

# Cultures de couverture: synthèse des études et applications pratiques

**Anne Vanasse, agr., Ph.D.**



Coll.: Anaïs Charles, Laura Van Eerd, Nicolas Tremblay,  
Gaétan Bourgeois et Derek Lynch



# Plan de la conférence

## ❖ Méta-analyse - effets des cultures de couverture (CC):

- a) Le rendement des grandes cultures
- b) La dynamique de l'azote
- c) La qualité du sol



# Méta-analyse sur les cultures de couverture (CC)

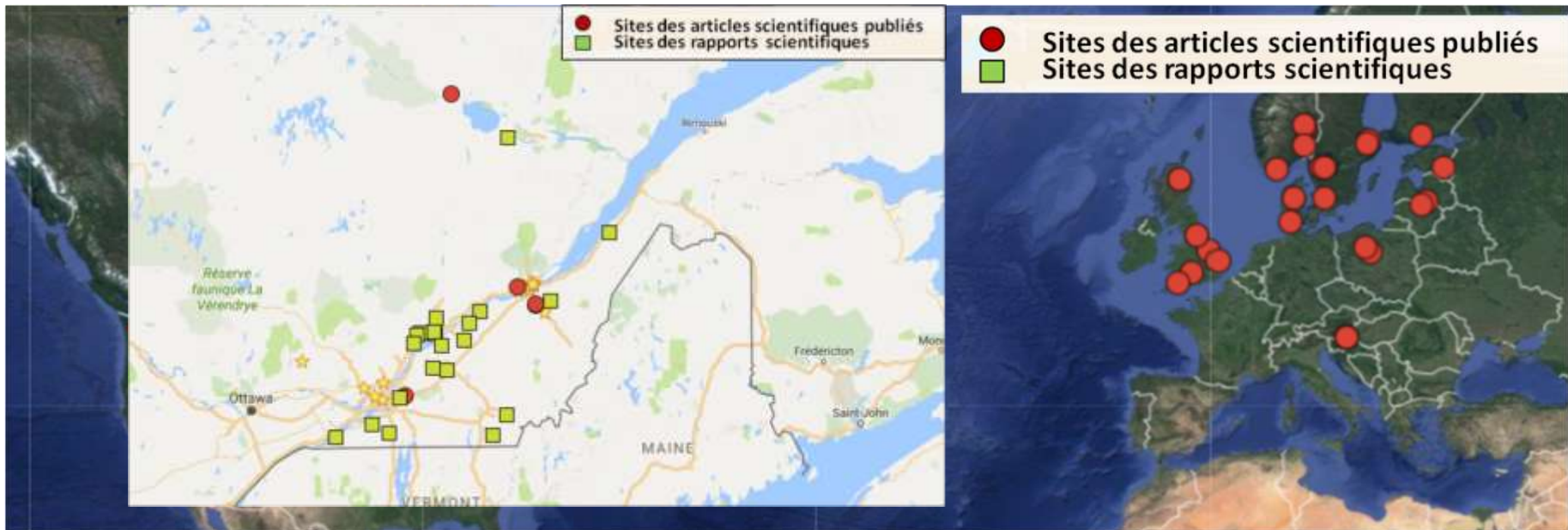
## Critères d'inclusion des études pour la méta-analyse:

- (1) CC (dérobée, intercalaire, pleine saison) suivie d'une culture principale l'année suivante (maïs, céréales, soya);
- (2) Traitement témoin sans CC;
- (3) Traitements sont répétés;
- (4) Études en climat tempéré humide



# Répartition des études

- 27 états/provinces
- 87 études (67 articles, 20 rapports)
- 139 sites
- 2518 observations (parcelles avec CC)
- 557 parcelles témoins (sans CC)



# Méthodologie - Rendement

Effets des CC sur le rendement du maïs, des céréales et du soya

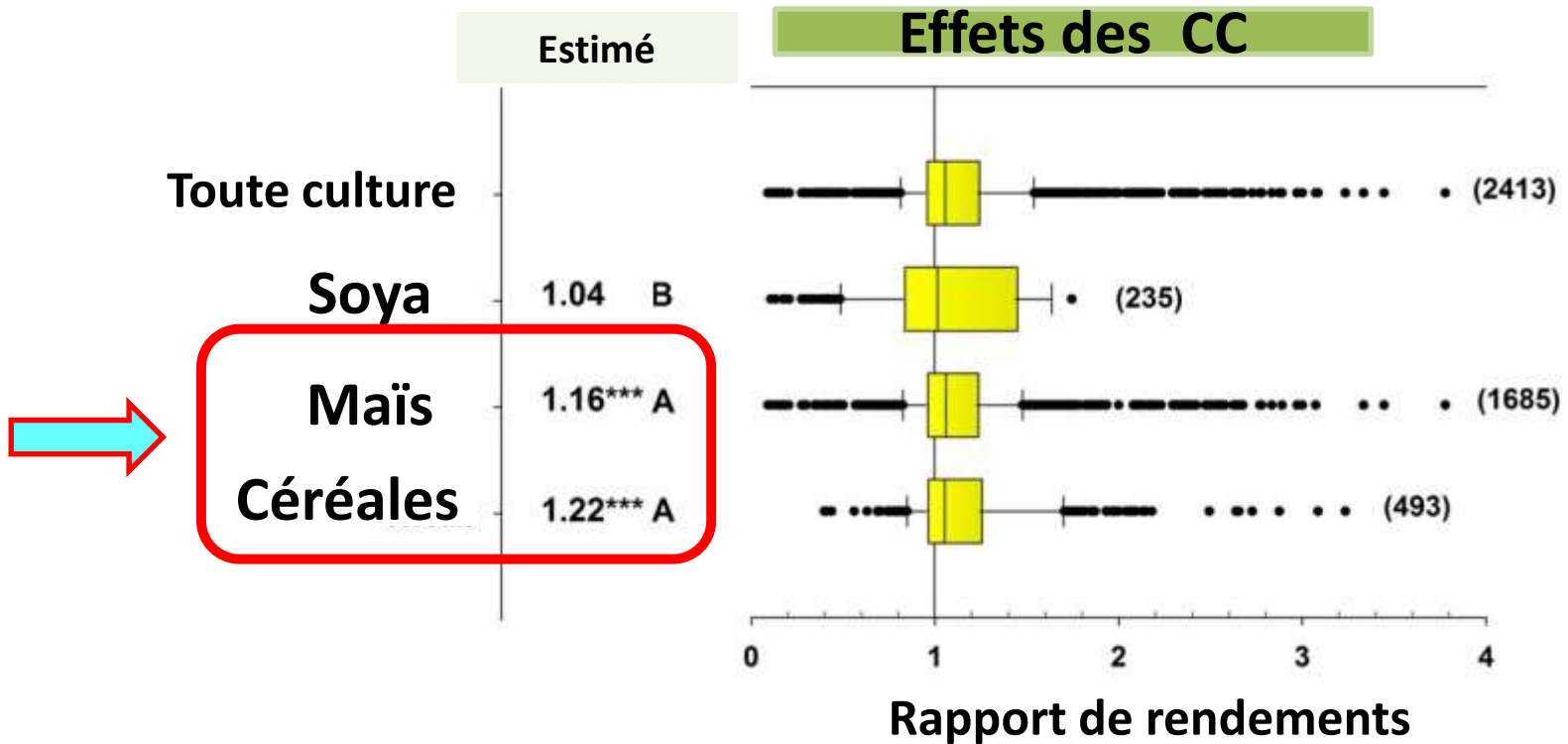
$$\text{Rapport de Rendement} = \frac{\text{Rendement de la culture suivant la CC}}{\text{Rendement de la culture sans CC}}$$

