

Impact des pratiques de conservation sur la qualité des sols et de l'eau

Anne Vanasse, agr., Ph.D.

Université Laval

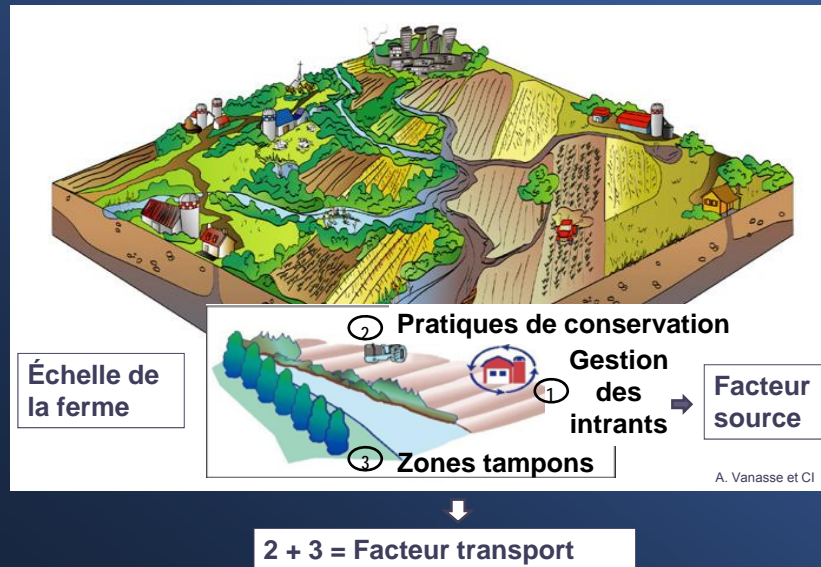


Plan de conférence

- Pratiques de conservation des sols
- Effets sur:
 - La qualité des sols
 - La réduction de l'érosion
 - Les pertes en P, N et pesticides
- Intégration des pratiques de conservation

