Sarrasin	oui	non	oui	oui?

SOLUTIONS

Question – partie 2

Les mélanges 2 et 3 suivants, semés à la dérobée après une céréale d'automne, sont-ils un bon choix pour répondre à l'objectif « Augmenter l'apport de N » et de pas travailler le sol à l'automne?

Mélange 2 : 30 % pois fourrager, 50 % avoine, 20 % trèfle incarnat;

dose de semis 100 kg/ha

Mélange 3 : 20 % Pois fourrager, 40 % féverole, 25 % avoine, 5 % radis fourrager, 10 % sarrasin

dose de semis : 80 kg/ha

Réponse – partie 2

Mélange 2 : 30 % pois fourrager, 50 % avoine, 20 % trèfle incarnat; dose de semis : 100 kg/ha

N'est pas un bon choix pour augmenter l'apport de N, pour les raisons suivantes :

- Il n'y pas assez de pois pour apporter de l'azote;
- Le trèfle incarnat ne poussera pratiquement pas, car il n'est pas compétitif.
- La dose de semis de l'avoine est trop élevée, ce qui pourrait limiter le réchauffement et l'assèchement du sol au printemps suivant. Le couvert devrait alors être enfoui à l'automne, ce qui ne rencontre pas un des objectifs de l'entreprise.

Mélange 3 : 20 % Pois fourrager, 40 % féverole, 25 % avoine, 5 % radis fourrager, 10 % sarrasin

dose de semis : 80 kg/ha

Très bon choix pour augmenter l'apport de N, pour les raisons suivantes :

- Quantité suffisante de pois et de féverole pour apporter de l'azote;
- Le radis va capter l'azote résiduel et améliorer le drainage, ce qui va faciliter le semis au printemps prochain.
- Toutes les cultures de ce mélange sont annuelles et seront détruites par l'hiver.
- Croissance rapide en fin de saison
- Le sarrasin mourra en premier (très sensible au gel), mais les autres espèces vont continuer de pousser tard à l'automne.

Exercice 5 (section 2.3) : Calcul des doses de semis

Question

Calculez la dose de semis en kg/ha de chaque espèce du mélange suivant à l'aide du tableau 5.

Référez-vous aux pages 18 à 20 du guide.

Mélange 4 : 45 % pois fourrager, 25 % avoine 12 % ray-grass annuel, 10 % phacélie, 8 % radis fourrager

Réponse

Exemple de calcul pour le pois fourrager : $100 \text{ kg/ha} \times 45 \% = 45 \text{ kg/ha}$

Tableau 5 : Calcul des doses de semis pour le mélange 4

Espèce	Dose de semis en peuplement pur (kg/ha)	Pourcentage dans le mélange (%)	Dose de semis de chaque espèce dans le mélange (kg/ha)
Pois fourrager	100	45	45
Avoine	80	25	20
Ray-grass annuel	15	12	1,8 (2)
Phacélie	10	10	1
Radis fourrager	8	8	0,64 (1)
Total		100	68,44

On peut ensuite arrondir les chiffres pour travailler avec un total d'environ 70 kg/ha par exemple.