- rapport = 1** ➡ **Aucun effet des CC sur le rendement**
- rapport > 1** ➡ **Effet positif des CC sur le rendement**
- rapport < 1** ➡ **Effet négatif des CC sur le rendement**



# Effets des CC sur le rendement des cultures

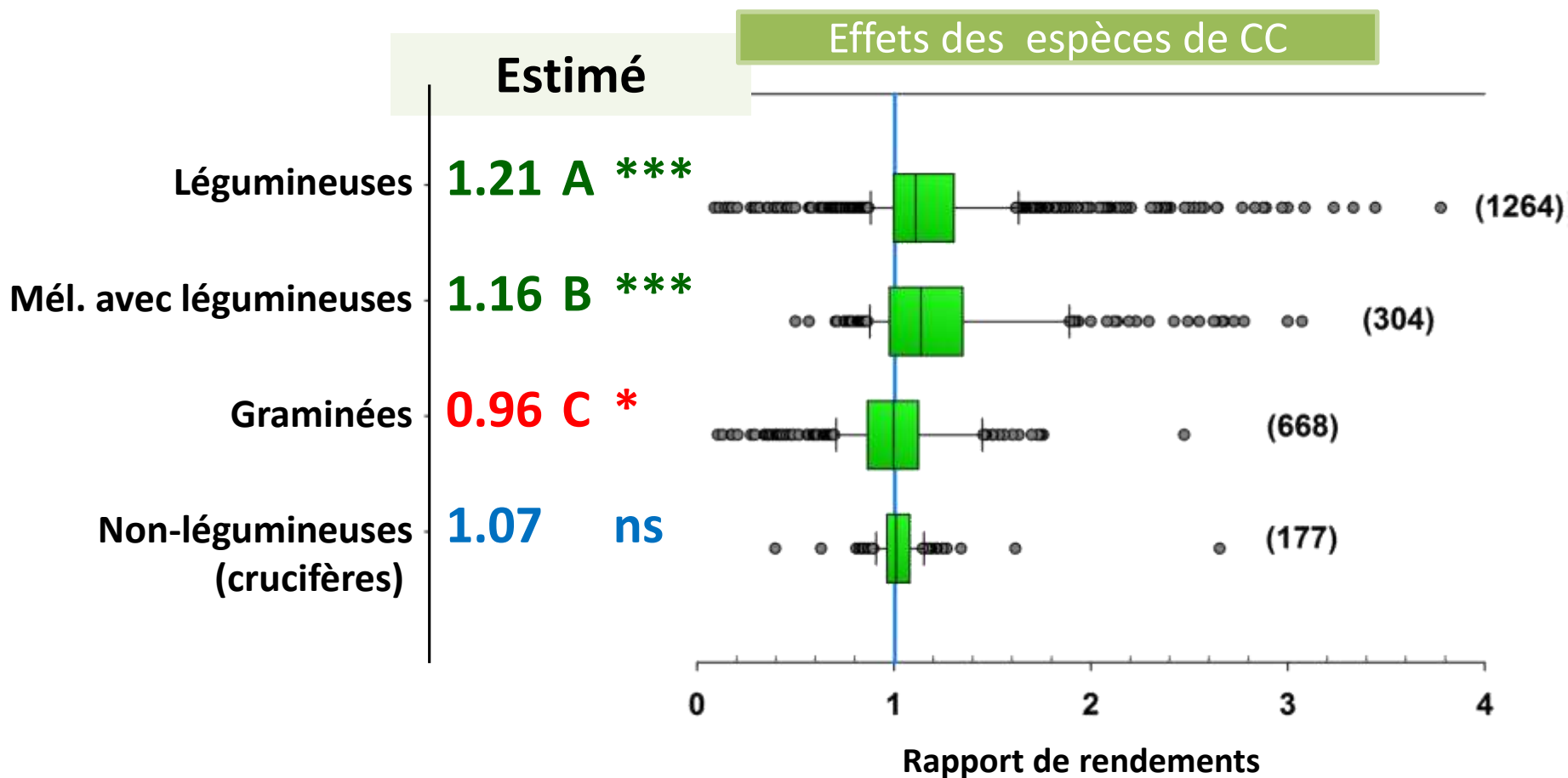
**Maïs: ↑ 16 %, Céréale: ↑ 22 %, Soya: moins d'effets à court terme**



# Effets des espèces de CC sur le rendement du maïs

CC

**Légumineuses: ↗21 % Mélanges: ↗ 16 % Graminées: légère ↘**



Effet des légumineuses: Apport de N au maïs

# Effet des graminées sur le maïs

## Effet des graminées modulé:

Précipitation abondante et bien distribuée

(1) Précipitations (région, année) et sols qui maintiennent l'eau



500 mm



(2) Fertilisation azotée apportée au maïs:  
60 N et +: il n'y a plus d'effet négatif



