

2015
Année internationale
des sols



Colloque Santé des Sols

en collaboration avec



Desjardins

Organisé par

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation

Québec



**ACTION
SEMIS DIRECT**



20 conférenciers

de l'Ontario - des États-Unis - des chercheurs
et des spécialistes de chez nous

12 conférences

2 ateliers - 1 plénière - 1 panel de producteurs

6 janvier 2015

ITA, campus de Saint-Hyacinthe
3230, rue Sicotte, J2S 7B3

**Merci
à nos commanditaires majeurs**



**Merci
à nos grands commanditaires**



Merci
à notre commanditaire allié

Fondée en 1929
La Terre
DE CHEZ NOUS

3^{ème} Colloque Santé des Sols

Bonjour à tous

Pour nos entreprises agricoles, où les objectifs de productivité et de rentabilité sont notre quotidien, un sol en santé demeure un gage de succès. Comment faire pour définir un sol en santé? Comment s'assurer que nos pratiques d'aujourd'hui seront nos bénéfiques de demain? Comment s'assurer que nos passages d'aujourd'hui ne seront plus les empreintes de demain. Voilà quelques défis que nous devons et que nous aurons à faire face.

Je pratique le semis direct depuis plus de dix ans et depuis huit ans sur une base permanente. Si au départ, ce sont des avantages économiques (argent et temps) qui m'ont attiré dans cette aventure, ce sont maintenant des avantages agronomiques qui me séduisent et m'encouragent à toujours me dépasser. Un sol en santé nous procure une panoplie d'options et de possibilités. Un sol en santé nous permet de fixer des objectifs toujours plus grands.

Je suis heureux de me joindre au personnel du Mapa à organiser ce colloque. Je crois sincèrement que plus nous en saurons sur nos sols, plus il nous sera facile de bien les traiter et plus ils nous le rendront.

Merci de partager notre enthousiasme face à cet événement en participant et en adoptant des pratiques agricoles de conservation, des pratiques qui redonnent une bonne santé à nos sols.

Éric Lapierre
président du club Action Semis Direct

Productrices et Producteurs agricoles, Conseillères et Conseillers agricoles,

Mesdames et Messieurs,

Bonjour et bienvenus au troisième Colloque santé des sols.

Encore une fois, le comité organisateur du colloque santé des sols a travaillé fort pour vous offrir d'excellentes présentations de spécialistes d'ici et d'ailleurs.

Cette année est spéciale pour les sols : L'Organisation des Nations Unies a proclamé l'année 2015 comme l'Année internationale des sols. L'ONU nous avise que les pertes des sols sont énormes. En France métropolitaine chaque minute on perd 27 m² (290 pieds carrés) de sols arables. En Amérique du Nord, ce chiffre est encore plus grand.

Si nous continuons à gaspiller les sols à cette vitesse de croisière, en 2050 nous n'aurons plus que la moitié de terre arable d'aujourd'hui. En plus, il va falloir nourrir plus de 9 milliards de personnes. Déjà, un nombre important des habitants de la Terre ne mangent pas à leur faim.

Ainsi, pour répondre aux besoins futurs, et si nous voulons nous retrouver dans ce futur, il faut redresser la situation dès maintenant.

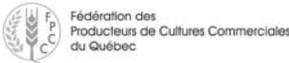
Aujourd'hui, les conférenciers vont vous parler de la santé des sols, de l'importance de bien travailler, et de se préoccuper de nos sols. Aux deux derniers Colloques, nous vous avons montré ce que les sols en santé peuvent faire pour vous. Et aujourd'hui, je vous demande qu'est-ce que vous allez faire pour protéger les sols, pour les rendre et pour les garder productifs pour des générations futures?

Parce que... comme ils disent : « Nous n'héritons pas les terres de nos parents, nous les empruntons à nos enfants »

Bon colloque Santé de sols et Bonne Année internationale des sols.

Ermin Menkovic, agr.

