



Photos: M.-N. Thivierge

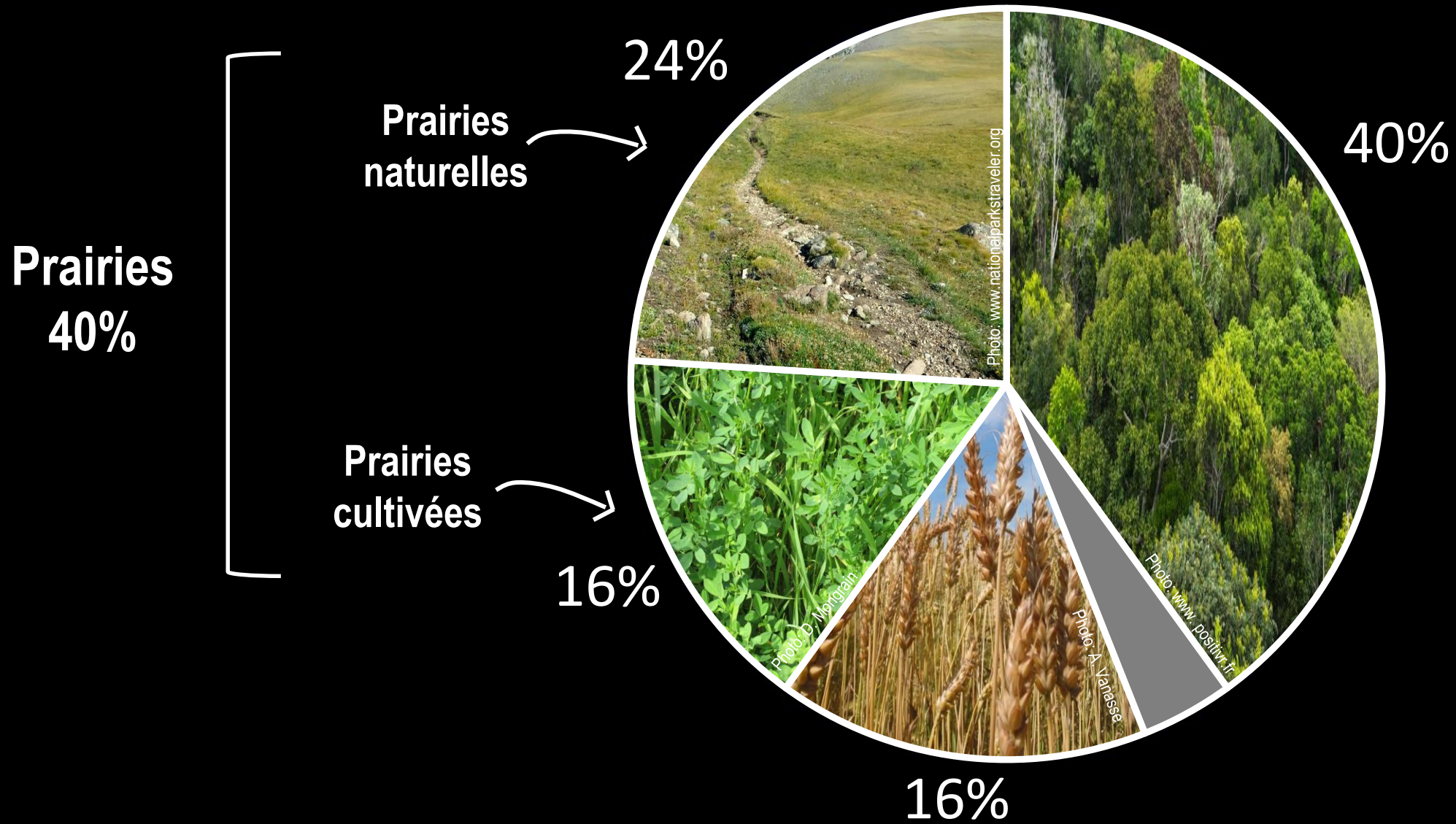
Bénéfices des plantes fourragères pérennes pour nos écosystèmes agricoles

Par Marie-Noëlle Thivierge, agr., Ph. D. (AAC)

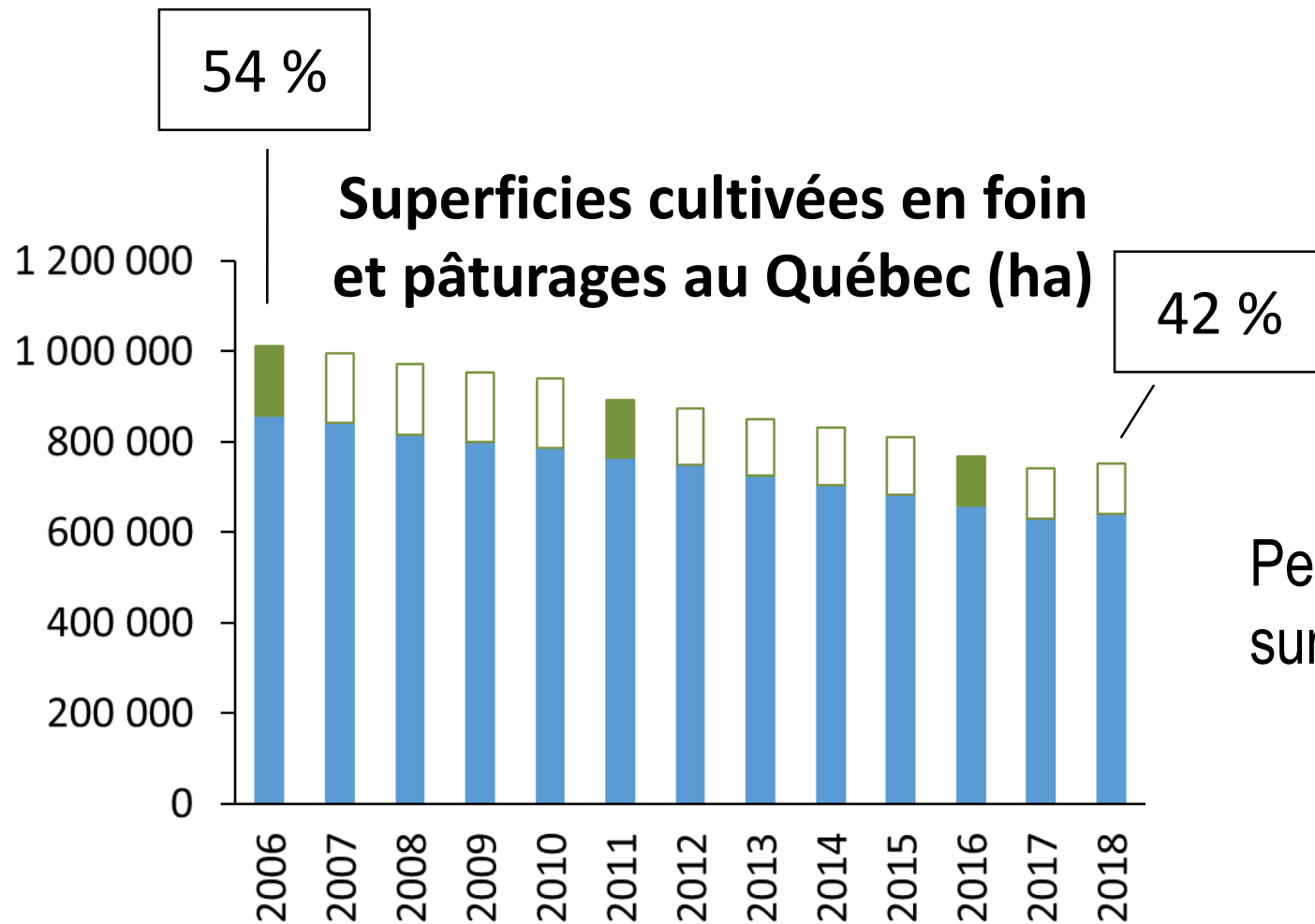
Collaborateurs: Denis Angers, Ph. D. (AAC), Gilles Bélanger, D. Sc. (AAC)
et Huguette Martel, agr. (MAPAQ)

Colloque sur les plantes fourragères, Sainte-Julie, 20 février 2020

Les prairies dans le monde



Diminution des superficies en prairies



En 2016, la proportion des terres agricoles cultivée en plantes fourragères pérennes variait **de 13 à 78%** selon les régions du Québec

Perte d'environ 200 000 ha depuis 2006, surtout au profit des cultures annuelles

- Pâturage ensencé (données)
- Pâturage ensencé (estimations)
- Foin cultivé

Diminution des superficies en prairies

Évolution de la composition de la ration des vaches laitières au Québec (race Holstein)

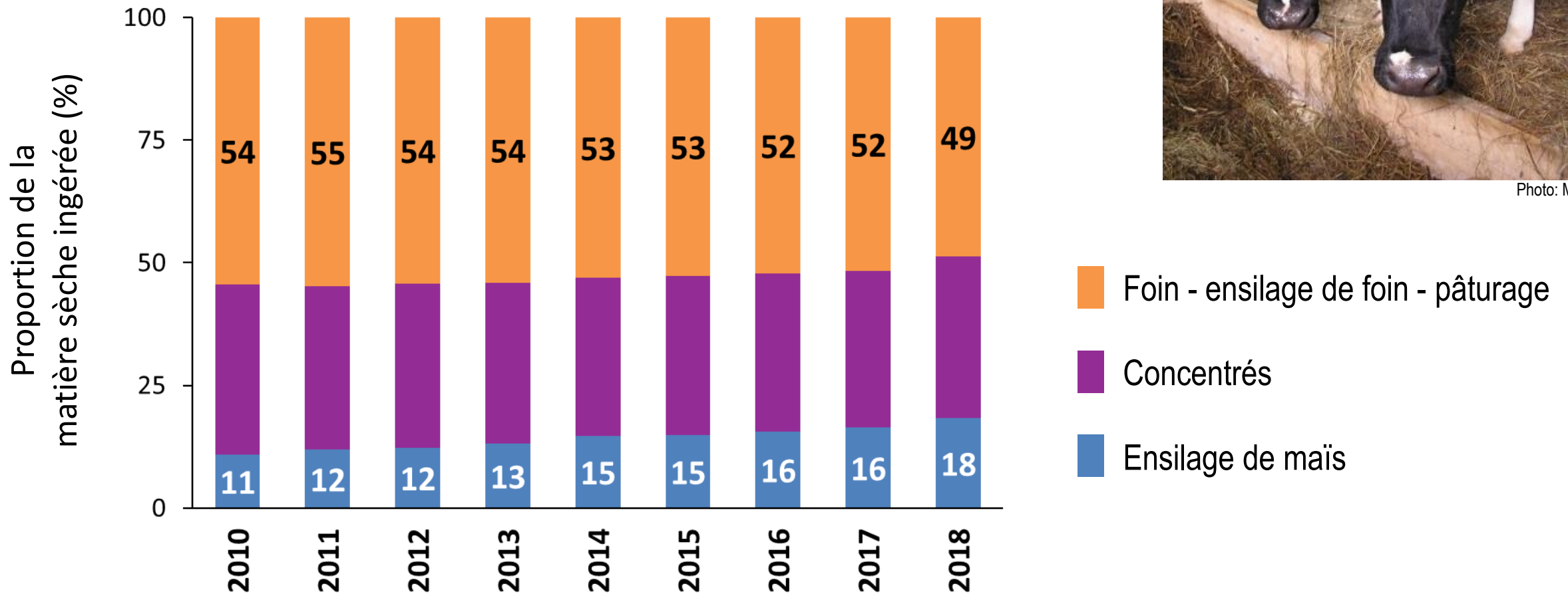
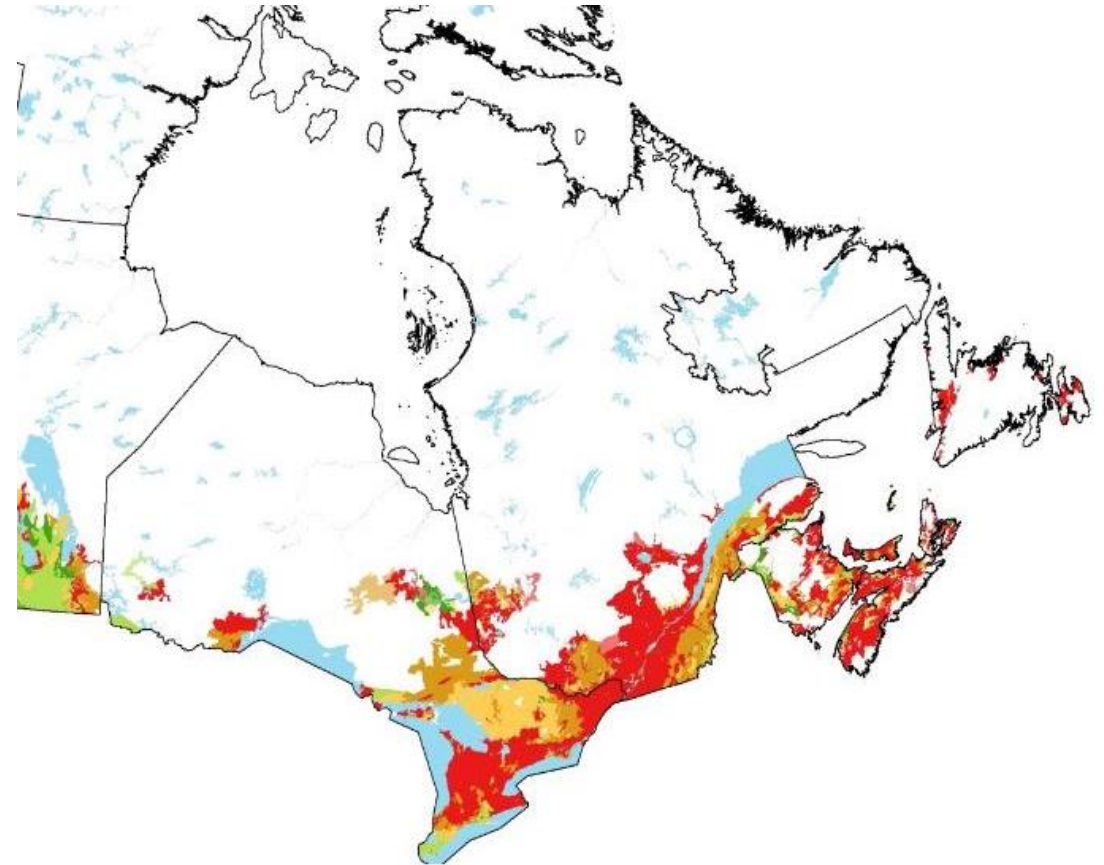