1000 mm



❖ Soya sur retour de graminées:  
(raygrass ou seigle):



1500 mm

Effet  
neutre

- Pas de compétition pour l'azote  
mais effet à long terme sur qualité du sol



# Effets de la matière organique et de la fertilisation N sur le rapport de rendement du maïs

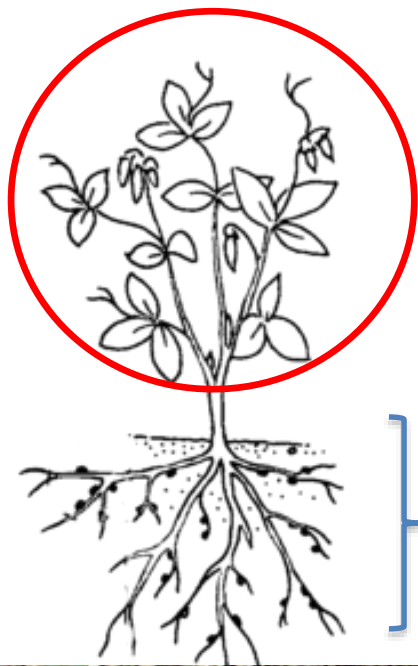
Matière organique	Fertilisation azotée (kg/ha)		
	0 N	60 N	120 N et +
< 2 %	1,35***	1,22***	1,09*
2 – 5 %	1,22***	1,10***	0,99
5 – 10%	1,12	1,01	0,92

## Effets des CC:

- Sol avec peu de m.o: effet important des CC, même avec apport de N
- Sol avec m.o. 2-5% : effet des CC important à faible dose de N ( $\leq 60$  N)  
À 120N et +, apport d'azote camoufle effet des CC.

# Effet des CC sur la dynamique de l'azote

Qté d'azote accumulée ds la biomasse (ou Apport potentiel en azote)



Qté accumulée d'azote ds la biomasse=

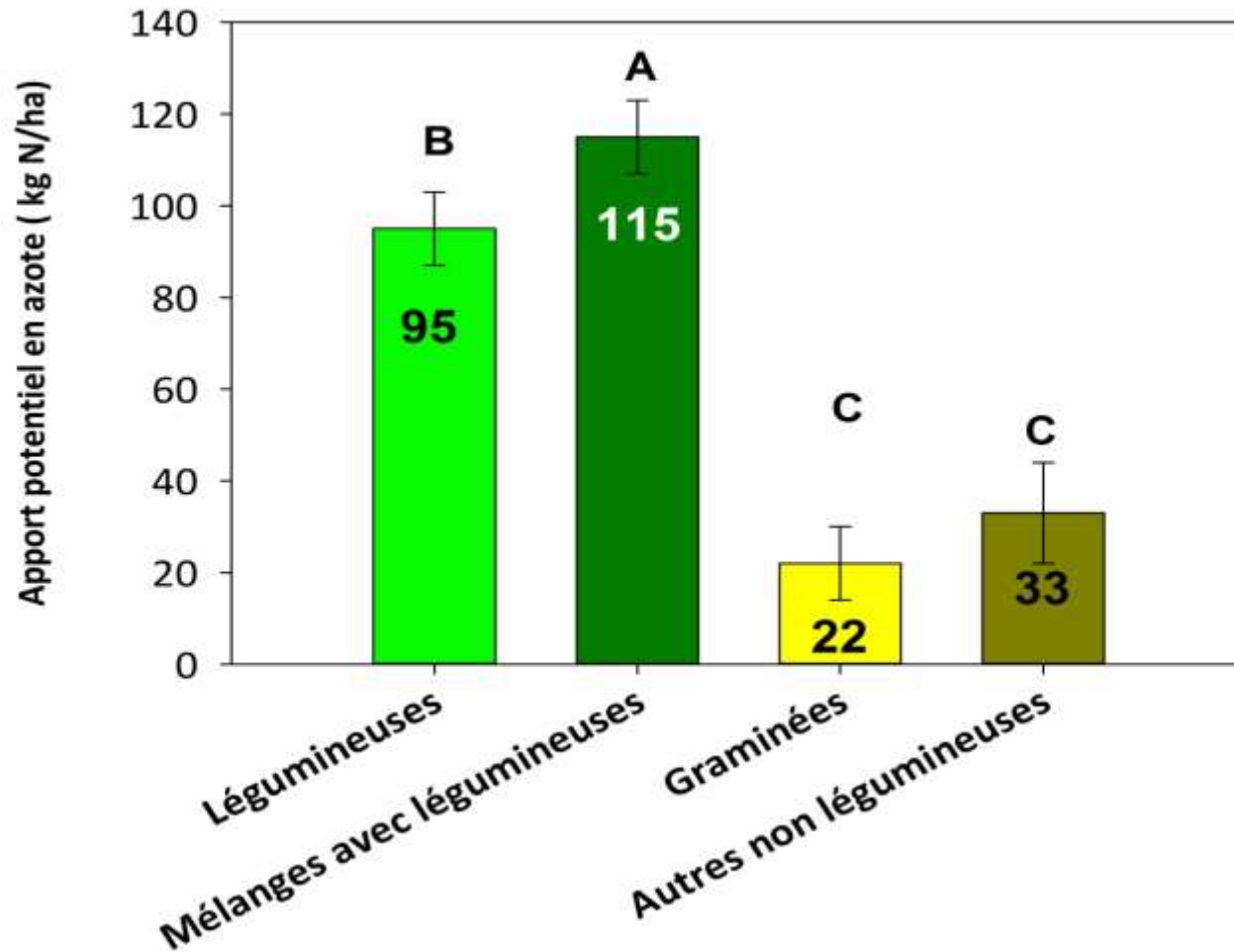
Rendement (M.S.) biomasse aérienne x conc.(%) N

Ex: 3 000 kg MS/ha x 3 % N = 90 kg N/ha

Biomasse racinaire: souvent non considérée, car difficile à évaluer. CC pérennes vs annuelles, etc...