Président du comité organisateur

	Conférenciers	Titre de la conférence	Commanditée par :	Thème
	Joshua Dukart	Approche holistique : important tournant en agriculture		
1	Sylvie Thibaudeau	Essais de SCV en grandes cultures en Montérégie depuis 2011 : constats et orientations		Cultures de couverture
2	Benjamin Mimee	Soya, nématodes, changements climatiques... C'est quoi le problème?		Insectes du sol
3	Thomas Dykstra	Ce que les insectes nous disent sur la santé des sols		Insectes du sol
4	Anne Vanasse	Effets de la rotation sur les rendements : résultats d'une compilation d'études de longues durée		Rotation des cultures
5	Philippe Rochette	Impacts des méthodes de fertilisation azotées sur les émissions gazeuses (NH ₃ et GES)		Structure du sol
6	John Reynolds	Les vers de terre du Québec		Vers de terre
7	Martin Chantigny	Gestion efficace de l'azote et pratiques de conservation : avantages, pièges et inconnues		Fertilisation et amendements
8	Louis Robert	Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur les analyses de sol sans jamais oser le demander		Fertilisation et amendements
9	Éric Thibault	Profil de sol : un savoir bien enfoui!		États du sol
10	Will Brinton	Évaluer la fertilité et la santé du sol		États du sol
11	Jean-Martin Fortier	Les secrets d'une agriculture intensive basée sur la santé du sol		Témoignage
12	Régis Cadorette	Rotation, cultures de couverture et défi d'une agriculture efficace sur de grandes superficies		Témoignage
A	Vincent Lamarre	Équilibrage du tracteur pour minimiser la compaction de surface		Atelier
B	Georges Lamarre	Ajustements de semoirs pour réussir un bon semis direct		Atelier
	Mario Lefebvre, Pierre Bolduc, Marie-Claude DeMartin, Wayne Stephenson	40 conseils en 40 minutes		Panel de producteurs



Burleigh County, North Dakota



BISMARCK, NORTH DAKOTA

Period of Record Monthly Climate Summary

Period of Record: 7/1/1948 - 12/31/2007

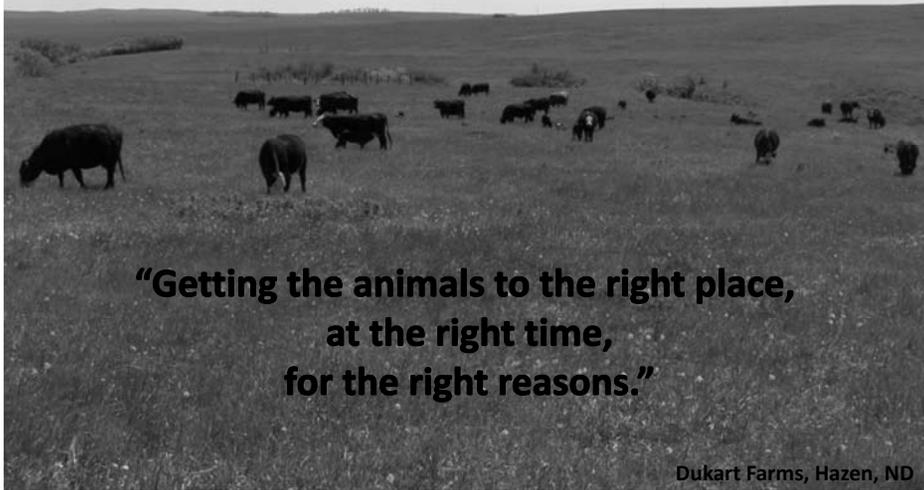
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Average Max. Temperature (F)	20.1	26.6	38.2	55.4	68.1	77.2	84.6	83.4	71.8	58.6	39.4	26.2	54.1
Average Min. Temperature (F)	-1.5	5.5	17.3	30.7	42.4	51.9	57.0	54.8	44.0	32.4	18.2	5.4	29.8
Average Total Precipitation (in)	0.47	0.47	0.78	1.39	2.33	2.94	2.44	2.00	1.40	1.02	0.58	0.46	16.2
Average Total SnowFall (in)	7.9	7.2	8.5	3.6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.1	1.6	6.5	7.6	43.8
Average Snow Depth (in)	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1

41 Centimeters Annual Precipitation



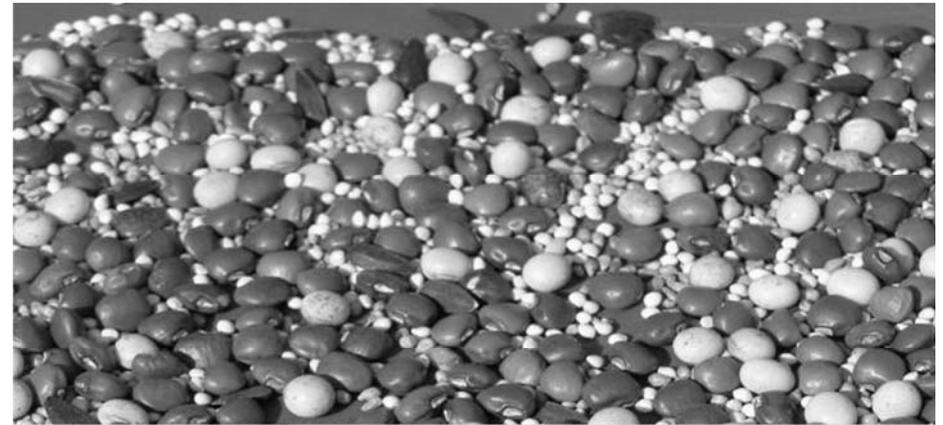
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Holistic Planned Grazing