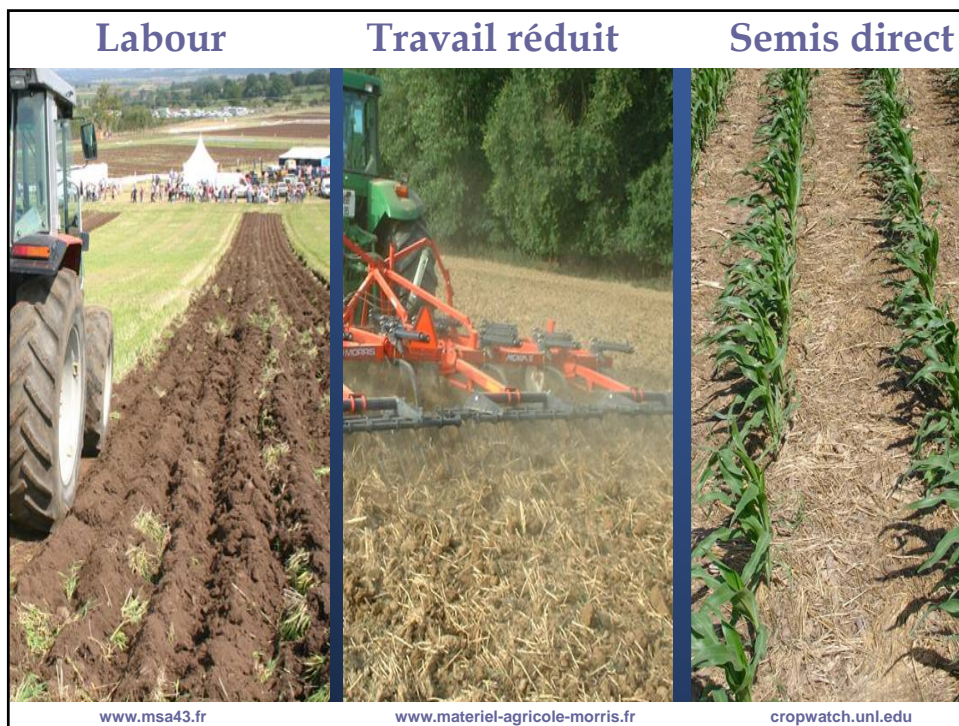


Pratiques de conservation des sols

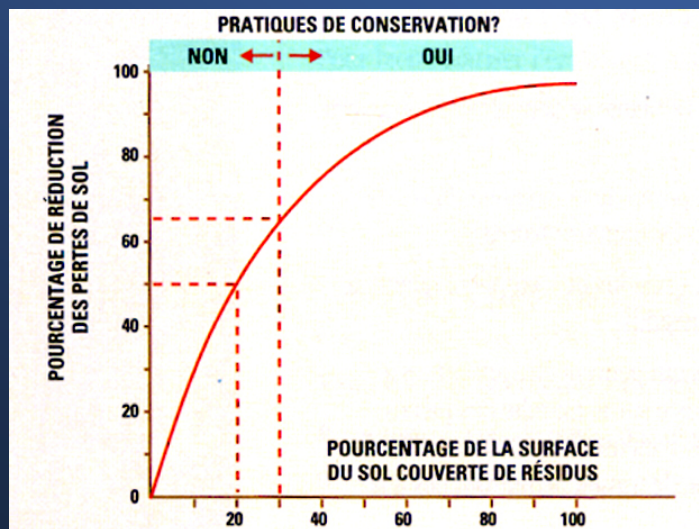


Systèmes de travail du sol

- Labour: enfouissement des résidus à l'aide d'une charrue et d'autres outils de travail secondaire du sol
- Travail réduit: résidus sont incorporés partiellement par l'outil à l'automne et/ou au printemps
- Semis direct: culture principale est implantée directement avec aucune opération de travail du sol depuis la récolte



Travail du sol vs érosion



Adapté de: Guide des pratiques de conservation en grandes cultures, CPVQ Inc. 2000

Pourcentage de résidus laissés en surface

Travail du sol	Outils utilisés	% de résidus		
		Céréales et maïs	Soya	Général
Conventionnel (< 30%)	Charrue	< 10	5	0 - 10
Travail réduit (> 30%)	Chisel	60	20	-
	Disques lourds déportés	30	10	-
	Travail en bandes	-	-	40 - 60
Aucun travail (> 30%)	Semis direct	90	85	-

Adapté de: Laverdière et Thibaut (1990), CPVQ (2000), Aletto et al. (2010)

Effets sur la qualité des sols

Qualité du sol

Propriétés physiques

- Structure du sol
- Matière organique*
- Masse volumique
- Porosité



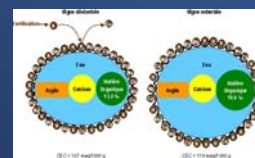
Propriétés biologiques

- Vers de terre
- Hyphes fongiques, bactéries




Propriétés chimiques

- pH
- Minéralisation et éléments nutritifs



*Plusieurs auteurs considèrent que la MO est l'indicateur le + imp. de la qualité du sol.

Effets sur les propriétés physiques

- Travail réduit et SD: résidus de surface apporte MO en surface et protège agrégats contre pluie battante

- Régions tempérées: un seuil de 3,4% MO proposé. Sous ce seuil, problèmes de dégradation (Loveland et Webb, 2003)
- Expérience (Guelph): SD avait une moyenne de 15 t/ha de plus de MO vs labour (couche 0-15 cm) (Vyn et Raimbault, 1993)
- SD laisse 14% plus de CO que le labour en surface mais contenu plus élevé dans strate 20-30 cm pour labour (accumulation à la base de couche de labour) (Angers et al., 1997; Poirier et al., 2009)

Contenu en carbone organique du sol selon différentes techniques de travail du sol

Sol	Culture	Profondeur (cm)	Travail de sol	Carbone organique
(g /kg)				
Sable loameux ou loam sableux <small>(Mehdi et al., 1999)</small>	Maïs	0-15	Labour	20,7
			Travail réduit	20,9
			Semis direct	25,7
Loam argileux <small>(Messiga et al., 2011)</small>	Maïs-soya	0-5	Labour	22,0
			Semis direct	26,0
(Mg/ha)				
Loam argileux <small>(Shi et al., 2011)</small>	Maïs	0-10	Labour	25,1
			Travail réduit	32,0
			Semis direct	28,7



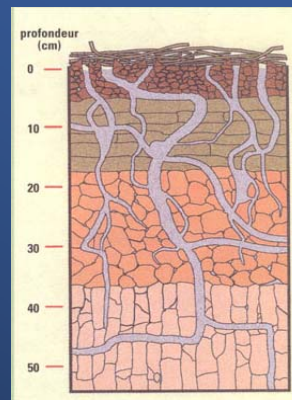
Effet du travail du sol sur la masse volumique (MV)

Sol	Prof. (cm)	Labour	Travail réduit	Semis direct
(Mg/m)				
Loam limoneux <small>(Vyn et Raimbault, 1993)</small>	5-10	1,21 b	1,24 b	1,41 a
Loam argileux <small>(Shi et al., 2011)</small>	0-5	1,41 a	1,43 a	1,39 a
	5-10	1,41 a	1,39 a	1,44 a
	10-20	1,50 a	1,41 a	1,42 a
	20-30	1,66 a	1,60 a	1,65 a

