

Rotations et qualité des sols: quels impacts sur les cultures?

Anne Vanasse, agr., Ph.D.



Plan de la conférence

Effets des rotations

- sur le sol
- sur les ennemis des cultures
- sur les rendements



La rotation et la qualité du sol

- Structure du sol: arrangement et **stabilité des agrégats de sol (macro vs micro-agrégats)**
- Bonne structure du sol: résistance aux gouttes de pluie, au compactage, à l'érosion
- ↑ croissance racinaire, ↑ circulation eau, ↑ éléments nutritifs



La rotation et la qualité du sol

Les agents liants pour les agrégats



Transitoire:

-matière organique, polysaccharides

Temporaires:

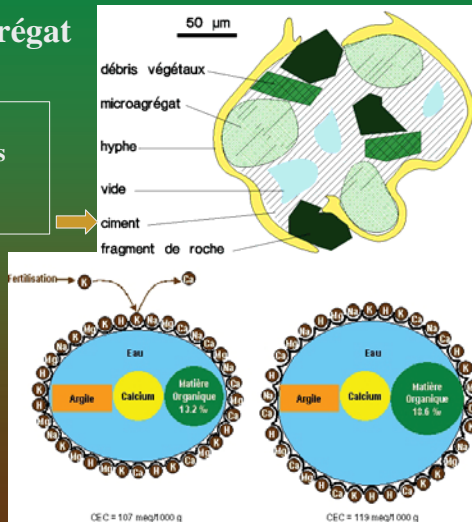
-racines, hyphes fongiques (mycorhizes)

Persistants:

-complexe argilo-humique, CaCO₃

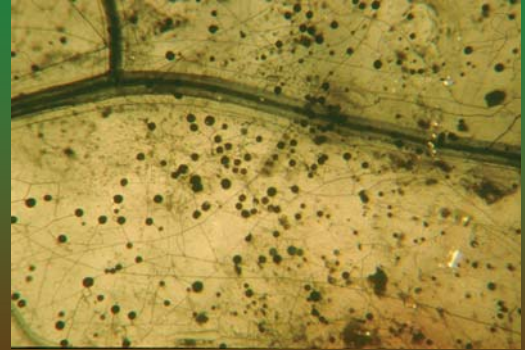
Macro-agrégat

Argile
acides humiques
gels bactériens
polysaccharides



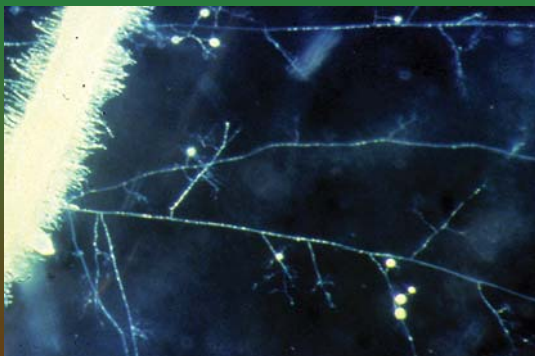
Complexe
Argilo-humique

La vie autour d'une racine



Hyphes de champignons (mycorhizes)
autour d'une racine de luzerne

La vie autour d'une racine



Hyphes de mycorhizes autour d'une racine

Effets des cultures sur la structure du sol

- **Évaluation de la structure du sol après 2 ans de culture (argile Kamouraska):**
 - orge
 - luzerne
 - maïs
 - sol nu (jachère)
- Mesure des agrégats stables à l'eau sur la strate 0-15 cm

Source: Angers et Mehuys, 1988

Effets de la céréale et de la luzerne sur le sol

- orge et luzerne: ↑ taille et stabilité des agrégats vs sol nu (jachère) ou maïs
- proportion agrégats de 2-6 mm: de 25% (au début) à 40% après 2 ans
- proportion agrégats de 0,25 à 1 mm: de 37% à 19%

Source: Angers et Mehuy, 1988



Effets de la prairie vs maïs sur le sol

7 séries de sol: monoculture de maïs vs prairie (> 5 ans)

- Mesure du C, N et agrégats stables à l'eau

➤ Sols sous prairie:

- ↑ 25 % Carbone (m.o.) et ↑ 29% N vs le maïs
- % agrégats stables à l'eau (> 1mm): 34% + élevé

Source: Elustondo et coll., 1990

Agrégats stables à l'eau: prairies vs maïs

Série de sol	Culture	Agrégats > 1mm (%)
loam argileux Ste-Rosalie	Prairie	62,5
	Maïs	45,2
loam argileux Nicolet	Prairie	72,5
	Maïs	50,9
Loam argileux Levrard	Prairie	48,3
	Maïs	43,0
Loam sableux Labaie	Prairie	49,9
	Maïs	37,5
Sable loameux Saint-Jude	Prairie	36,3
	Maïs	26,5
Sable loameux Achigan	Prairie	35,7
	Maïs	22,1