# Qté d'azote accumulée ds la biomasse des CC précédant le maïs (ou Apport potentiel en azote)



# Facteurs qui influencent l'apport d'azote des cultures de couverture (CC)

## 1. Taux de minéralisation des CC:

- Rapport C/N des CC et contenu en lignine:
  - Graminées: C/N > 30, Légumineuses: C/N < 20,  
C/N < 20 : minéralisation + rapide
- Décomposition des feuilles 5x + rapide que tiges (racines + difficiles à décomposer)
- Stade de la CC lors de l'enfouissement influence C/N



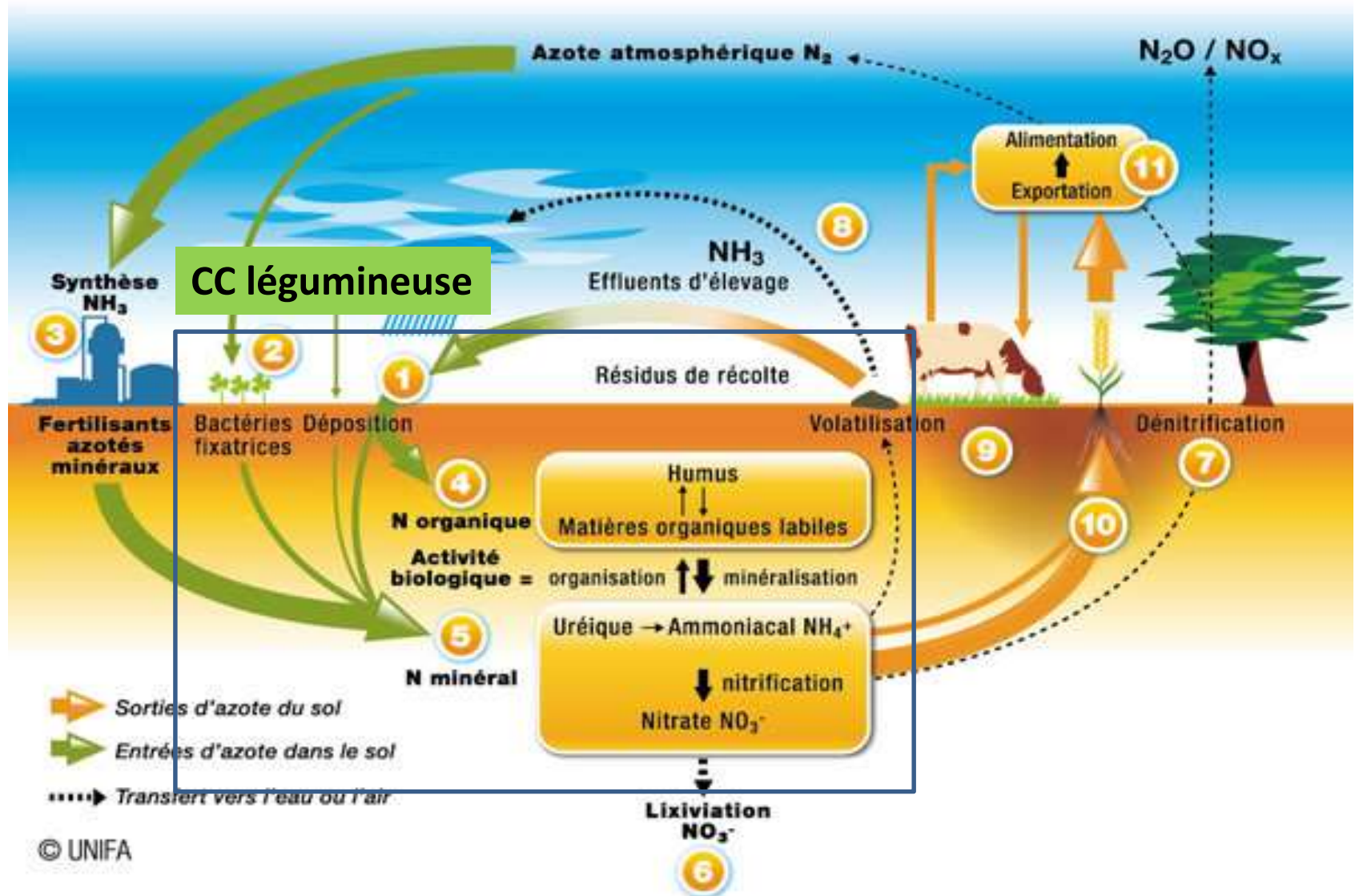
# Facteurs qui influencent l'apport d'azote des CC (suite)

- 2. Conditions de T° et d'humidité**: influence l'activité microbienne qui dégrade les CC mais aussi les pertes d'azote (effet année imp.)
  - 3. Type de sol** (léger ou lourd) et **travail du sol** (labour et sd)
- 

CC: une partie de l'azote sera récupérée par la culture de l'année suivante, mais une bonne partie de l'azote se retrouve dans le "pool" d'azote organique et pourra être remis en circulation plus tard.