Photo: M.-N. Thivierge

Diminution des superficies en prairies

Perte de carbone dans les sols directement liée au remplacement des prairies et pâturages par des cultures annuelles.



Changement au contenu en carbone organique du sol (kg/ha/an)

Augmentation importante (>90)	Augmentation modérée (25 à 90)	Aucun changement (-25 à 25)	Diminution modérée (-90 à -25)	Diminution importante (>-90)	Pas évalué
-------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	--------------------------------	------------------------------	------------

Principaux freins au maintien des superficies en prairies

- Marché pour le foin
- Attrait pour le maïs-ensilage
- Complexité de la production fourragère
- Risques liés aux changements climatiques (survie à l'hiver, sécheresses en été)



Photo: MAPAQ-Estrie

Les services écosystémiques

➤ Tous les bénéfices que la société tire d'un écosystème

Services d'approvisionnement

- Aliment, litière ou paillis, biomasse énergétique
- Ressources génétiques

Services culturels

- Mise en valeur du paysage, tourisme
- Héritage pour la prochaine génération

Services de régulation

- Atténuation des changements climatiques, phytoremédiation
- Filtration de l'eau, contrôle des maladies/ravageurs

Services de support/appui

- Protection des sols, disponibilité des éléments nutritifs
- Préservation de la biodiversité, pollinisation

Plan de la présentation

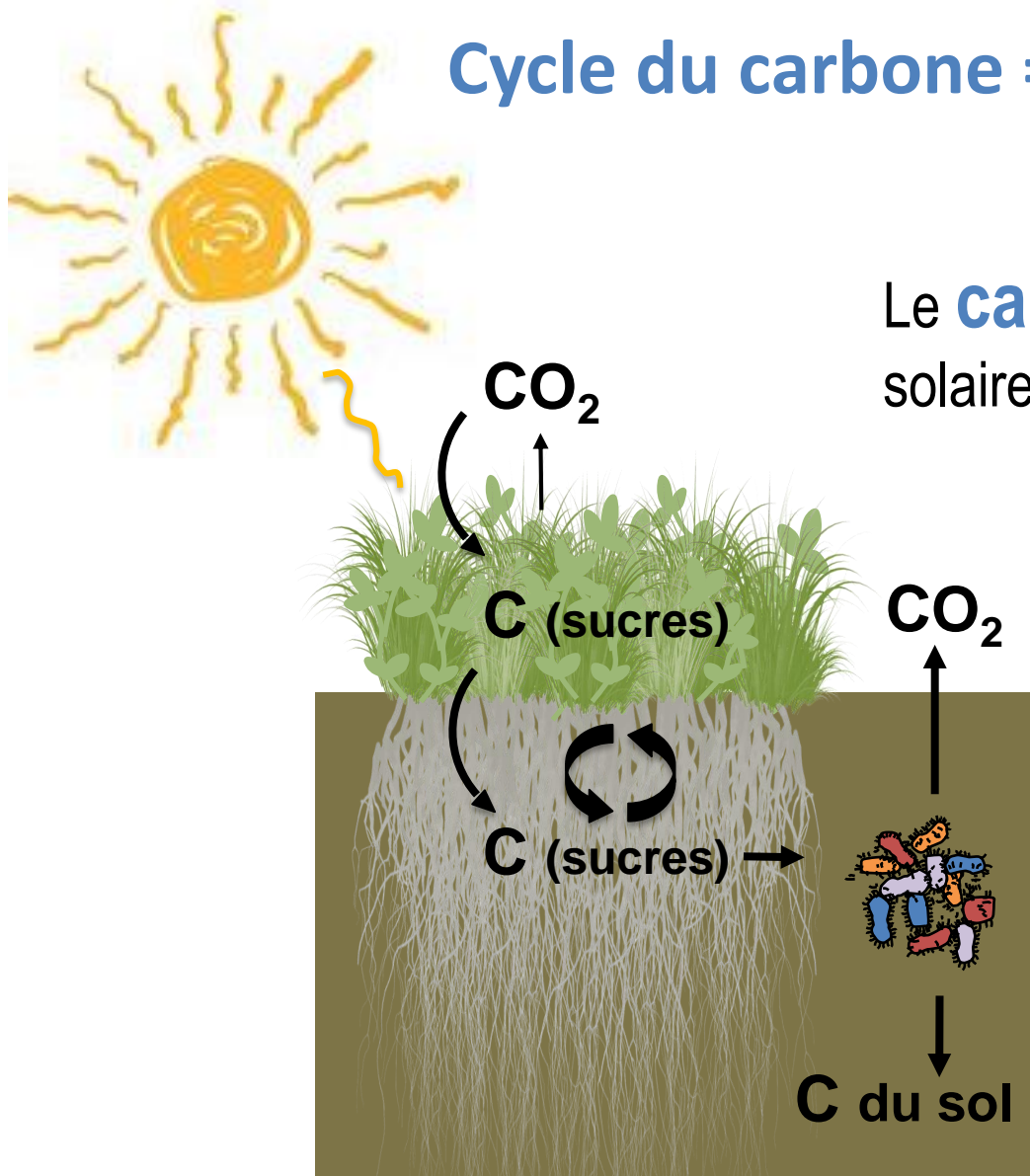
- Contribution des plantes fourragères pérennes aux services écosystémiques suivants:
 - Amélioration de la **santé des sols**
 - **Atténuation** des changements climatiques
 - Préservation de la **qualité de l'eau**
 - Préservation de la **biodiversité**



Photo: G. Bégin

Améliorer la santé des sols

Cycle du carbone = cycle de l'énergie



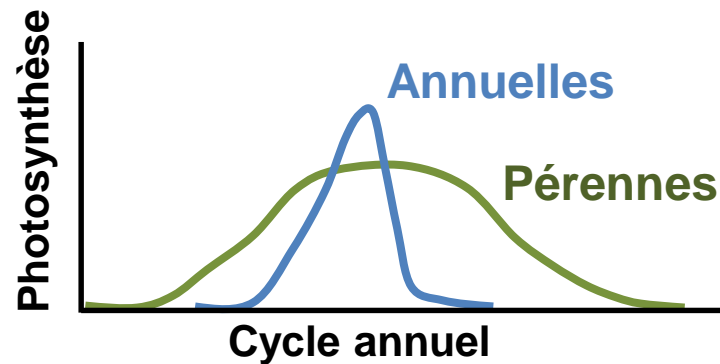
Le **carbone** capté est un véhicule pour l'**énergie** solaire qui entre dans le système (Pelletier et al., 2011)

Améliorer la santé des sols, ça veut dire laisser de l'énergie pour les organismes vivants du sol qui occupent un rôle extrêmement important.

Améliorer la santé des sols

Les plantes fourragères sont bien placées pour transférer une bonne part de l'énergie aux organismes vivants du sol.

1. Elles captent l'énergie solaire sur une plus longue période



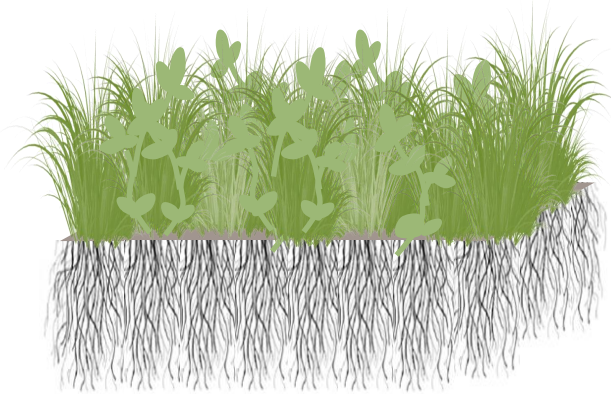
Adapté de Janzen 2018

2. Elles réinvestissent une plus grande partie de l'énergie dans l'écosystème/sol (**via leurs racines**)

- Céréales: **20-30%** du C retourné au sol { Système fait pour **EXPORTER** l'énergie
- Pérennes: **30-50%** du C retourné au sol { Système fait pour **INVESTIR** l'énergie dans l'écosystème

Améliorer la santé des sols

Plantes fourragères
pérennes



~ **100-150** t de C/ha

Cultures annuelles



80-110 t de C/ha

**Carbone =
matière
organique**

- Dans l'Est du Canada: **15 à 30% plus de matière organique** sous pérennes que sous annuelles.
- La matière organique est un régulateur de l'écosystème et elle affecte la productivité, résilience, la biodiversité, etc.