Effets de la prairie vs maïs sur le sol

Effet délétère de la culture continue de maïs sur la structure du sol, en particulier sur la macro-agrégation peut être dû:

- Travail intensif du sol
- Absence ou réduction du couvert végétal
- Tassement du sol par la machinerie
- Système racinaire

Source: Elustondo et coll., 1990

Retour en carbone et racines des cultures

Contribution des racines au C org. est plus imp. que celle des tiges (résidus de culture): **2.4 fois +** (1,5 à 3,7 selon les études) (Rase et al. 2005). Pourquoi?

- Contenu en lignine + élevé des racines et des produits dérivés des racines
- Protection physique du C racinaire à l'intérieur des agrégats

(Kuzyakov, 2004)

Système racinaire des cultures

Culture	Système racinaire	BA/BR ¹
Luzerne	Racine pivotante, système abondant, profond	1,2 - 1,8
Trèfle	Racine pivotante, - abondant, superficiel	0,9 - 1,2
Brome	Racines fasciculées, abondant, profond	0,9 - 1,9
Dactyle	Racines fasciculées, abondant, superficiel	0,5 - 1,2
Fléole	Racines fasciculées, - abondant, + superficiel	0,5 - 1,2
Maïs	Racines fasciculées, assez profond	9.5
Orge	Racines fasciculées, abondant, - profond	2.0
Avoine	Racines fasciculées, abondant, profond	2.5
Blé	Racines fasciculées, - abondant, intermédiaire	4.9
Soya	Racine pivotantes avec nodosités, - abondant	5.2
Canola	Racine pivotante, réseau dense de racines	-

- ¹ Ratio BA/BR: biomasse aérienne/biomasse racinaire (Bolinder et coll, 2002, 2007)

Système racinaire des cultures et apport en carbone

- Les graminées et les légumineuses fourragères possèdent la biomasse racinaire la plus importante, suivi par les céréales, le maïs et le soya.

Intégration des engrais verts

Engrais verts (EV):

- En intercalaire avec culture principale
- Implantées en dérobée (post-récolte)
- Réduire l'érosion et recycler N, P et K
- EV non-légumineuse: crucifères (radis, moutarde), graminées (rejet de battage, seigle, raygrass)
- EV légumineuse: trèfles, vesces, pois fourrager



ou mélanges



Effets des engrais verts sur la dynamique de l'azote

- EV non-légumineuse peut prélever en post-récolte entre 20 et 60 N et EV qui persistent durant l'hiver peuvent réduire le lessivage du N entre 40 et 70% par rapport à un sol nu.
- EV de légumineuse peut apporter jusqu'à 80-110 N mais cet azote a un comportement différent du N inorganique des engrais.

(Tonito et al., 2006)

Rotation avec des cultures intercalaires

Effets des cultures intercalaires (étude Iowa):

- Trèfle rouge vs luzerne en intercalaire dans l'avoine
- Culture du maïs l'année suivante (avec ou sans N)
- Évaluation de l'apport en N et effet de l'incorporation



Liebman et al., sous presse

Rotation avec des cultures intercalaires

Trèfle rouge apporte + de biomasse et + de N que luzerne

- Sans N, ↑ rendement en maïs de 25 à 63 % suite à la culture intercalaire de TR ou luzerne vs précédent d'avoine seul.
- Avec dose de N + élevée (202 N), pas de différence entre précédent de culture intercalaire ou d'avoine seul.
- Valeur de remplacement du N pour le maïs:
 - Trèfle rouge: 87 à 184 kg N /ha
 - Luzerne: 70 à 121 kg N /ha
- Effet variable du moment d'incorporation (aut. vs print)

La rotation et les maladies

Fusariose dans les céréales et le maïs

Fusariose

- Blé, orge, maïs, seigle, triticale, avoine, graminée
- Spores laissées sur résidus
- Effet du climat (année), inoculum et cultivar (sensible ou tolérant)
- Culture intercalaire (écran possible pour la dispersion des spores)