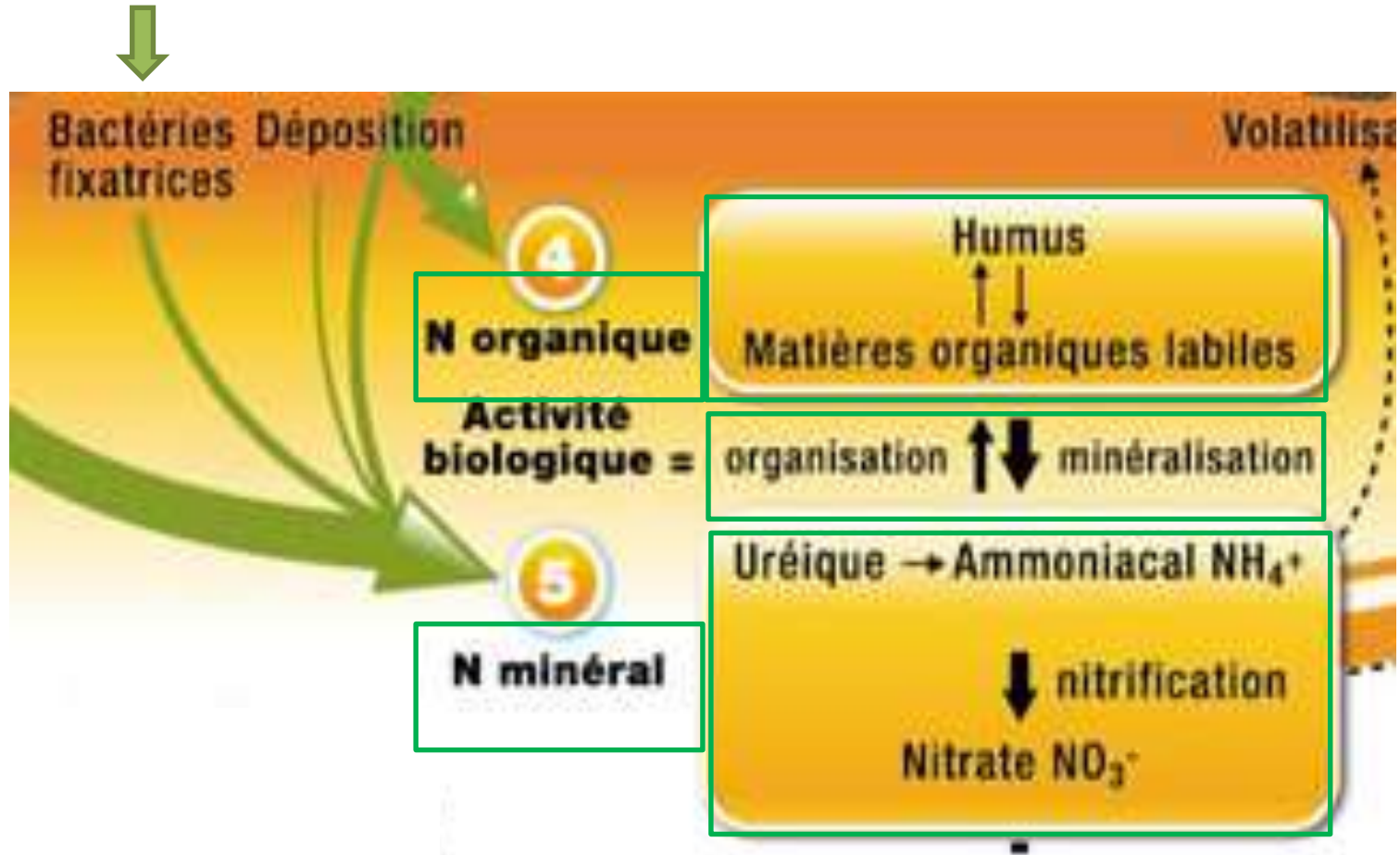


# Apport de N minéral et organique des CC



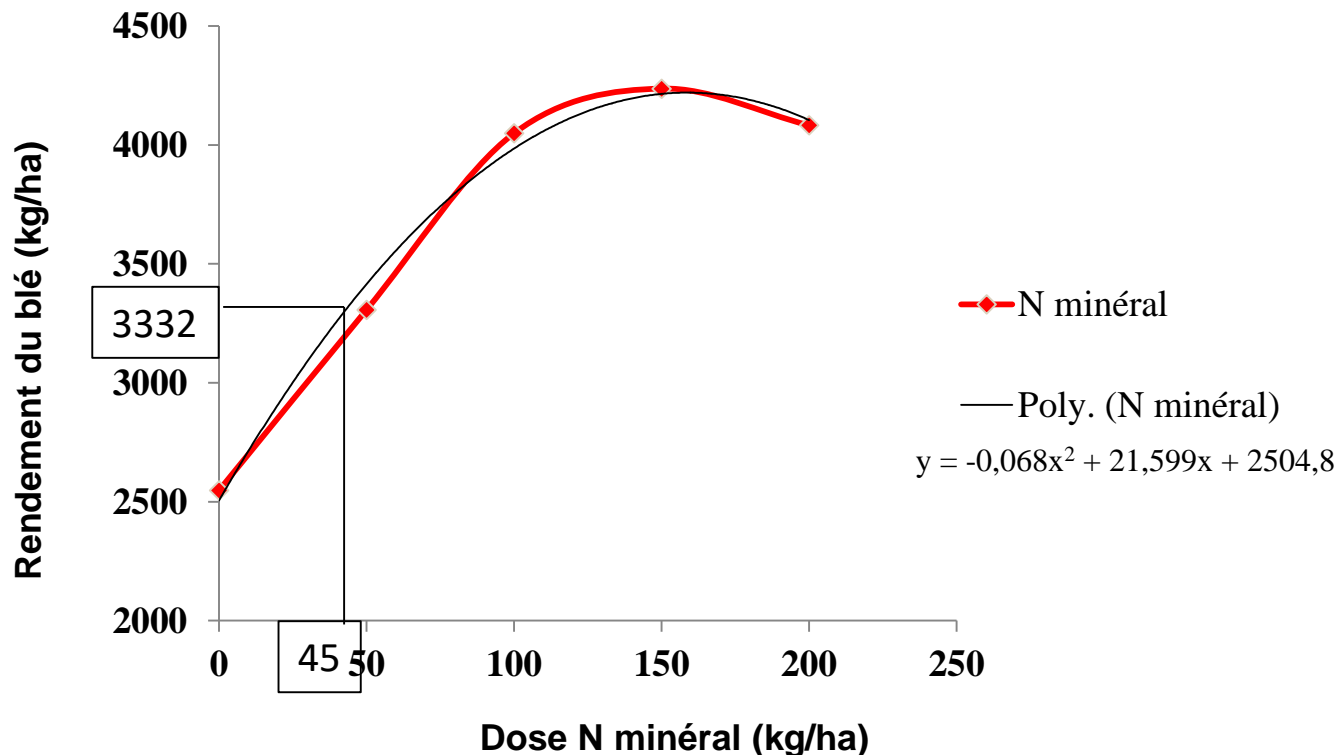
# Apport de N minéral et organique des CC

CC légumineuse



# Calcul de l'équivalent en N minéral des CC

- Équation de régression: réponse de culture à fertilisation minérale
- Rendement de blé après une CC de trèfle, à 0 kg N/ha: 3332 kg/ha
- Reporter dans l'équation et trouver la valeur correspondante à l'abscisse: 45 kg N/ha
- L'apport potentiel en azote était de: 96 kg N/ha