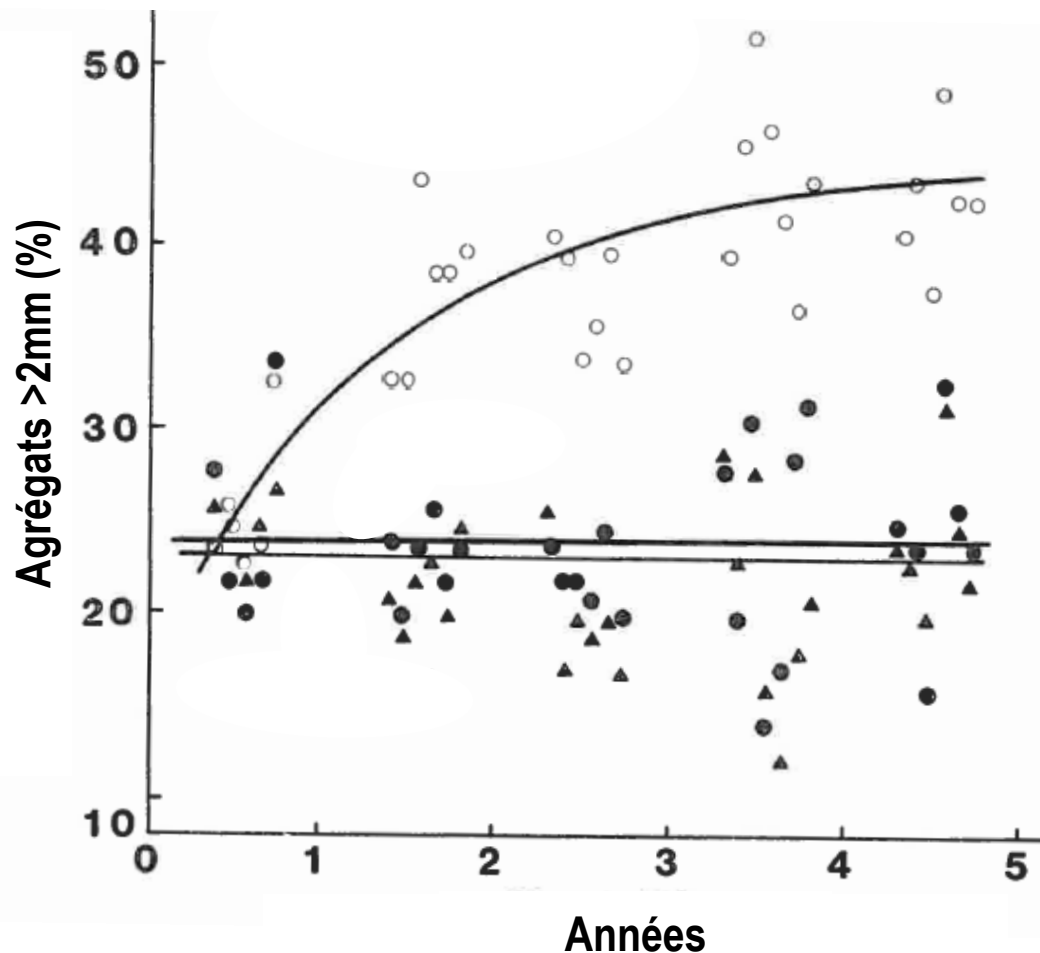
Améliorer la santé des sols

Structure du sol

- Les plantes fourragères pérennes favorisent l'agrégation du sol (augmentation de la stabilité structurale)



Photo: D. Angers



Luzerne (°)

Maïs-ensilage (•)

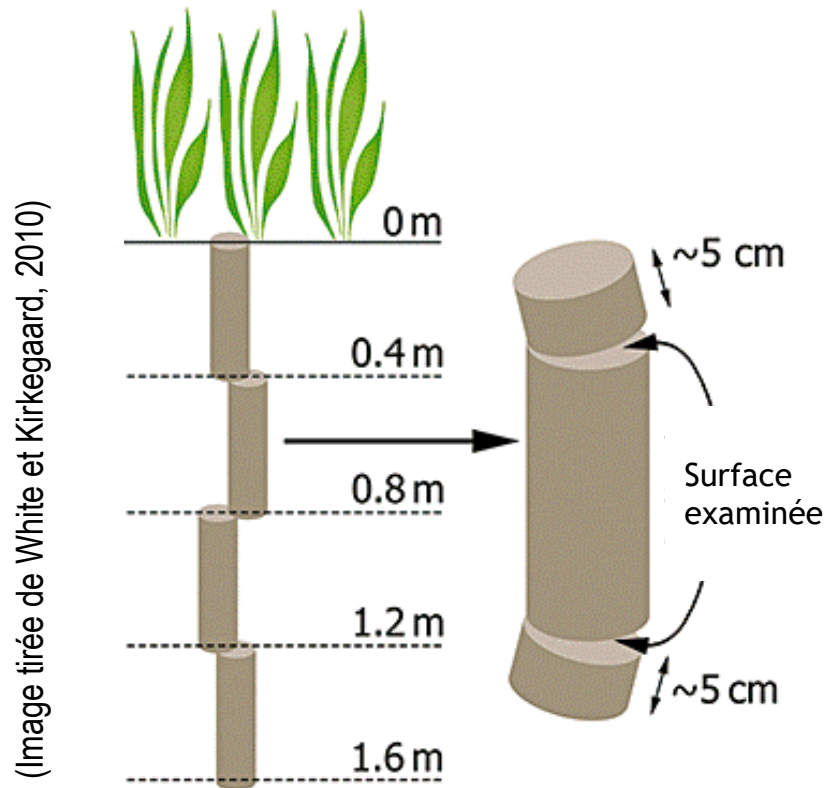
Sol nu (▲)

Meilleure structure
= porosité
= air pour les racines
= meilleure infiltration d'eau

Améliorer la santé des sols

Porosité du sol

- Les racines profondes d'espèces pérennes (ex.: luzerne ou chicorée), une fois décomposées, laissent un chemin pour les racines des cultures subséquentes.



À partir de 60 cm de profondeur, **85-100% des racines de blé passent par des pores existants** dans le sol

Racines plus profondes observées dans:

- Blé après **luzerne**
- Maïs après **luzerne**
- Orge et canola après **chicorée**

**Bénéfices importants
pour les annuelles
dans la rotation**

À retenir

- ✓ Les plantes fourragères pérennes mènent à une teneur en **matière organique** des sols plus élevée.
- ✓ Les plantes fourragères pérennes favorisent une bonne **structure de sol**.
- ✓ Les racines de plusieurs espèces pérennes, dont la luzerne, laissent des canaux dans le sol qui **favorisent l'enracinement en profondeur des espèces annuelles** qui suivent.

Atténuer les changements climatiques

Séquestration du carbone de l'atmosphère

(En milliards de tonnes de carbone)

Atmosphère 760 Gt C

+ 10
chaque année

Végétation 560 Gt C

Sols: 1500 à 2400 Gt C
(dont 20% sous prairies)



Photo: www.automobile-propre.com

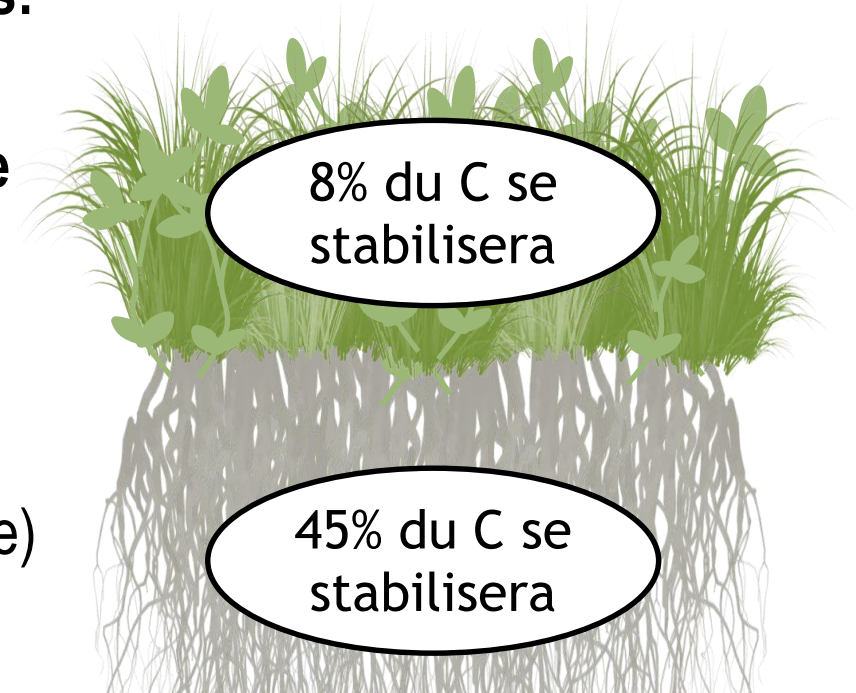
Atténuer les changements climatiques

Séquestration du C atmosphérique dans les sols sous prairies:



Photo: M.-N. Thivierge

- **Les racines qui meurent et se renouvellent, et les exsudats racinaires**
- Les parties aériennes non récoltées (~20% de la biomasse)



Le C des racines est 5 fois plus susceptible de devenir de la matière organique stable que le C des parties aériennes

Atténuer les changements climatiques

Renouvellement des systèmes racinaires



Photo: M.-N. Thivierge

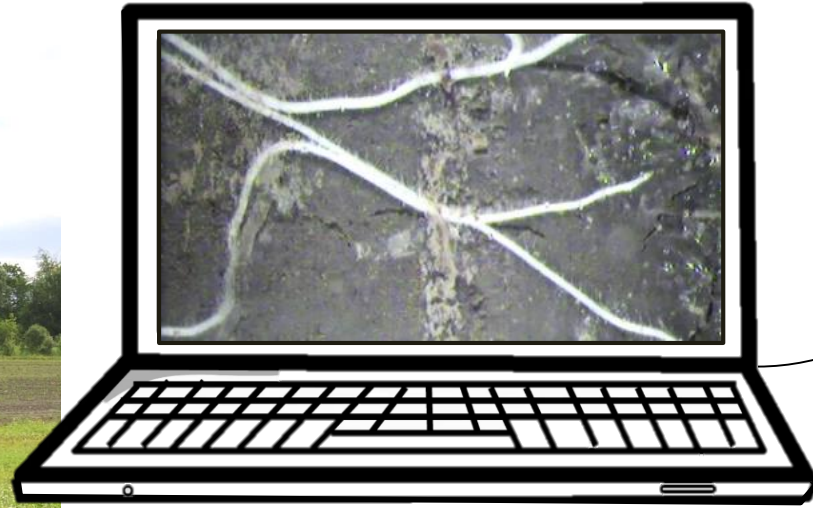
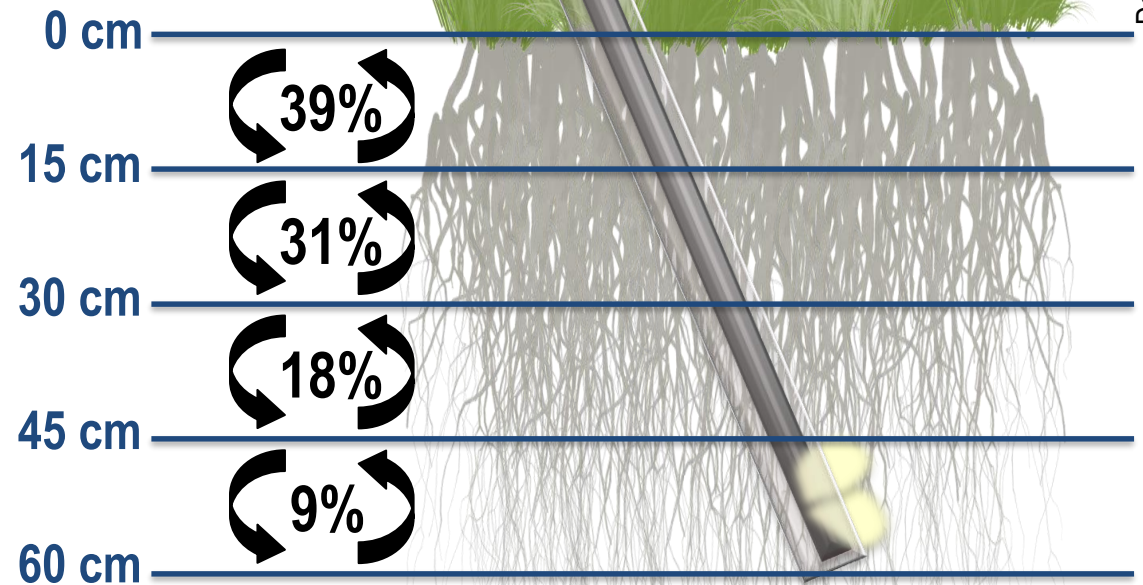