- Effets contradictoires des systèmes selon les études.
- À court et moyen terme, MV + imp. ds SD (pas de travail du sol).
- À long terme, MV peut augmenter dans labour (faible MO et compaction de surface et en profondeur causée par le poids de la machinerie)

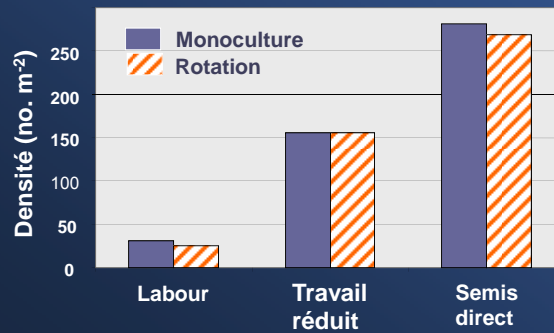
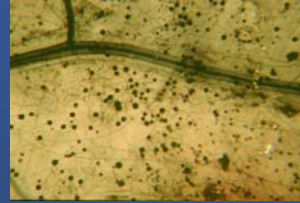
Effets sur la porosité

- **Pratiques de conservation (SD):**
amélioration de la macroporosité
 - **Action des vers de terre et racines :**
 - **Augmente proportion de bio-**
canalisations et macropores (Logan et al., 1991)
 - **Améliore taux d'infiltration de l'eau**
(Pulleman et al., 2005)
- et circulation de l'eau et de l'air dans le sol** (German et al., 1984)



Effets sur les propriétés biologiques

- Labour réduit la diversité et l'abondance des organismes du sol (hyphes fongiques, vers de terre) (Brady et Well, 2002)
- L'utilisation d'amendements organiques stimule activité microbienne et faunique du sol.



Augmentation des densités de vers de terre

Légère et al., 2006

Effet des résidus sur la réduction de l'érosion

Résidus	Travail de sol	% de résidus	% de réduction d'érosion vs labour
Maïs	Labour	7	-
	Chisel	35	74
	Semis direct	69	92
Soya	Labour	2	-
	Chisel	7	32
	Semis direct	27	64
Blé	Labour	9	-
	Chisel	29	72
	Semis direct	86	96

MAAAR, 2012

Effets sur les pertes de sédiments

- Pertes de sédiment par drainage et ruissellement:
 - Labour: 899 kg/ha, SD: 390 kg/ha (Gaynor et Findlay, 1995)
 - Drainage contribuait pour 44 à 65% des pertes de sol
 - Écoulement préférentiel des sédiments ds les drains via fentes de retrait (McKeague et al., 1987)
 - Résidus piègent sédiments, diminuent vitesse de ruissellement et mouvement vers drains (Unger, 1990)



Pertes de phosphore par ruissellement et drainage

- Formes de P perdues des sols agricoles:
 - P particulaire: P associé aux particules en suspension (PP)
 - P réactif dissous (PRD)
- P total: PP + PRD
- Impact environnemental du PRD + imp. car sous une forme directement disponible pour les plantes aquatiques
 - Selon les études:
 - ruissellement responsable de la majorité des pertes
 - sols à texture fine: écoulement préférentiel via fentes de retrait: large part des mouvements de PP et PRD

Effet du travail du sol sur les pertes en P dans l'eau de ruissellement et de drainage

Travail de sol	PRD	PP	PT
----- kg/ha -----			
Labour	1,0	0,2	1,24
Semis direct	2,1	0,3	2,35
(Gaynor et Findlay, 1995)			
Labour	0,3	2,1	2,4
Semis direct	1,3	1,1	2,4
(Ulen et al., 2010)			

Pertes en P selon les systèmes

- Revue de littérature sur les pertes de P (Ulen et al., 2010):
 - Diminution du PP en SD (21x sur 24)
 - Augmentation du PRD en SD (15x sur 24)
 - SD: PRD forme principale de P pour le lessivage, 80% des pertes totales (Djodjic et al., 2002)
- ↓
- SD: pertes dues aux macropores (infiltration de l'eau)
 - Labour: travail de la couche arable (rugosité), mouvement de l'eau + lent, opportunité pour les $\text{PO}_4\text{-P}$ d'être sorbés

Pertes en N selon les systèmes

- Contamination des eaux de ruissellement et de drainage par les nitrates: critères de potabilité retenu par les municipalités est de 10 mg N/L.
- Pertes de nitrates du milieu agricole est plus importante par le drainage que par le ruissellement (Tan et al., 2002).
- Le lessivage peut être important dans les sols sableux mais aussi dans les sols argileux avec la présence de fentes de retrait.
- Résultats divergents entre les études par rapport aux pertes en nitrates vs systèmes.



