

SOLUTION DES EXERCICES
JOUR 1 – CHAPITRES 1 ET 2

FORMATION CULTURES DE COUVERTURE EN GRANDES CULTURES
PARCOURS 1 : PRODUCTION CONVENTIONNELLE – ZONES 1 ET 2

Rédaction

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

Collaboration

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

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.



SPGBQ
SYNDICAT DES PRODUCTEURS
DE GRAINS BIOLOGIQUES DU QUÉBEC

© 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

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.

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.

Note au formateur : 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.

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

- Le pois fourrager
- Le ray-grass annuel
- L'avoine
- Le seigle
- La vesce velue
- Le sorgho

Réponse : Les trois espèces qui produisent le plus de racines sont : le ray-grass, le seigle, le sorgho. Le pois fourrager est l'espèce qui produit le moins de racines.

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

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

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
- Avoine–pois–radis
- 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.

SOLUTION DES EXERCICES

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
- 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 de matière organique au sol
- Apport d'azote, si la proportion de pois est importante.

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 cultive 200 ha de grandes cultures dans une région de 2800 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.

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 du blé d'automne?

Quels sont les problèmes de mauvaises herbes

Quels sont les herbicides appliqués dans chaque culture?

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.

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

Sujet	Réponse
Rotation	Maïs (100 ha) – Soya (80 ha) – Blé de printemps (20 ha) pour faire du nivellement
Drainage	Aux 50 pi
Fumier	Aucun sur la ferme.
Fertilisation azotée	Application de 32-0-0 en postlevée dans le maïs à partir du stade 4 feuilles
CC actuelles	Repousse de blé après la récolte du blé
Sol	Argileux, un peu compact. 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 soya
Semoir à céréales	Vieux semoir avec une boîte à petites graines
Rendements	Maïs 12 t/ha; blé 4 t/ha; soya 3 t/ha
Mauvaises herbes principales	Graminées annuelles
Herbicides	Glyphosate dans le maïs, FREESTYLE dans le soya, REFINE + 2,4-D dans le blé

Réponse

Établissement du diagnostic général :

- Les rendements sont bons.
- Le drainage est probablement insuffisant (un espacement de 50 pi dans un sol argileux est rarement adéquat).
- Il n'est pas possible de statuer sur l'état du sol sans aller sur le terrain. Toutefois, compte tenu de l'écartement des drains, il est probable que le sol soit compact à cause d'un ressuyage lent qui oblige à travailler en conditions humides (à valider sur le terrain).
- Il faut vérifier l'état du semoir et des outils de travail du sol.

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

Après cette courte analyse, on peut conclure que la CC doit répondre aux objectifs suivants :

- **Apporter de l'azote au maïs.**
- **Améliorer la structure du sol.** Toutefois, si le sol est très compacté, la croissance de la CC sera faible et les racines seront bloquées par la compaction. Si c'est le cas, un sous-solage peut être nécessaire. Une évaluation en champ est nécessaire pour confirmer le diagnostic.
- **Protéger le sol après le nivellement.**
- **Permettre de réduire le travail du sol à l'automne**

SOLUTION DES EXERCICES

Contraintes liées à la situation de l'entreprise :

- Blé de printemps et nivellement après le blé, ce qui laisse peu de temps pour semer une CC qui produirait une bonne biomasse
- 50 % des superficies sont en maïs

Dans le cas présent, il a été validé que ces objectifs correspondent à ceux du producteur/de la productrice.

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

Question – partie 1

Proposez des espèces 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 de 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 est difficilement réalisable après un blé de printemps et un nivellement. Il faut discuter avec le producteur de la possibilité de semer un blé d'automne. Le semis d'une CC intercalaire de légumineuses dans le blé n'est pas une option, puisque du nivellement est fait après la récolte.
2. Les CC dans le maïs et le soya contribuent à améliorer le sol et apporter un peu d'azote; mais, comme elles se développent beaucoup moins que dans le blé, elles sont moins importantes pour atteindre les objectifs de la ferme.
3. Les CC semées dans (ou après) le soya en fin de saison ou après le maïs pourraient être envisagées, car, si c'est possible d'en implanter, cela serait bénéfique pour le sol.