Photo et dessin: S. Houde



Photo: M.-N. Thivierge



Dessin: S. Houde

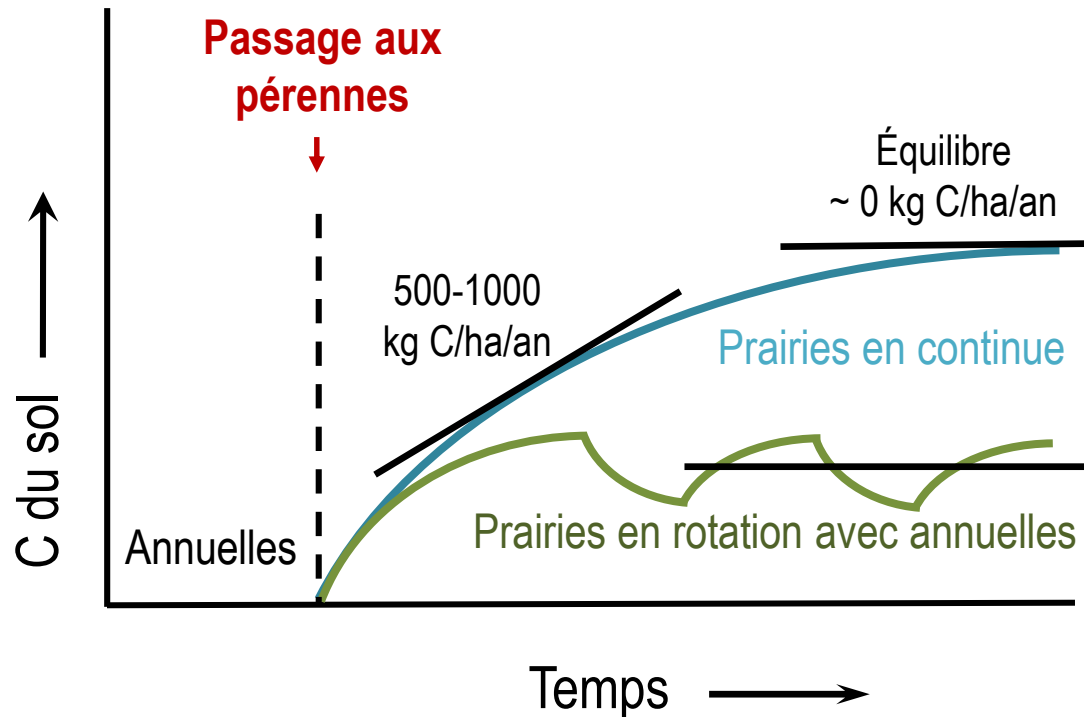
Houde, S. (2019)

Atténuer les changements climatiques

Changement d'usage du sol

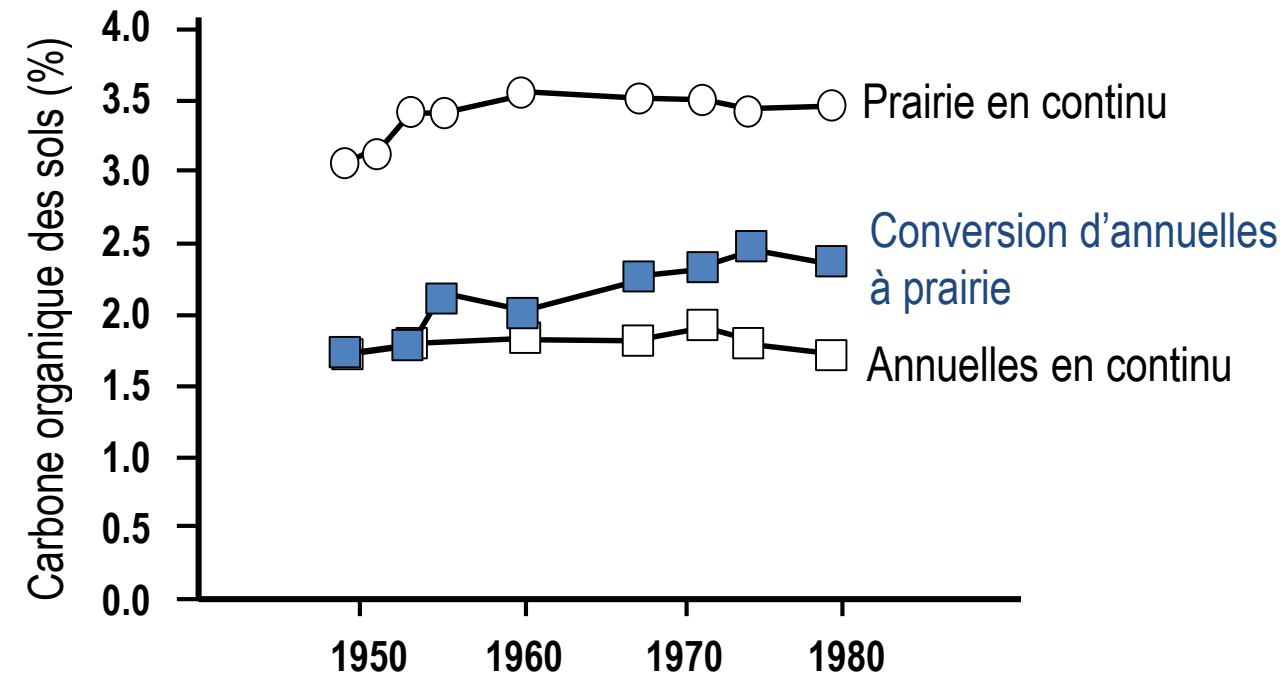
Schéma théorique

(D. Angers, AAC)



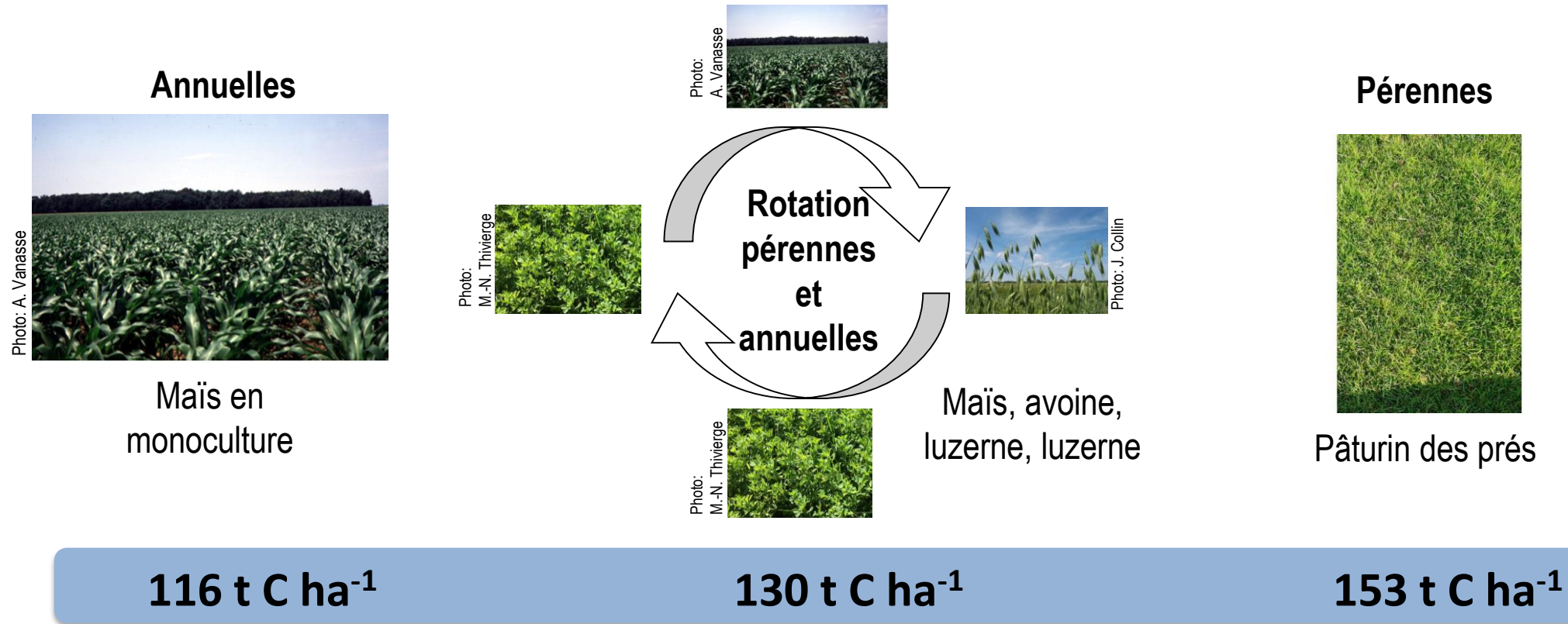
Essais long-terme de Rothamsted (R.-U.)

(Johnston *et al.*, 1986)



Atténuer les changements climatiques

Les stocks de C sont modifiables par l'intervention humaine (principalement par le **changement d'usage des terres**).



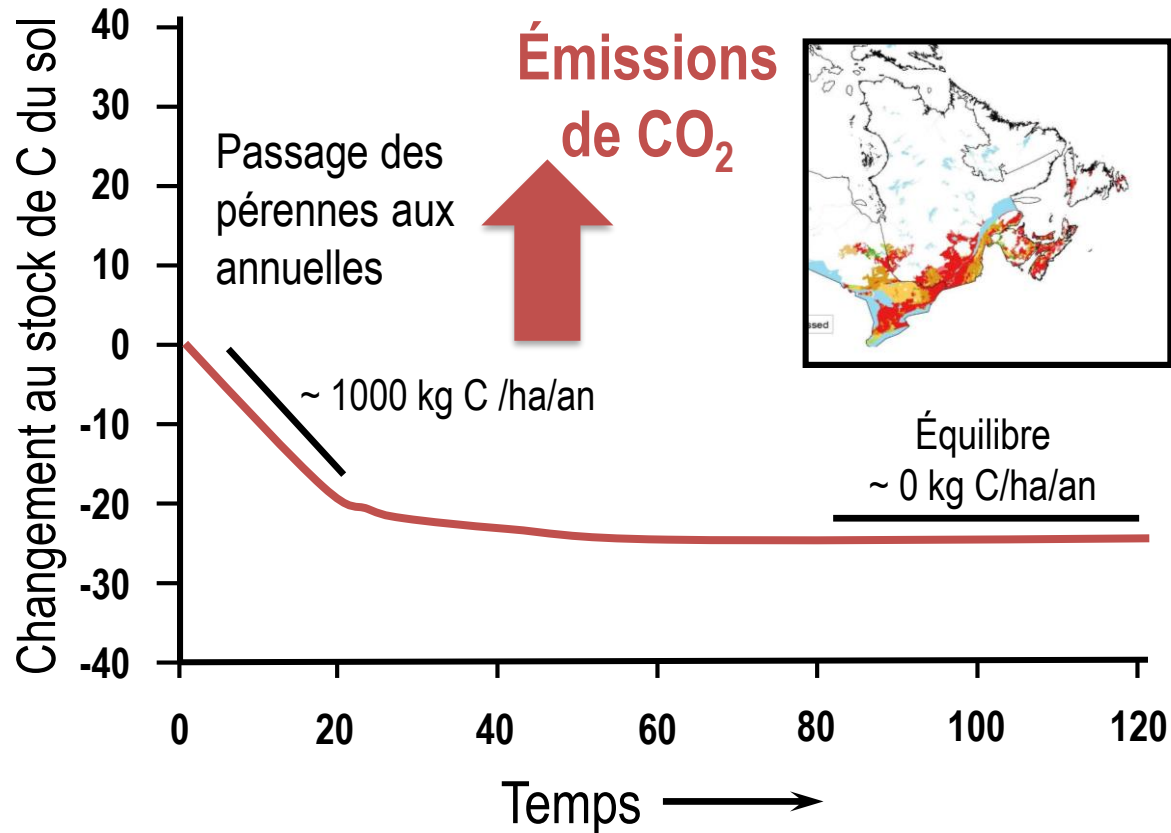
Expérience de longue durée (Woodslee, ON) pendant 35 ans