Pertes et concentration de nitrates dans les eaux selon le travail du sol

Sol	Travail du sol	Pertes (kg/ha)	Concentration (mg/L)	
			Eaux drainage	ruissellement
Loam argileux <small>(Drury et al., 1999)</small>	Labour	23,5	53,4	5,0
	Semis direct	17,0	34,9	13,7
Loam <small>(Patni et al., 1996)</small>	Labour	108,2	25,0	-
	Semis direct	121,8	21,0	-
Loam	Labour	63,7	13,5	-
argileux <small>(Tan et al., 2002)</small>	Semis direct	82,3	11,8	-

Dépassement du critère retenu pour l'eau potable

Pertes de pesticides

- Couverture de résidus organiques en surface mène à l'augmentation de l'interception-réception des pesticides.
- Diminution possible de disponibilité du pesticide pour la dégradation biologique mais la persistance du pesticide atténuée par l'activité biologique + intense (Aletto et al., 2010)
- Le transfert des pesticides est plus influencé par les conditions initiales du sol et les conditions climatiques que le travail du sol (Gaynor et al., 1995; Masse et al., 1996)
- Propriétés physico-chimiques des herbicides (solubilité à l'eau, coefficient d'adsorption, dégradation): rôle imp. vs qtés transportées.



Pertes d'herbicides dans les eaux de drainage

Sol	Travail de sol	Pertes (g/ha)		Conc. (µg/L)	
		Atra.	Mét.	Atra.	Mét.
Loam	Labour	3,71	0,94	10,7	7,0
(Masse et al., 1996)	Semis direct	6,64	1,96	20,6	11,6
Loam limoneux	Labour	-	-	13,8	18,0
(Fortin et al., 2002)	Travail réduit	-	-	14,9	19,1

- Différence non significative entre les pertes des ≠ systèmes, la variation des données reliée à l'intensité et la durée des pluies masquait les effets du travail du sol.
- Comportement des pesticides ds le sol sous différents travaux de sol sont variables et très contradictoires (Aletto et al., 2010)

Intégration des pratiques de conservation

- Les systèmes de travail du sol ne peuvent à eux seuls réduire les pertes dans l'environnement.
- Lessivage et ruissellement:
 - Durant la saison: sols argileux (fentes de retrait) et biopores (SD) conjugués à des cultures qui recouvrent peu les entre-rangs; sols sableux (N)
 - En post-récolte (automne), hiver et printemps (dégel): pertes assez importantes associées aux précipitations et aux sols à nu

Intégration des pratiques de conservation

Cultures de couverture (CC):

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



ou mélanges



Effets des cultures de couverture sur la structure du sol

Étude sur la stabilité des agrégats:

- Raygrass ou trèfle rouge:intercalaire avec céréale
 - Radis huileux en dérobée après la céréale
- } Suivi ds le maïs
- Stabilité des agrégats + élevée suivant les EV vs sans EV
 - Au printemps (avant travail du sol): stabilité tendait à être + élevée suivant le radis huileux
 - Après travail du sol: stabilité + grande avec raygrass et trèfle rouge
 - Stabilité des agrégats a persisté toute la saison suivant le raygrass.
- (Dapaah et Vyn, 1998)

Effets des cultures de couverture sur la dynamique de l'azote

- CC non-légumineuses peuvent prélever en post-récolte entre 20 et 60 N et celles qui persistent durant l'hiver peuvent réduire le lessivage du N entre 40 et 70% par rapport à un sol nu.
- CC de légumineuses peuvent apporter en moy. 80-110 N mais cet azote a un comportement différent du N inorganique des engrais.
 - 10-22% du N récupéré par culture suivante de blé
 - 52-78% du N va au N organique du sol
 - 0,6-3,5% du N va au N inorganique restant dans le sol

(Tonito et al., 2006)

Conclusion

Pratiques de conservation des sols (> 30% résidus) :

- ↑ MO en surface et activité biologique
- ↓ pertes de sol par érosion et PP
- ↑ infiltration de l'eau (biopores) et pertes de PRD (SD)

Pratiques conventionnelles (Labour):

- ↑ pertes de sol par érosion et PP

Constat général:

- Pertes provenant des sols compactés ou dégradés
- Attention aux fentes de retrait (sols argileux) et lessivage (sols sableux)

Conclusion

Pertes de N et pesticides: résultats divergents selon études
N (dépassement du critère): il faudra travailler sur le facteur source et transport

Intégration des pratiques de conservation du sol avec:

- Cultures de couverture (intercalaire ou en dérobée)
- Rotation avec cultures telles que le blé d'automne

Texture, structure du sol (MO et macroporosité) et activité biologique vont fortement conditionner le comportement du N, P et pesticides.