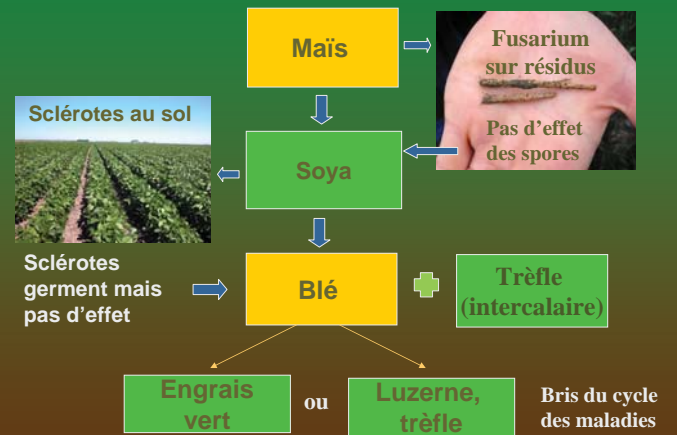
La rotation et les maladies

Maladie propagée aux oléoprotéagineuses



Sclérotiniose (sclérotés au sol)
 -soya, haricot, pois
 canola, tournesol
 - sclérotés vont germer ds conditions humides

Rotation pour diminuer les maladies



Effet des rotations sur les maladies

Projet sur différentes rotations ds 2 régions du Qc:

- Normandin: orge, pois, canola
- St-Hyacinthe: maïs, soya, blé
- 2 cycles de rotations (1999-2001 et 2002-2004)
- Monoculture et rotation courtes ont fait augmenter:
 - pourritures racinaires du maïs, soya et pois
 - maladies foliaires de l'orge

Source: Pouleur et Comeau, 2011



Effet des rotations sur les maladies

Monoculture de maïs vs Maïs-soya vs Maïs-soya-blé:

- 6% + de rendement de maïs après le soya
- jusqu'à 10% + de rendement après le blé et le soya
- jusqu'à 9% + de rendement de soya (2 ans sans soya)
- Soya ne tolère pas les rotations courtes
- Orge: pas d'effets sur les racines maïs sur les maladies foliaires (avec 2 à 4 ans en continu)
- Canola: intolérant aux rotations courtes à cause de la hernie des crucifères
- recommandé d'attendre au moins 3 ans avant de revenir en canola

Source: Pouleur et Comeau, 2011

La rotation et les rendements



Projet de rotation à long terme

Projet de l'Université de Guelph (initié en 1995)

- Maïs-maïs, Maïs-soya, Maïs-Soya-Blé (avec ou sans trèfle):
- M-S-B: 10 à 19% + de rendement dans le maïs (vs M-S et MM)
- M-S-B: 9 à 10 % + de rendement dans le soya (vs M-S)
- Avec trèfle rouge ds le blé: ajout de 2% + de rendement ds le maïs et le soya



Rotations courtes ou longues?

Étude au Minnesota d'une durée de 16 ans

Rotation:

- Maïs - soya
- Maïs - soya - avoine/luzerne - luzerne
(4 cycles de rotations)

Systèmes de culture:

- Sans intrants (témoin)
- Intrants chimiques réduits (↓ engrais + herb. bandes)
- Conventionnel (dose d'engrais + élevé, herbicides)
- Biologique (fumier + désherbage mécanique)

Rendements en maïs et soya (étude sur 16 ans)

Système de culture	Maïs/soya	Avoine/luzerne/maïs/soya
Rendement en maïs (T/ha)		
Témoin (sans engrais)	3,44 c	4,83 b
Intrants réduits	7,71 b	8,72 a
Intrants + élevés	9,46 a	9,14 a
Biologique	7,06 b	8,93 a
Rendement en soya (T/ha)		
Moyenne (systèmes)	2,27 b	2,44 a

Coulter et coll., 2011

Rotations courtes ou longues?

Étude au Minnesota d'une durée de 16 ans

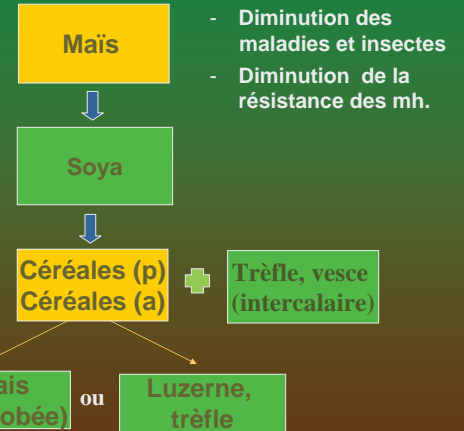
- Augmentation dans le maïs de 13%, 26% et 40% avec la rotation de 4 ans vs 2 ans avec les systèmes à intrants réduits, biologique et le témoin.
- Dans le système conventionnel, l'apport + élevé de fertilisants vient camoufler l'effet de la rotation.
- Augmentation dans le soya de 7% avec la rotation de 4 ans vs rotation de 2 ans.

Coulter et coll., 2011

Récapitulatif

Rotation diversifiée:
- Apport de C et macro-agrégation
(diff. syst. racines)

- EV et intercalaire:
apport de N, activité biologique



Questions ?