SOLUTION DES EXERCICES

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, sarrasin, 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 : pois fourrager, trèfle incarnat, trèfle d'Alexandrie, niébé, féverole, sarrasin, vesces communes et velue, ray-grass, etc.
Intercalaire dans blé	<u>Apport d'azote (pour le maïs la saison suivante)</u> <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 Non recommandés : Lotier : pousse trop lentement Mélilot : donne un goût au blé
Intercalaire dans soya	<u>Intercalaire au printemps</u> <u>Apport d'azote (pour le maïs la saison suivante)</u> <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, lotier, mélilot jaune
	<u>Intercalaire à l'automne</u> <i>Capable de s'établir en fin de saison</i>	<u>Intercalaire à l'automne :</u> Céréales d'automne, céréales de printemps.

SOLUTION DES EXERCICES

(suite tableau 2)

À la dérobée		
Dérobée après maïs	<i>Très grande résistance au froid</i>	Seul le seigle d'automne est possible, il va repousser au printemps et être bénéfique au soya l'année suivante.
Dérobée après blé	<i>Protection du sol Résistance au froid Croissance rapide Ne doit pas coûter cher, car ne fera pas beaucoup de biomasse</i>	Pour un semis en septembre, après le nivellement (et un semis de maïs l'année suivante) : avoine ou avoine-radis Plusieurs autres options seraient possibles et permettraient d'apporter de l'azote pour le maïs suivant, si le semis était réalisé plus tôt.
Dérobée après soya	<i>Résistance au froid Croissance rapide Ne doit pas coûter cher, car ne fera pas beaucoup de biomasse</i>	Céréales de printemps : si récolte tôt en saison Seigle d'automne, mais pas recommandé pour un semis de maïs l'année suivante.

Question – partie 2

Le producteur est prêt à remplacer le blé de printemps par un blé d'automne et augmenter sa superficie en blé à 40 ha (pas seulement dans les champs qui doivent être nivelés).

Proposez 3 scénarios d'espèces (en semis pur ou en mélanges) intéressantes à utiliser dans cette situation.

Réponse – partie 2

Les espèces ou mélanges intéressants pour une CC semée en dérobée après un blé d'automne (et avant le 1^{er} septembre) peuvent être :

- 1) Pois fourrager seul
- 2) Pois-radis
- 3) Pois-radis-sarrasin-féverole

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?

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

Tableau 3 : Composition du mélange complexe 1

Espèce	Pourcentage dans le mélange
Herbe du soudan	10
Avoine	10
Seigle automne	10
Pois fourrager 4010	10
Radis huileux	10
Vesce velue	10
Trèfle Incarnat	10
Trèfle d'Alexandrie	10
Phacélie	5
Tournesol	5
Sarrasin	10
Total	100 kg/ha

Réponse - partie 1

1. Critères pour évaluer le mélange semé à la dérobée

Si on ne veut pas de repousse au printemps, ce mélange est à proscrire à cause du seigle d'automne et de la vesce velue.

Si le mélange peut repousser au printemps, les critères sont les suivants :

- Les espèces doivent pousser rapidement;
- Les espèces ne doivent pas être sensibles au froid, car on voudrait que la culture fasse le plus de biomasse possible et pousse tard en saison;
- Les espèces ne doivent pas être très sensibles à la compétition, sinon elles ne pousseront pas.

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

SOLUTION DES EXERCICES

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	?
Pois fourrager 4010	oui	oui	oui	oui
Radis huileux	oui	oui	oui	oui
Vesce velue	non	oui	oui (variable)	?
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

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 : 38 % Pois fourrager, 38 % féverole, 19 % sarrasin, 5 % radis fourrager; 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 : 38 % Pois fourrager, 38 % féverole, 19 % sarrasin, 5 % radis fourrager; 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.

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 3 : 38 % pois fourrager, 38 % féverole, 19 % sarrasin, 5 % radis fourrager; dose de semis : 80 kg/ha

Tableau 5 : Calcul des doses de semis pour le mélange 3

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			
Avoine			
Ray-grass annuel			
Phacélie			
Radis fourrager			
Total			

Réponse

Exemple de calcul pour le pois fourrager : $100 \text{ kg/ha} \times 40 \% = 38 \text{ kg/ha}$

Tableau 5 : Calcul des doses de semis pour le mélange 3

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 kg/ha	38	38
Féverole	90 kg/ha	38	34,2
Sarrasin	40 à 60 kg/ha (moy. = 50)	19	9,5
Radis fourrager	6 à 10 kg/ha (moy. = 8)	5	0,4
Total			82,1