Atténuer les changements climatiques

Avec ce grand pouvoir de stockage du C, viennent de **grandes responsabilités!**

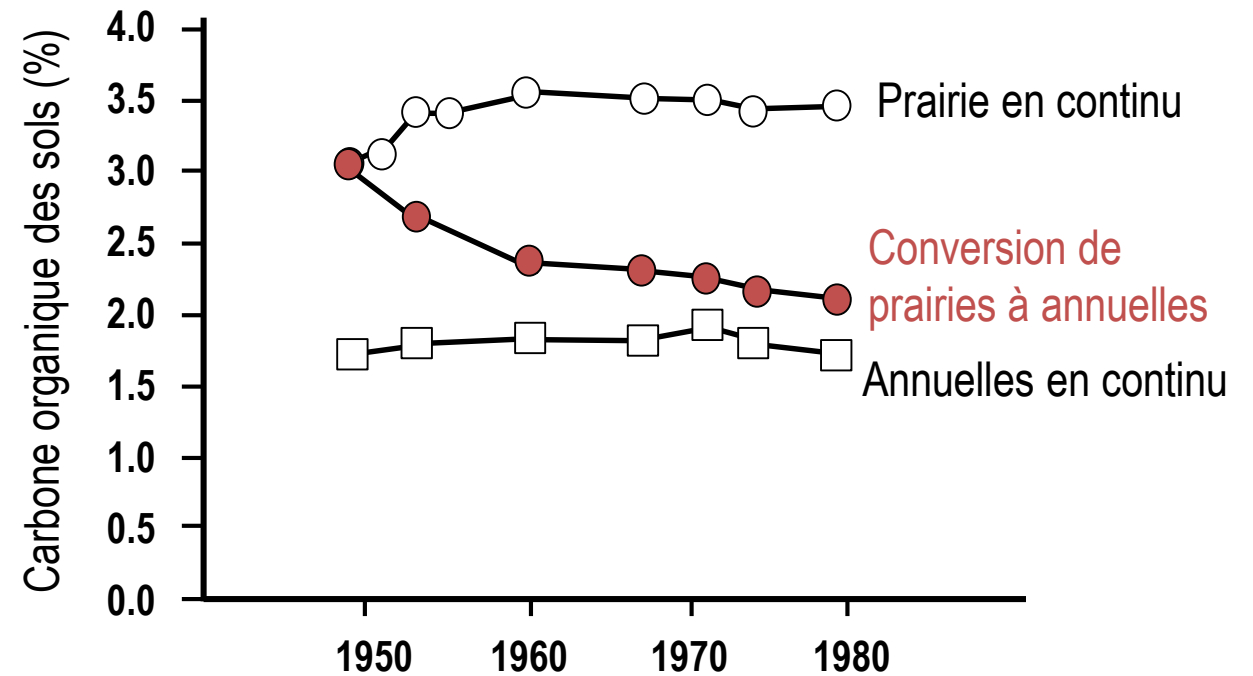
Schéma théorique/ Modélisation

(Arrouays *et al.*, 2002)



Essais long-terme de Rothamsted (R.-U.)

(Johnston *et al.*, 1986)

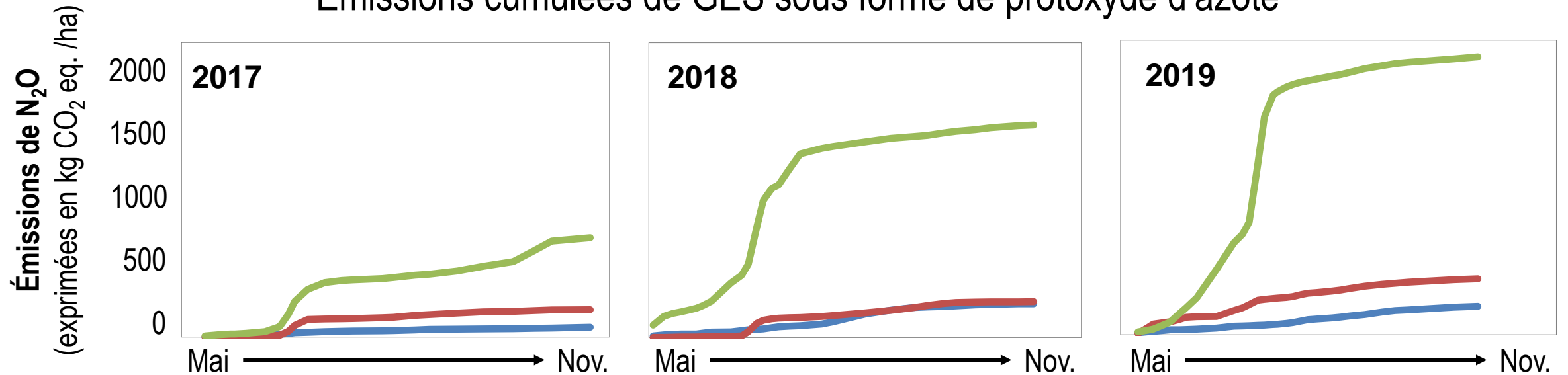


*Prairies permanentes de graminées

Atténuer les changements climatiques

Les sols sous cultures fourragères pérennes **émettent moins de protoxyde d'azote** (GES)

Émissions cumulées de GES sous forme de protoxyde d'azote



- **Rotation d'annuelles:** soya (2017) et maïs (2018 et 2019; 130 kg N/ha)
- **Prairie de graminées*:** 160 à 210 kg N/ha
- **Prairie de luzerne et graminées*:** 0 kg N/ha

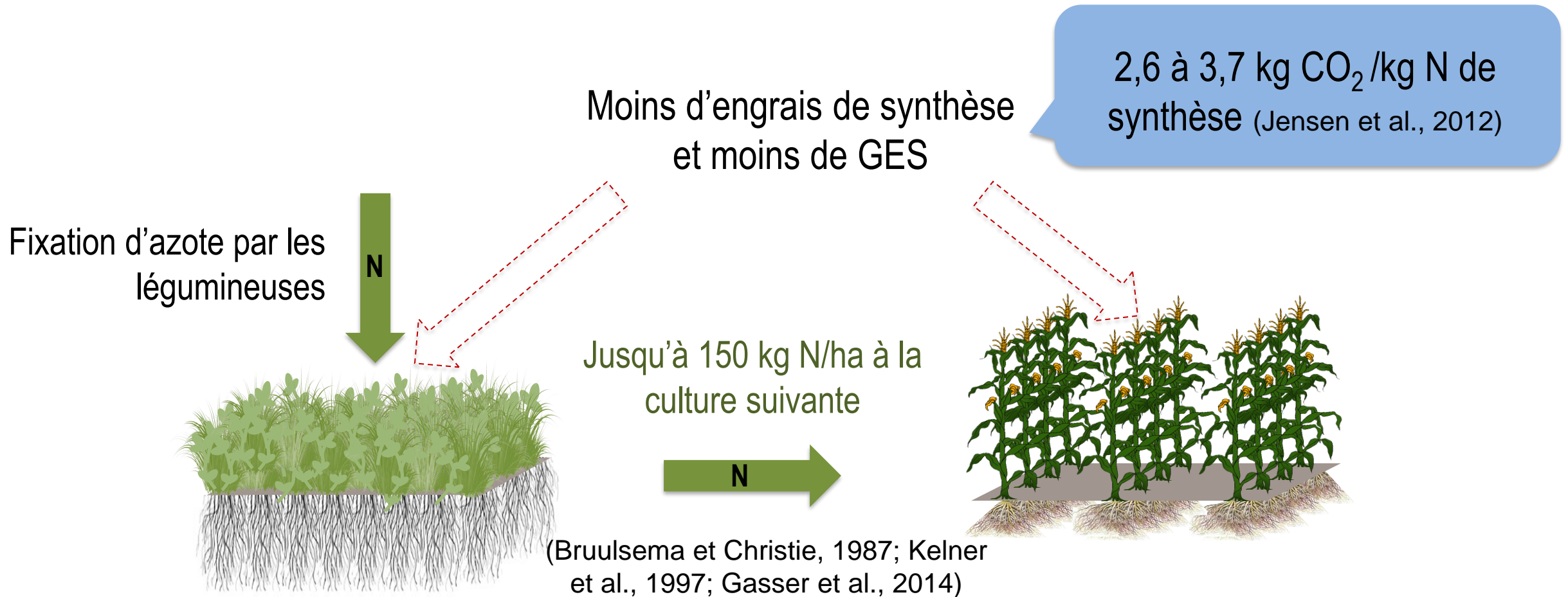
* Prairies établies en 2016



Photo: N. Bertrand

Atténuer les changements climatiques

Les **légumineuses pérennes** permettent d'**éviter des émissions de CO₂** liées à la fabrication et au transport d'engrais azoté de synthèse.



Atténuer les changements climatiques

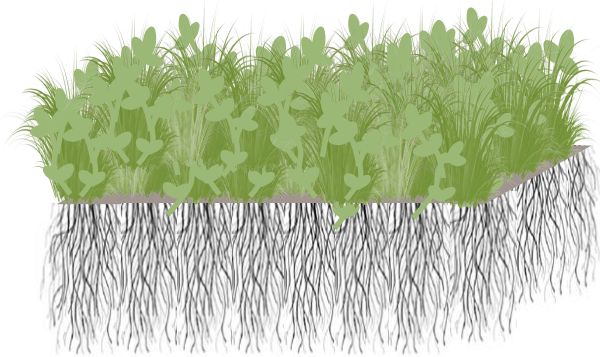
Les mélanges légumineuses-graminées offrent des avantages additionnels

N₂O



Réduction de 40-50% des émissions de N₂O en ajoutant des légumineuses aux graminées

Fuchs et al., 2018



Mélange légumineuses-graminées



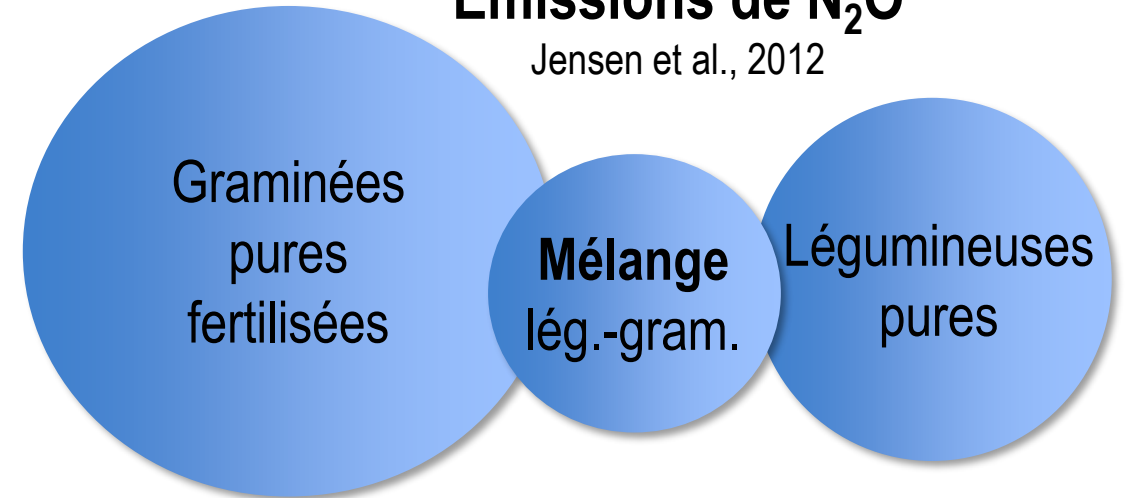
Augmentation du carbone séquestré dans le sol en ajoutant des légumineuses aux graminées