# Équivalents en azote minéral (ENM) des CC précédant le maïs

Espèces	ENM <sup>1</sup> (kg N/ha)	Intervalle de confiance
<b>Légumineuses</b>	<b>86 A</b>	69 à 100
- En dérobée	90 a	67 à 114
- Intercalaire	78 a	54 à 102
<b>Mélange avec lég.</b>	<b>57 B</b>	39 à 79
- En dérobée	59 ab	21 à 97

<sup>1</sup>ENM à 0 kg N/ha dans le maïs

ENM des CC: apports élevés en N des légumineuses (78- 90 N)

# Équivalents en azote minéral (ENM) de certaines légumineuses précédant le maïs

Espèces	ENM <sup>1</sup> (kg N/ha)	Intervalle de confiance
<b>En dérobée</b>		
- Vesce velue	<b>78 a</b>	54 - 111
- Vesce velue/seigle	<b>52 b</b>	25 - 87
<b>En intercalaire</b>		
- Trèfle rouge (ds céréale)	<b>79 ab</b>	47 - 112

<sup>1</sup>ENM à 0 kg N/ha dans le maïs

# Lien entre l'apport potentiel en N (APA) des CC et l'équivalent en N minéral (ENM) dans le maïs

Apport potentiel (EV) (kg N/ha)	Équivalent moyen (kg N/ha)	Intervalle de valeurs
< 50 (tous les EV)	12	- 16 - 41
- Légumineuses	51	24 -79
50 - 99	44	14 - 75
- Légumineuses	71	48 - 94
100 - 199	88	58 - 118
- Légumineuses	91	68 - 113

<sup>1</sup>ENM à 0 kg N/ha dans le maïs

# Effet du délai de destruction des CC légumineuses sur l'ENM dans le maïs (2 à 7 études)

Date de destruction	ENM <sup>1</sup> (kg N/ha)	Intervalle de confiance
<b>Printemps</b>		
- Fin avril/mi-mai (< 10 jrs)	<b>86 a</b>	37 -135
- Mi-avril-début mai (10-20 jrs)	<b>79 a</b>	45 -113
- Avril (21-30 jrs)	<b>107 a</b> ←	63-151
<b>Automne</b>		
- Novembre	<b>73 a</b>	28 - 117

<sup>1</sup>ENM à 0 kg N/ha dans le maïs

# Effet du moment d'incorporation: pois fourrager

- Étude:

- 2 types de sol: loam très fertile et loam sableux
- 2 moments/outils: labour à l'automne ou disque au printemps

- Loam:

- activité biologique + élevée suivant le pois fourrager vs témoin
- pas de différence entre moments d'incorporation/outil

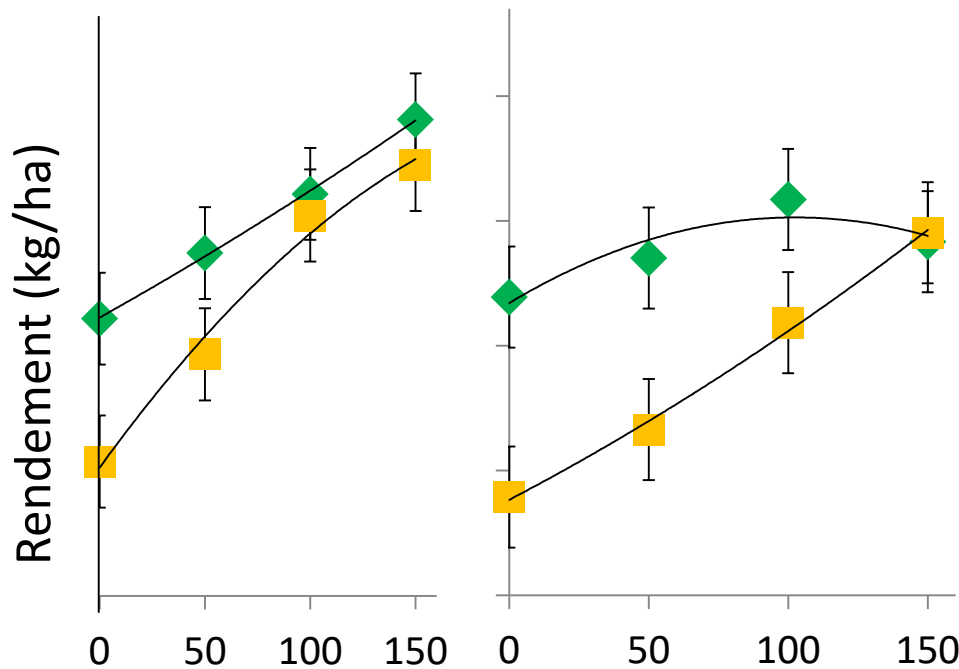
- Loam sableux:

- activité biologique + élevée suivant le pois fourrager vs témoin
- pois fourrager laissé en surface (effet de paillis) et incorporé au printemps.
- teneur en eau et en N + élevée ds sol (5-15 cm), ↑ micro-organismes