Ruz-Jerez et al., 1994; Mortensen et al., 2004; Jensen et al., 2012; Lüscher et al., 2014

C

Émissions de N₂O

Jensen et al., 2012



Atténuer les changements climatiques

Les mélanges légumineuses-graminées offrent des avantages additionnels



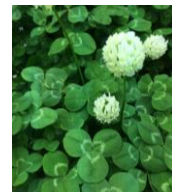
Ray-grass



Dactyle

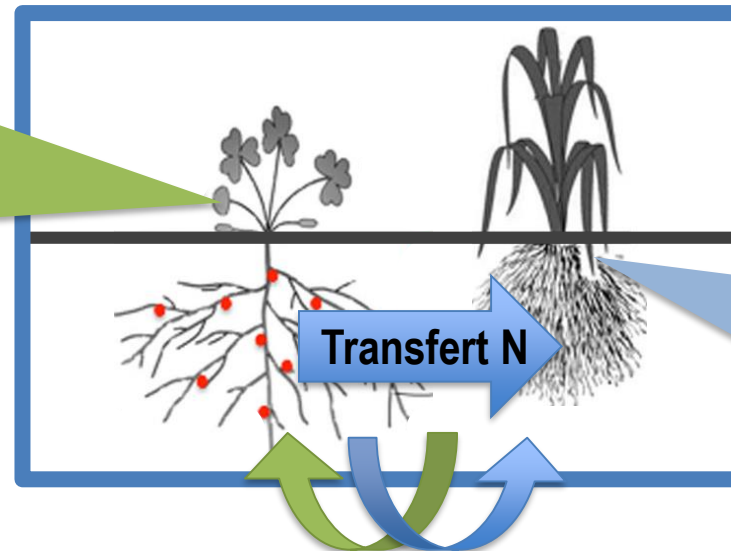


Trèfle rouge



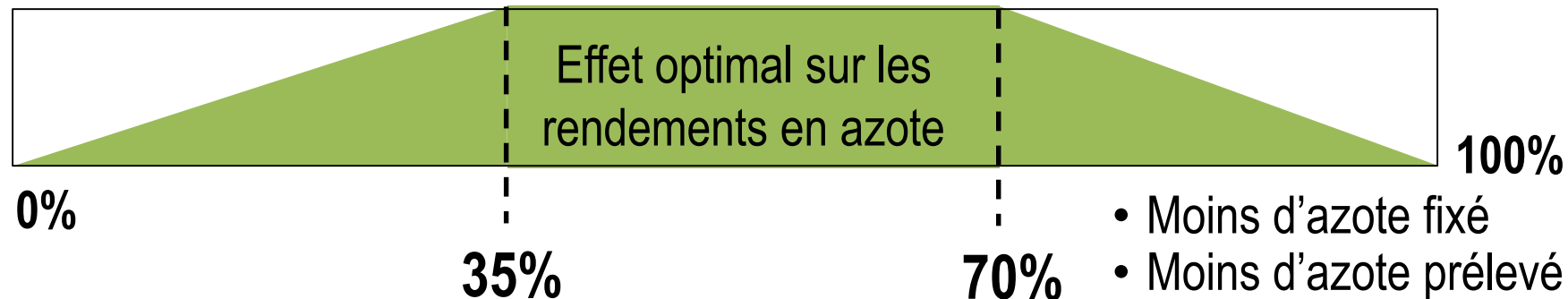
Trèfle blanc

Une proportion de 37% à 66% de trèfle en mélange a fixé **autant d'azote** que le trèfle pur



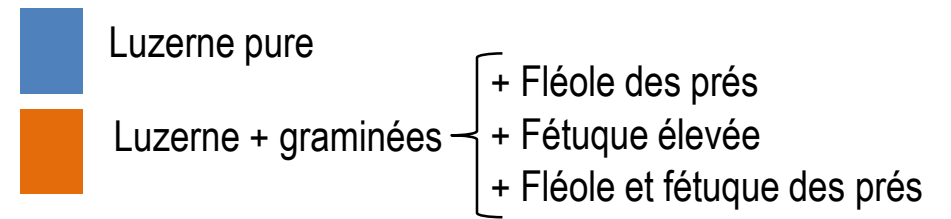
Les graminées ont prélevé jusqu'à **36% plus d'azote** en mélange que seules

Proportion de trèfle dans le mélange



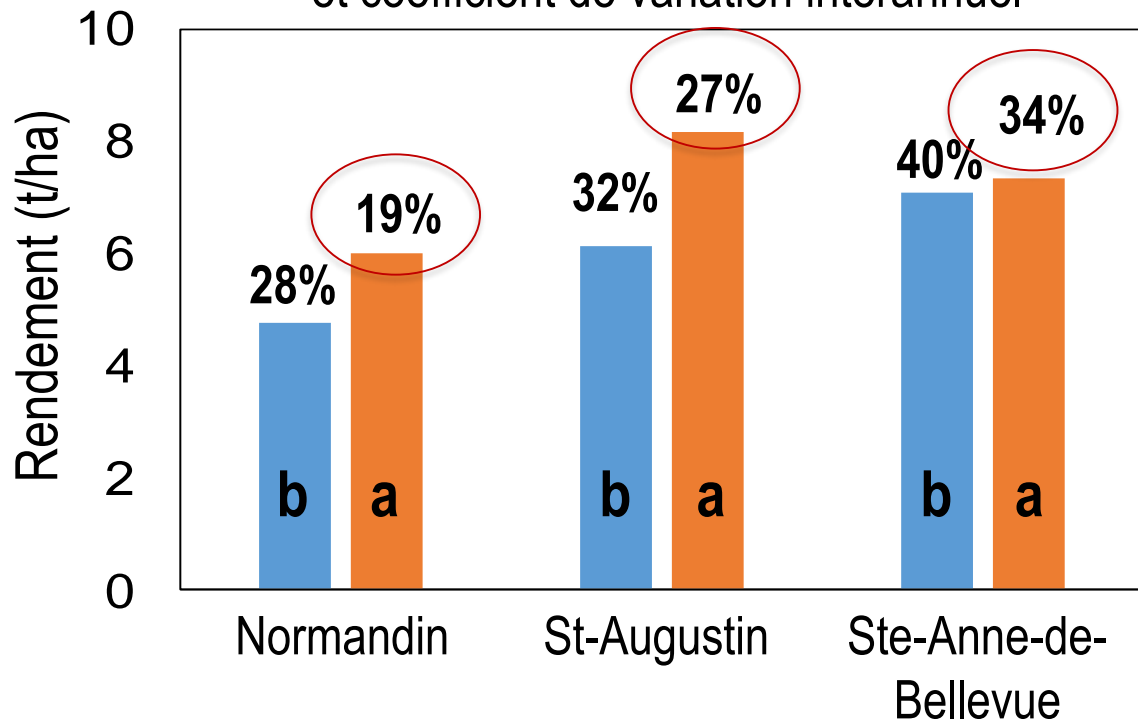
- Moins d'azote fixé
- Moins d'azote prélevé du sol
- Plus de risques de pertes d'azote

Les mélanges légumineuses-graminées offrent des avantages additionnels

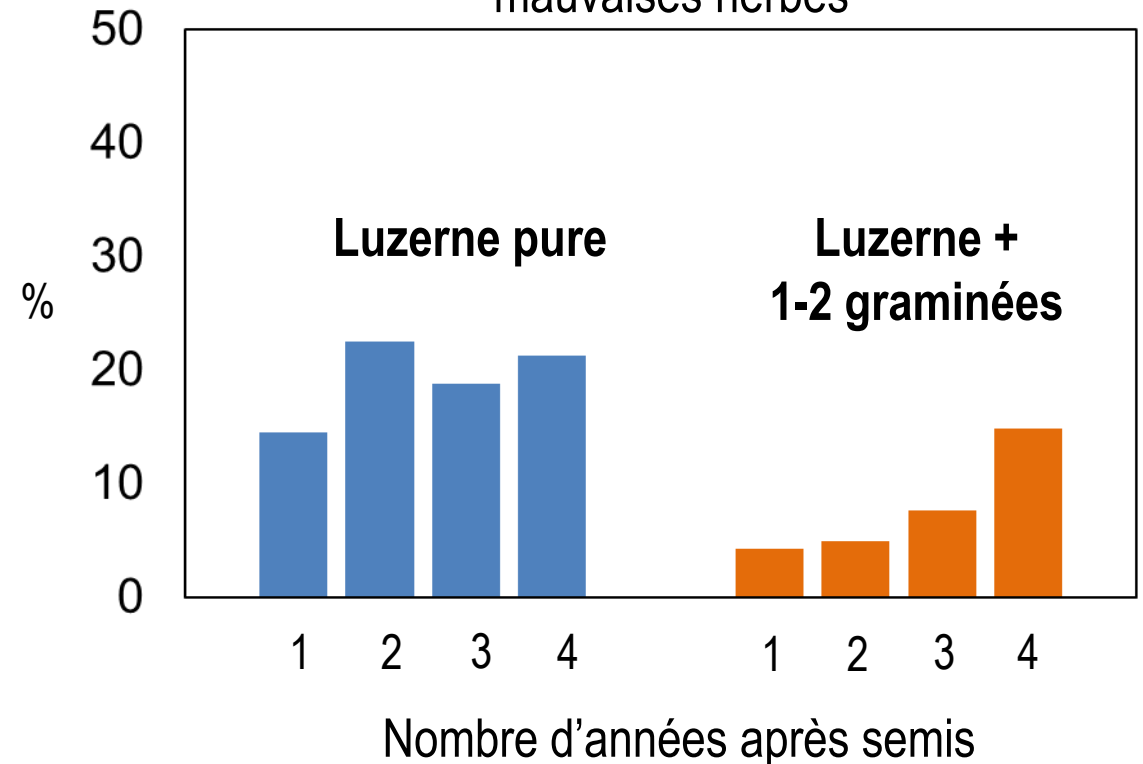


À trois sites au Québec (Bélanger et al., 2020)

Rendement annuel moyen de 4 années de production et coefficient de variation interannuel



Proportion moyenne de mauvaises herbes



À retenir

- ✓ Les sols sous cultures fourragères pérennes contiennent un **grand stock de carbone**.
- ✓ Les sols sous cultures fourragères pérennes émettent en général **moins de protoxyde d'azote** (le N₂O, un GES).
- ✓ La présence de **légumineuses pérennes** permet d'**éviter des émissions de CO₂** liées à la fabrication et au transport d'engrais azoté de synthèse.
- ✓ Les **mélanges légumineuses-graminées** offrent des avantages supplémentaires en termes d'atténuation des changements climatiques.

Préserver la qualité de l'eau

Les plantes fourragères pérennes contribuent à la qualité de l'eau par:

- **Faible quantité de pesticides**
- **Grande efficacité d'utilisation de l'azote**
 - Racines vivantes toute l'année
 - Azote souvent apporté par les légumineuses
 - Complémentarité entre les espèces
- **Effet positif sur la structure du sol,**
ce qui diminue les risques d'érosion



Photo: MAPAQ-Estrie

Préserver la qualité de l'eau

Photo: A. Vanasse



Photo: D. Mongrain



Photo: www. positifv.fr

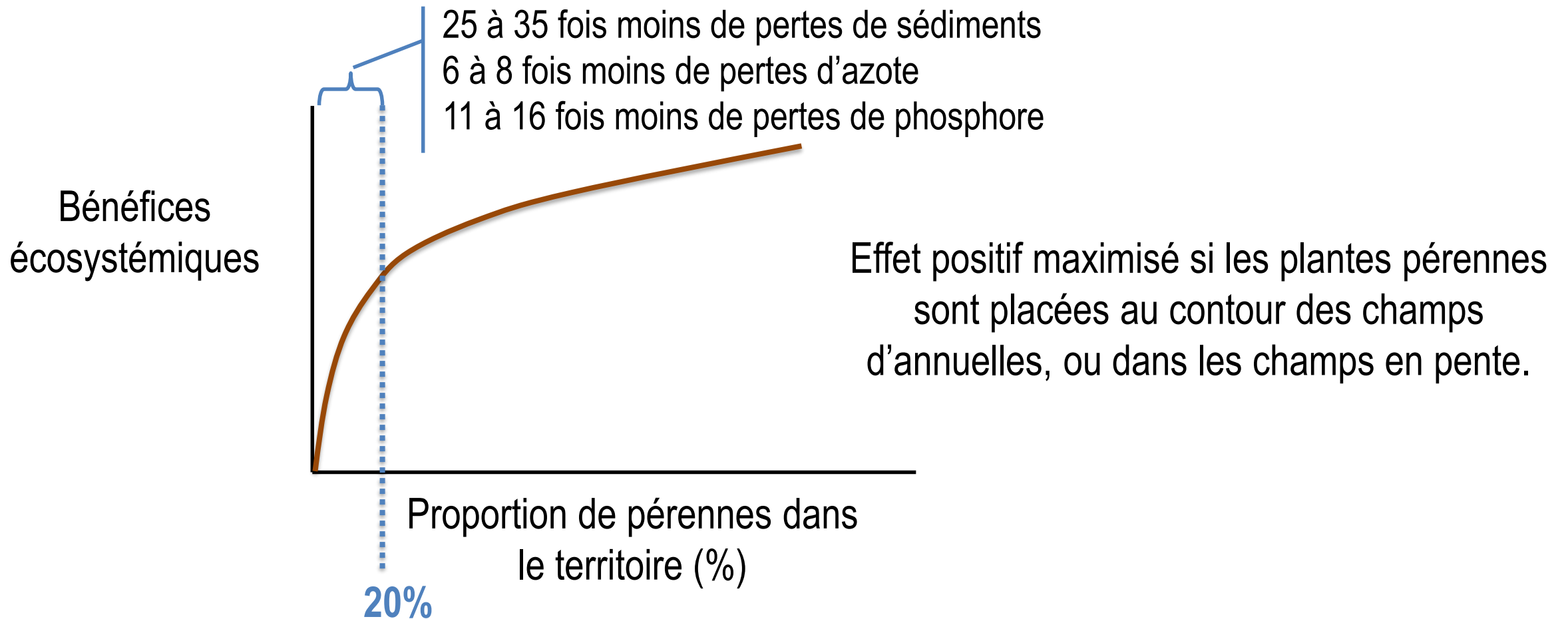


Biomasse et profondeur des racines	++	++ à +++	+++
Matière organique	++	+++	+++
Agrégats de sol	+	+++	+++
Macroporosité (biopores)	+	++	+++
Infiltration	++	+++	+++
Risques d'érosion	++ à +++	+	+

Important en contexte de
changements climatiques

Préserver la qualité de l'eau

Des superficies modestes en plantes pérennes peuvent avoir un grand impact sur l'écosystème si elles sont **judicieusement positionnées**.



Préserver la qualité de l'eau

À retenir

- ✓ Les plantes fourragères pérennes nécessitent **peu d'application de pesticides** et présentent en général une **bonne efficacité d'utilisation de l'azote**.
- ✓ À l'instar des forêts, les plantes fourragères pérennes améliorent la qualité du sol ce qui se traduit par de **faibles risques d'érosion des sols**.
- ✓ Des **superficies modestes en plantes pérennes** peuvent avoir un grand impact sur l'écosystème si elles sont **judicieusement positionnées**

Préserver et favoriser la biodiversité

Les plantes fourragères pérennes constituent un **milieu peu dérangé** pendant plusieurs années, et avec de **faibles apports de pesticides**, elles constituent un milieu-clé pour la survie et la reproduction de nombreux organismes (Bretagnolle et al., 2011).

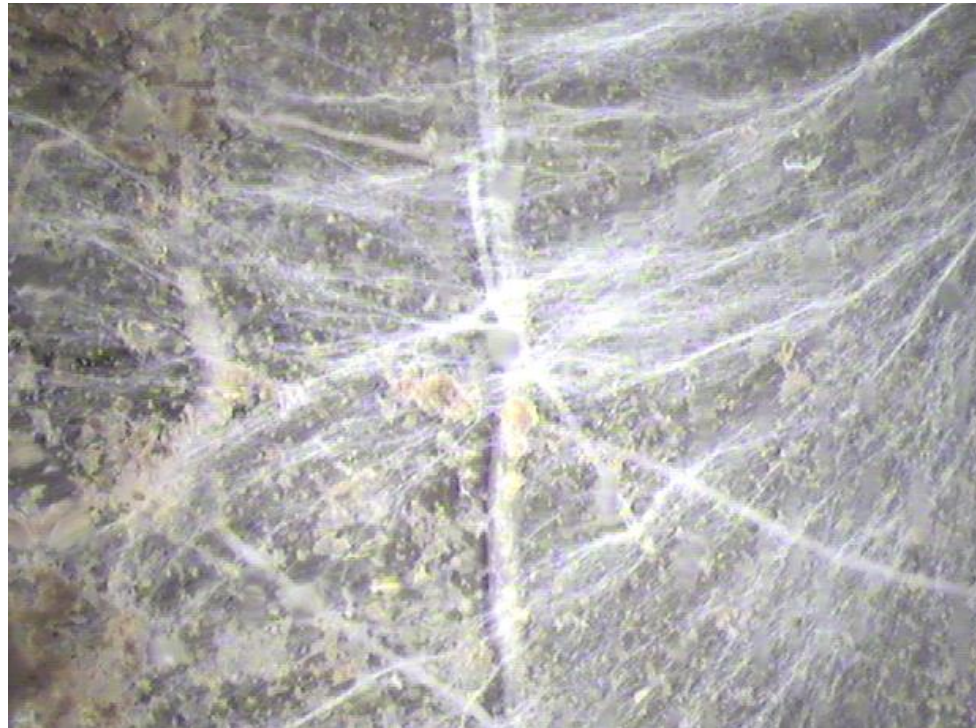


Photo: M.-N. Thivierge

Préserver et favoriser la biodiversité

- Plantes et microbiome inséparables: rôle dans l'écosystème
- Diversité des microorganismes = plus de stabilité face aux stress

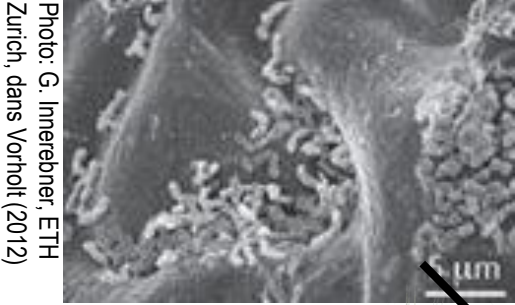
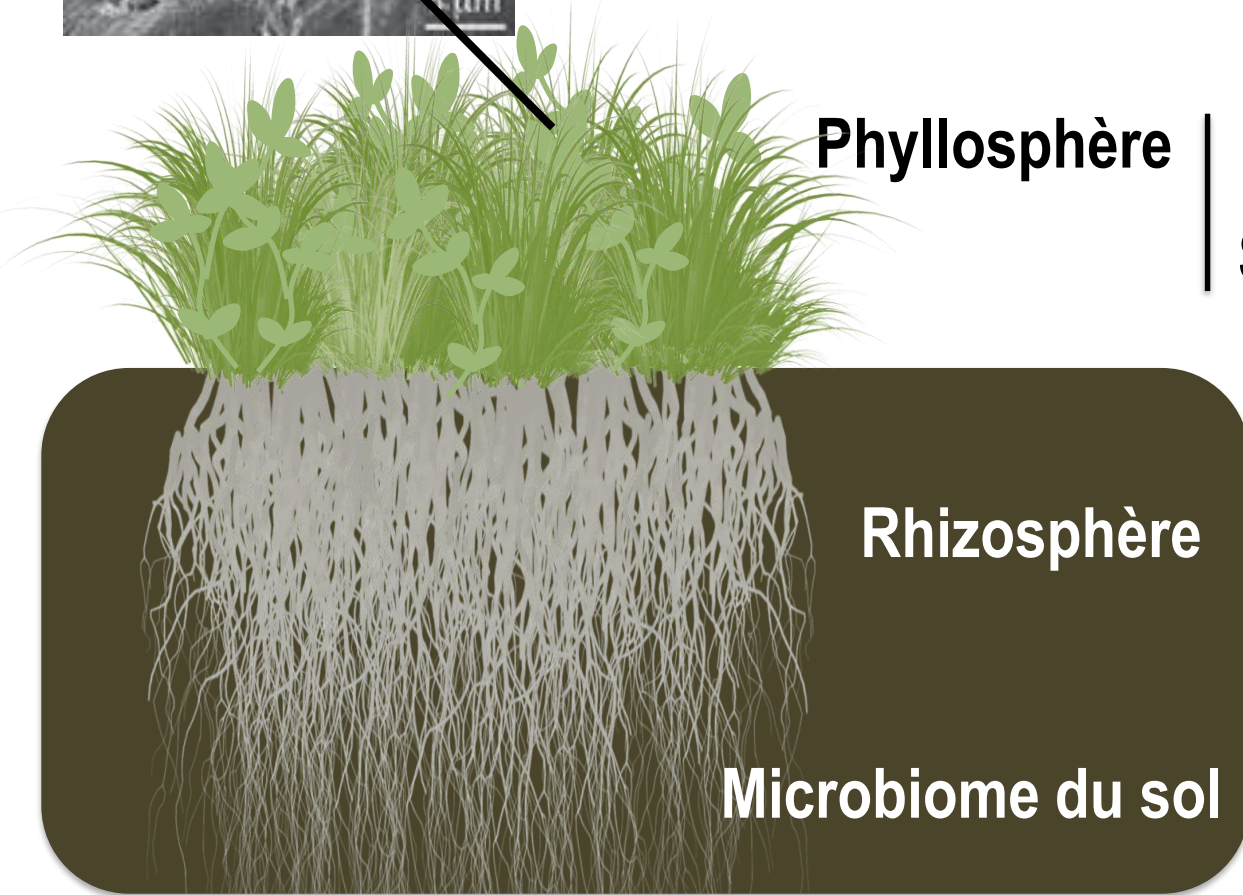


Photo: G. Inenebner, ETH Zurich, dans Vorholt (2012)



Phyllosphère

Résistance aux maladies/stress?

Santé des animaux, valeur nutritive, ensilabilité?