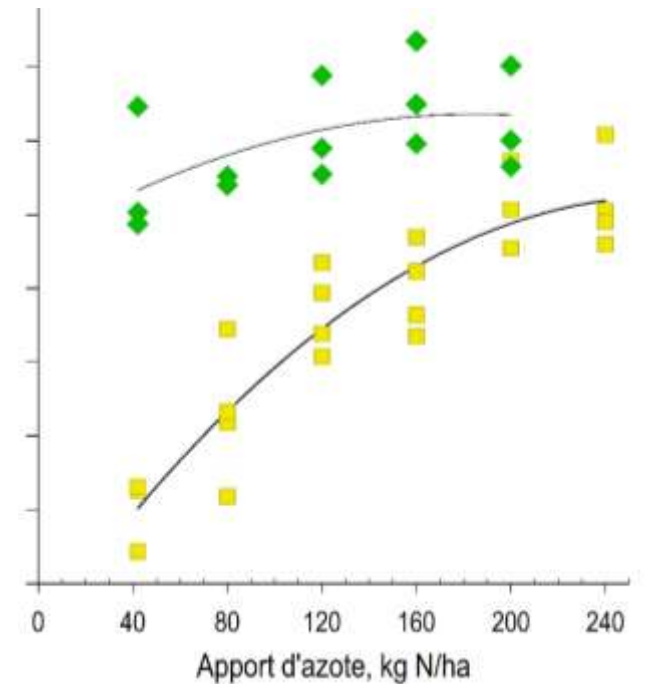


# Effet des CC et de la fertilisation azotée

## Effet azoté des CC



## Effet non azoté des CC

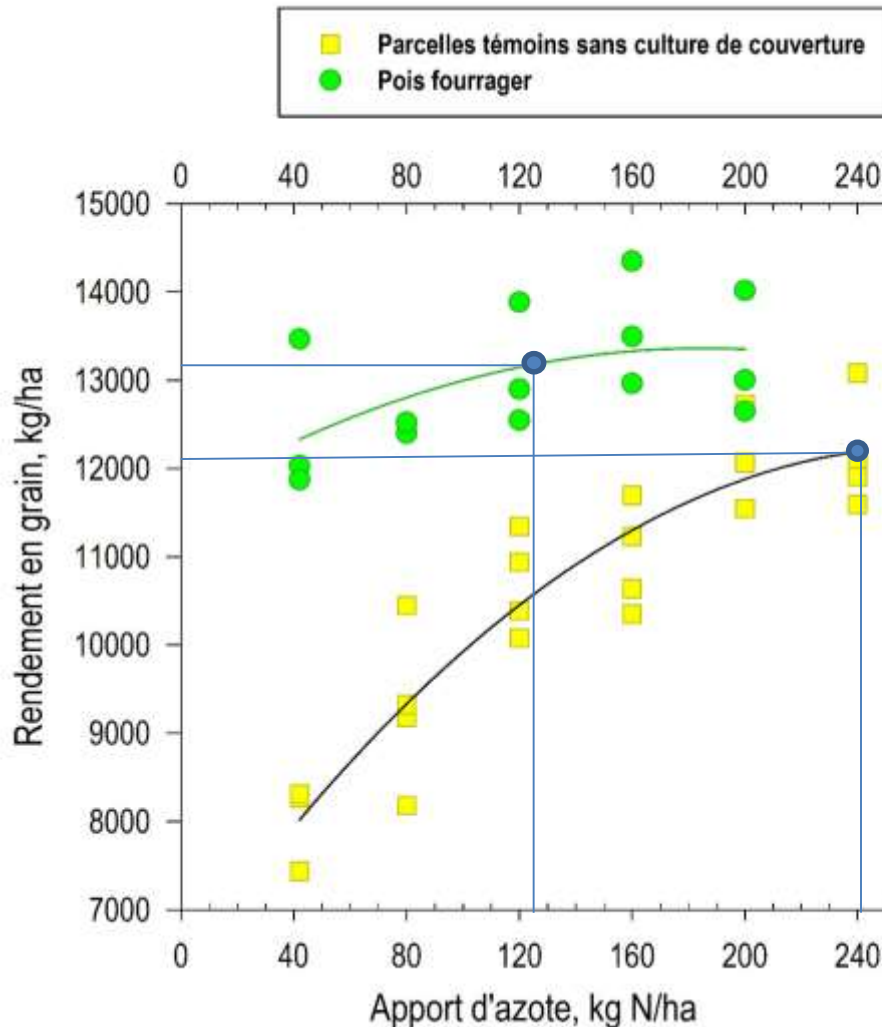


Avec CC (◆) ou sans CC (■)

**Effet de la CC sur le rendement jusqu'à un certain niveau d'azote (50 et 100 N)**

**Le rendement avec CC est tjrs + élevé peu importe la fertilisation azotée**

# Effet d'une CC de pois fourrager et de la fertilisation azotée sur le rendement du maïs



## Économie d'engrais

Rdt max. avec CC (13 t/ha): 125 N

Rdt max. sans CC (12 t/ha): 240 N

Calcul Économie = 240-125 N

**Économie d'engrais (crédit de N):**

**115 kg N/ha pour 1 t/ha de +**

**Mais sol bien structuré et bonne croissance du pois en Montérégie**

# Effets des CC sur la qualité du sol

- Nb d'années avec CC:
  - effet peu détectable à court terme sur M.O. ( $> 3$  ans)
  - effet détectable + rapide sur agrégation des sols ( $< 3$  ans)
- Effet des espèces de CC:
  - 7 études sur 11 : augmentation de la stabilité des agrégats avec CC
  - 4 études sur 11: aucun effet des CC





# Effets des CC sur la qualité du sol

- Fournit une biomasse racinaire additionnelle
- Améliore l'activité biologique des sols
- Favorise l'aggrégation des sols
- Effets peuvent varier selon les espèces de CC



A. Weil

# Types de racines des CC

## Crucifères

Captent l'azote  
(engrais, fumiers/lisiers)

## Graminées

Captent l'azote  
(engrais, fumiers/lisiers)

## Légumineuses

Fournissent l'azote

### Racines pivotantes

### Racines fasciculées

### Racines avec nodules



Radis fourrager



Radis huileux



Raygrass annuel



Pois fourrager



Trèfle rouge

# Effets des CC sur la qualité du sol

- **Effet des espèces de CC:**
  - CC de **graminée** + efficace que légumineuse pour augmenter M.O.
  - Mélange d'espèces: production + élevée de biomasse aérienne et racinaire
  - Mélange **seigle/vesce velue**:
    - rendement + élevé que seigle ou vesce velue utilisée seule
    - C/N du mélange: minéralisation intermédiaire, avec l'apport du C du seigle et du N de vesce: aide à la transformation en M.O.
  - Mélange **pois d'hiver autrichien et radis**:
    - + grand contenu en C organique que pois d'hiver ou radis seul

# Effets des CC sur la qualité du sol

- **Effet du travail du sol:**

- Bénéfices des CC sur la M.O. détectables + rapidement en SD qu'en labour (taux de décomposition + faible en SD alors que travail du sol accélère minéralisation de M.O.).
- Effet synergique des CC sur la mycorhization en SD

- **Effet du type de sol:**

- CC de trèfle incarnat et de vesce velue (établis depuis 3 ans) ont augmenté stabilité des agrégats sur un loam sablo-argileux mais pas sur un loam argileux.