Rhizosphère

Transformation de la matière organique

Cycle du C et des éléments nutritifs

Disponibilité des éléments nutritifs

Microbiome du sol

Préserver et favoriser la biodiversité

Invertébrés,
30 à 800/m²



Photo: S. Houde

Arthropodes et microarthropodes,
50 000 à 300 000/m²



Photo: M.-N. Thivierge

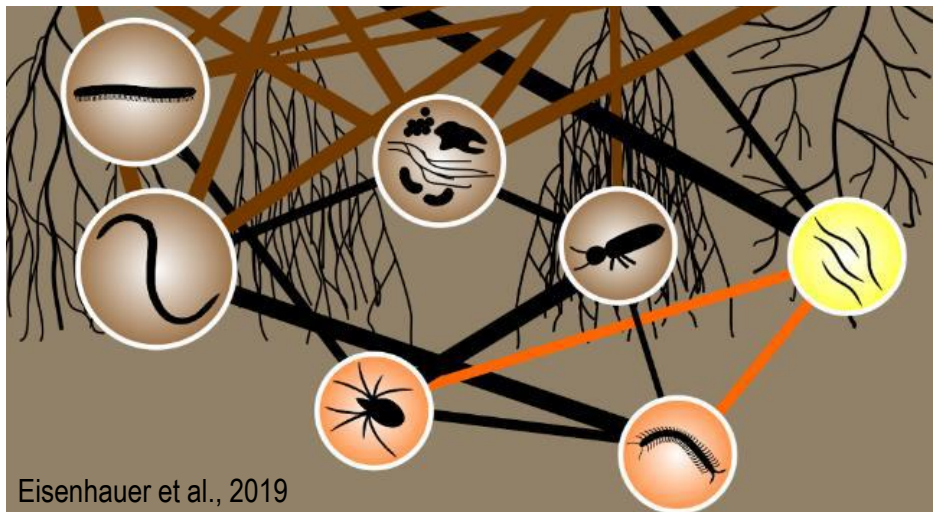


Photo: S. Houde

Nématodes,
1-10 millions / m²



Photo: M.-N. Thivierge

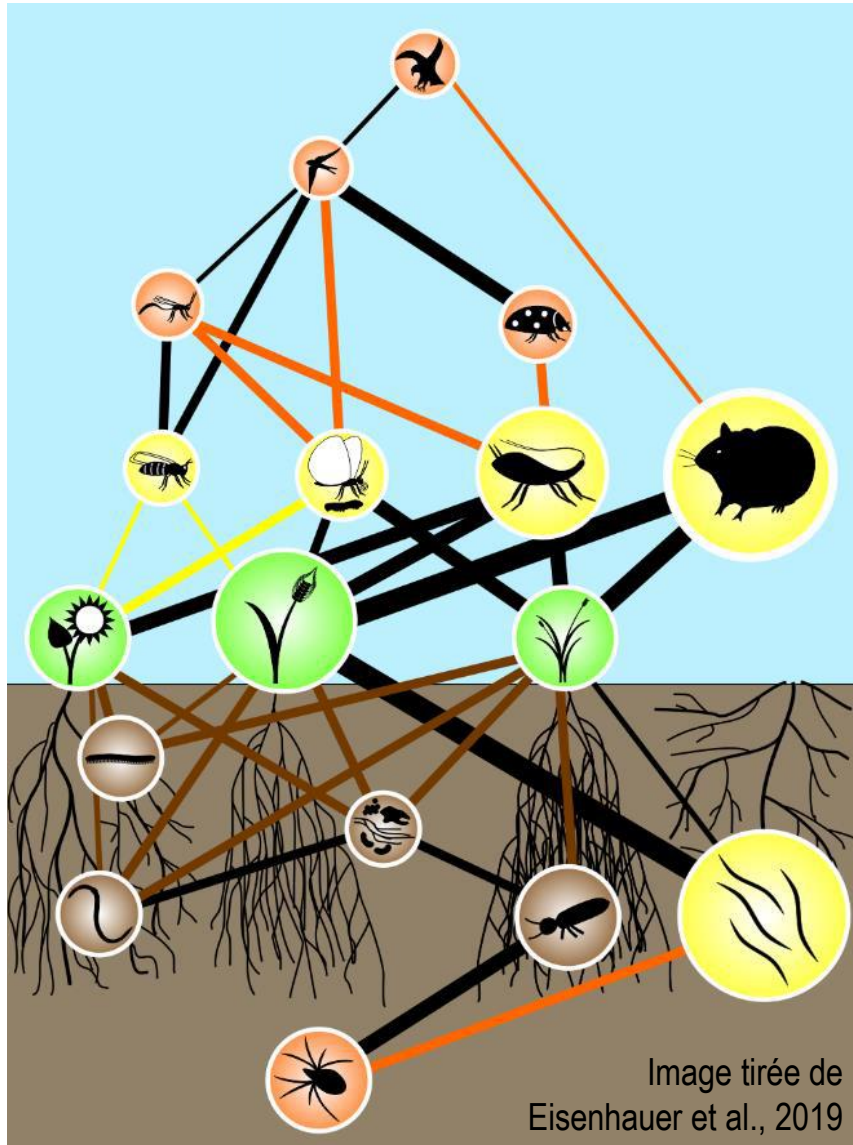


Micro et macrofaune du sol

- Décomposition des résidus, séquestration du C
- Disponibilité des éléments nutritifs
- Contrôle des maladies et parasites
- Stabilité des agrégats

(Merci à Jean-Philippe Légaré et Brigitte Duval du MAPAQ pour l'identification des spécimens)

Préserver et favoriser la biodiversité



Les prairies jouent un rôle clé dans la conservation de plusieurs espèces: petits mammifères, arthropodes (criquets), pollinisateurs, oiseaux.

Les **mélanges d'espèces** fourragères abritent en général une plus grande diversité d'organismes que les espèces pures.

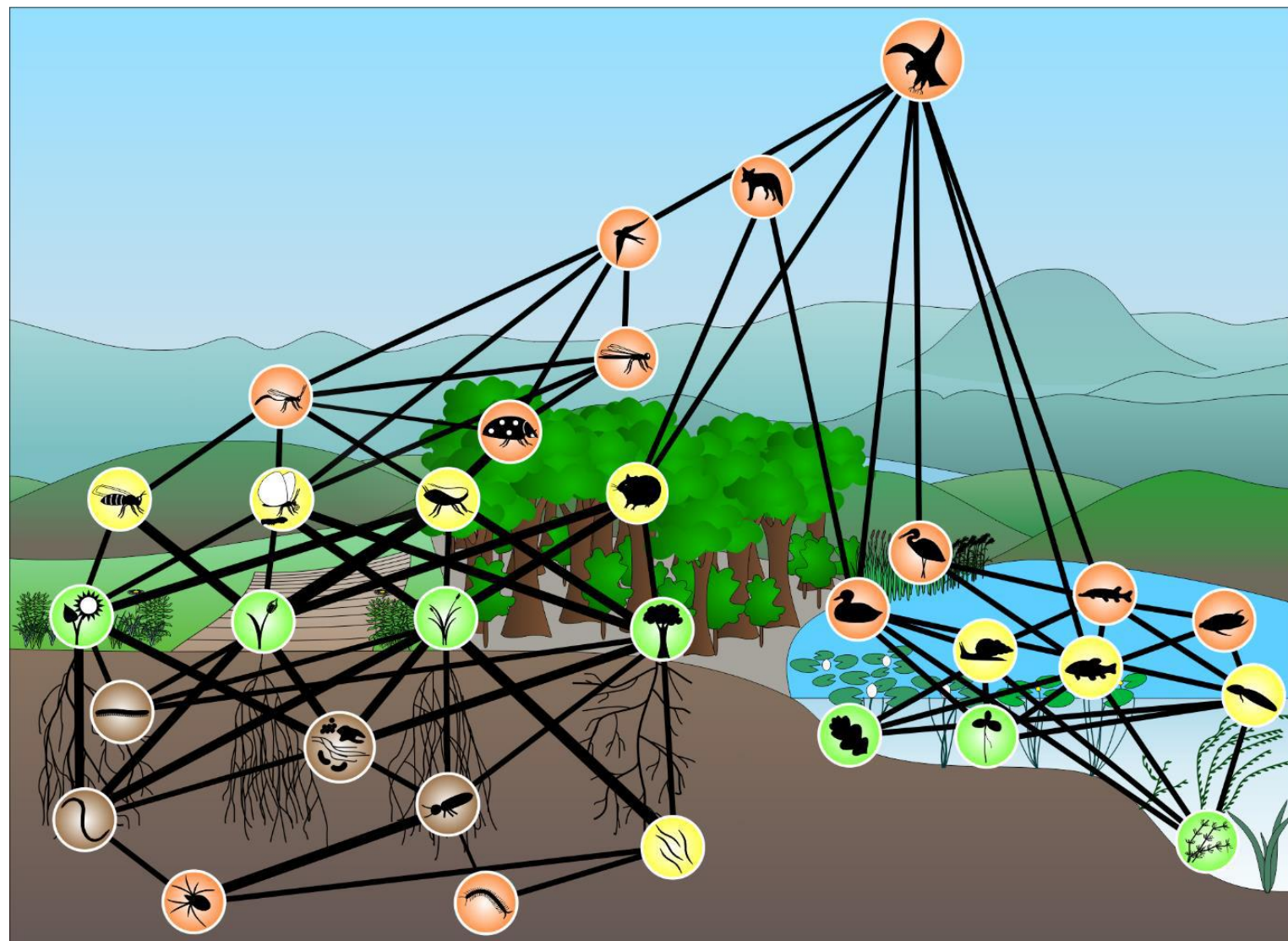
La **présence** et la **distribution** dans le paysage sont importantes.

Les **bordures de champ et bandes riveraines** jouent aussi un rôle non négligeable.

Préserver et favoriser la biodiversité

Les services écosystémiques résultent des **interactions entre écosystèmes** d'un territoire.

Les **prairies** et les **forêts** sont tous les deux des réservoirs de biodiversité et des corridors pour plusieurs espèces.



Eisenhauer et al., 2019

Le Clec'h et al., 2019 (revue de littérature)

Image tirée de Eisenhauer et al., 2019

Préserver et favoriser la biodiversité

À retenir

- ✓ Les plantes fourragères pérennes constituent un **milieu-clé pour la survie et la reproduction de nombreux organismes.**
- ✓ La biodiversité est améliorée à l'échelle du **champ**, de la **ferme** et du **territoire**.
- ✓ La **présence** et la **distribution** dans le territoire des plantes fourragères pérennes sont importantes.

Peut-on générer **davantage de services écosystémiques** par nos pratiques de gestion des prairies et des sols?

- Régie de coupe / intensité de pâturage
- Fertilisation / chaulage
- Éviter la compaction
- Mélanges multi-espèces



Photo: MAPAQ-Estrie

Efforts de recherche nécessaires dans les conditions du Québec pour clarifier **l'effet des pratiques de gestion des prairies et des sols** sur les services écosystémiques.

Conclusions

Les plantes fourragères pérennes rendent **de nombreux services écosystémiques**:

- à l'échelle de la **ferme** (alimentation du troupeau, santé des sols);
- du **territoire** (qualité de l'eau et biodiversité);
- de la **planète** (atténuation des changements climatiques).

Il est essentiel de **conserver les superficies en cultures fourragères pérennes** (y compris celles en rotation avec des annuelles).

Davantage de recherche est nécessaire pour **clarifier l'effet des pratiques de gestion des prairies** sur les services écosystémiques.

Cela permettra de **mieux valoriser la production fourragère**.

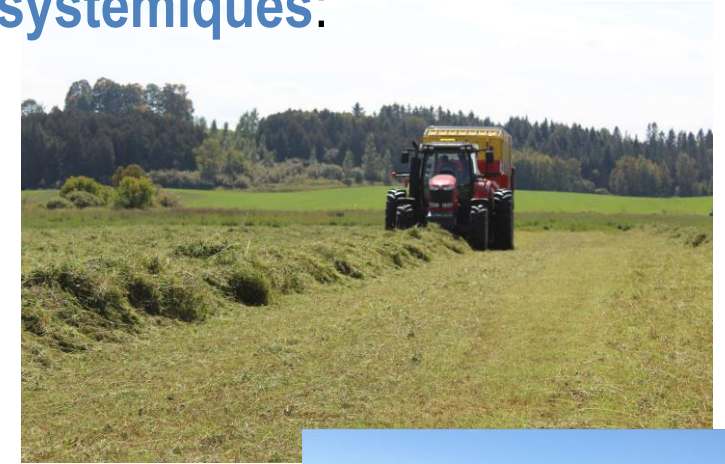


Photo: MAPAQ-Estrie



Photo: G. Bégin

Bénéfices des plantes fourragères pérennes pour nos écosystèmes agricoles

Marie-Noëlle Thivierge
Denis Angers
Gilles Bélanger
Huguette Martel



Photos: M.-N. Thivierge

Merci!

marie-noelle.thivierge@canada.ca