# Conclusion

- Augmentation de rendement du maïs et des céréales (16 à 22 %) suite aux CC mais peu d'effets à court terme sur le soya.
- Augmentation de rendement du maïs de 21 % (légumineuses) et 16 % (mélange lég./non-lég.)
- Apport de N varie selon :
  - les CC et la qté de N accumulée dans la biomasse
  - la date d'incorporation
  - la fertilisation apportée à la culture



# Conclusion

- La réponse aux CC est modulée par le % de matière organique du sol.
- Sols avec teneur faible à modérée en m.o.: forte réponse du maïs aux CC légumineuses: effet azoté important
- Sols légers et lourds: importance des CC pour qualité des sols (activité microbienne, mycorhizes, agrégats du sol)



# Remerciements

Valérie Bélanger (Novalait, QC)

Annie Bréard, Maxime Bastien, Mathieu Vaillancourt (U. Laval, QC)

Carl Bélec, Edith Fallon (AAFC, St-Jean-Sur-Richelieu, QC)

Yacine Bouroubi (Effigis, QC)

Keith Reid (AAFC, Guelph, ON)

Ken Janovicek (University of Guelph, ON)

Tous les chercheurs et agronomes du Québec,  
de l'Ontario et des É.U. qui ont participé à l'étude.



**Cultivons l'avenir 2**  
Une initiative fédérale-provinciale-territoriale

**Canada** 

**Québec** 

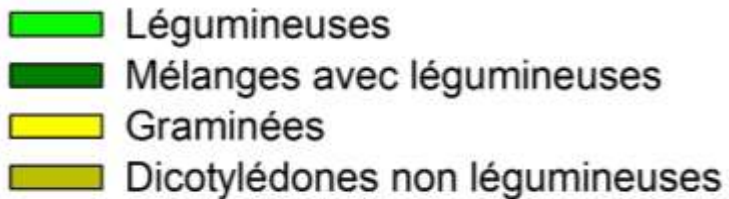


# Questions ?

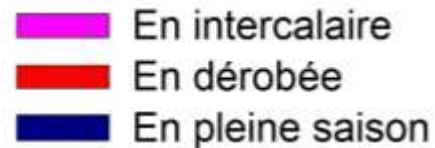




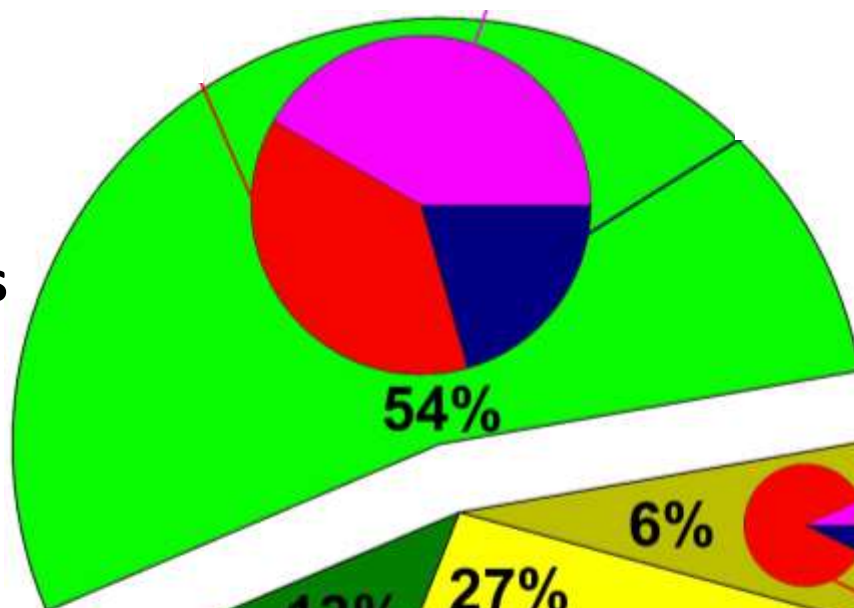
## Type de culture de couverture



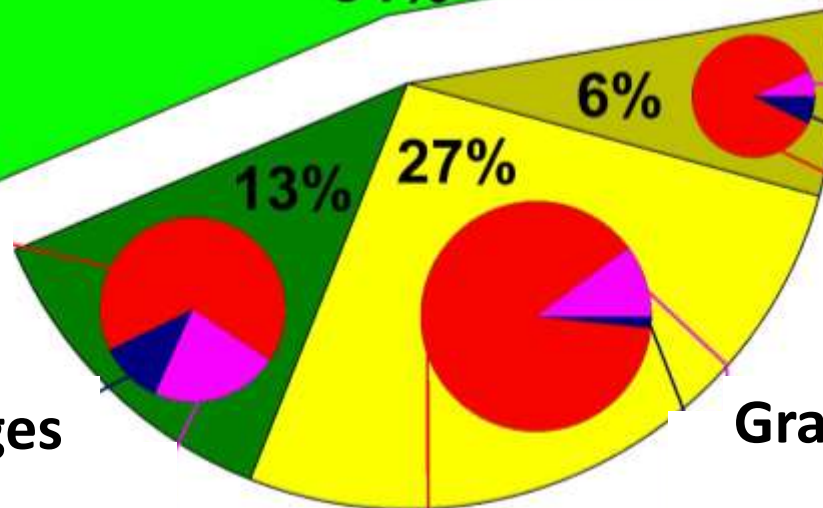
## Système de culture de couverture



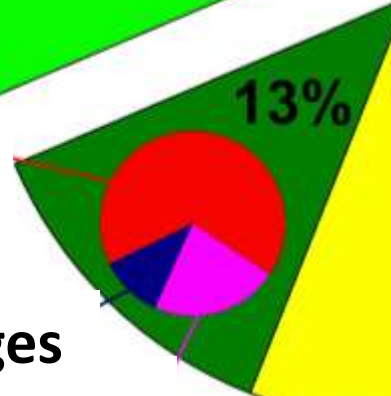
**Légumineuses**



**Crucifères**



**Mélanges**



**Graminées**