**“Getting the animals to the right place,
at the right time,
for the right reasons.”**

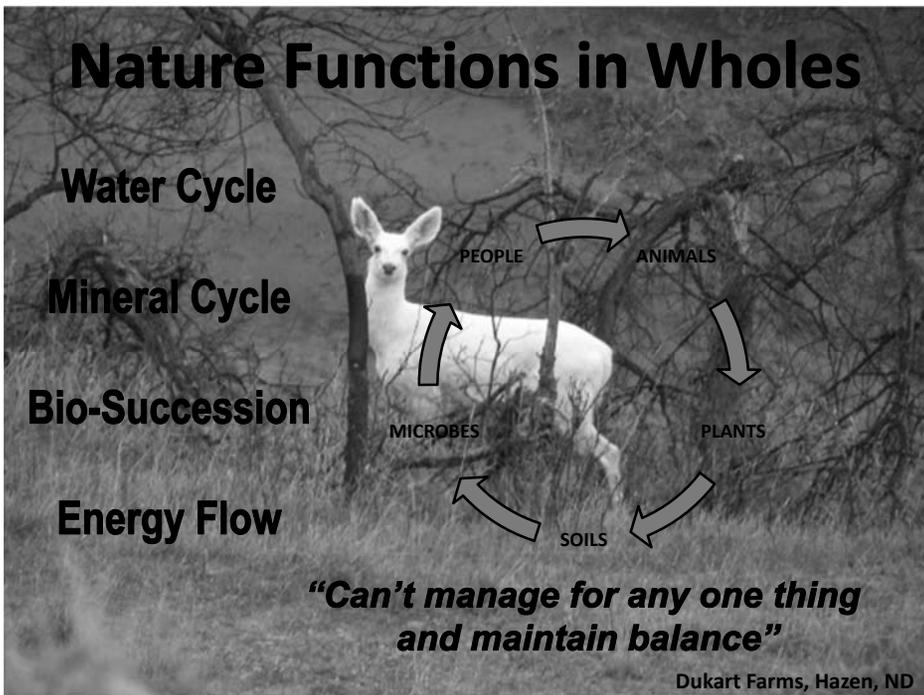
Dukart Farms, Hazen, ND



Holistic Planned Cropping

**Getting the animals & seeds
to the right place,
at the right time,
for the right reasons.**

Nature Functions in Wholes



**Do you believe your
actions/management can be
100% Efficient,
but 0% Effective?**



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



**Fixing Problems
or
Treating Symptoms**



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

“As to methods, there maybe a million and then some, but principles are few. The man who grasps principles can successfully select his own method”

Ralph Waldo Emerson



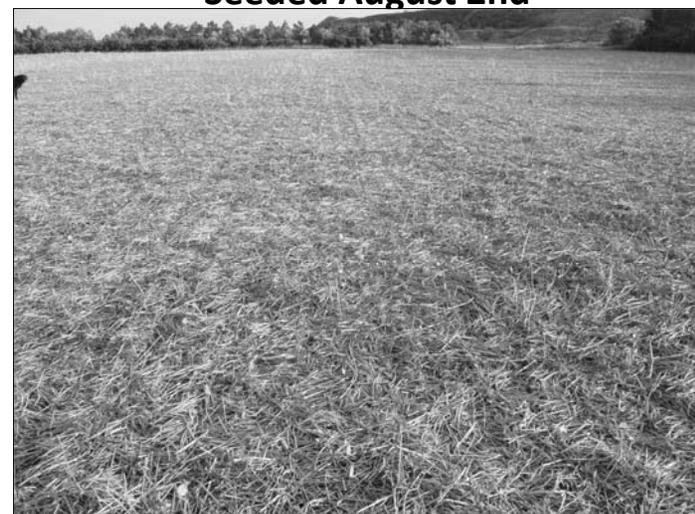
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Building the Soil *Our Influence*

- 1. Armor**
- 2. Diversity**
- 3. Continual Live Plant Root**
- 4. Appropriate Disturbance**
- 5. Adequate Recovery Time**
- 6. Take your Reward....please!**

Dukart Farms, Hazen, ND

Cover Crop Cocktail **Seeded August 2nd**



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Miller Ranch, Fort Rice, ND

Grazing the Cocktail

Oct. 1



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Miller Ranch, Fort Rice, ND

Diversity in the Cropping Ecosystem



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Oilseed Radish - July 31, 2006



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Cover Crop Mix - July 31, 2006

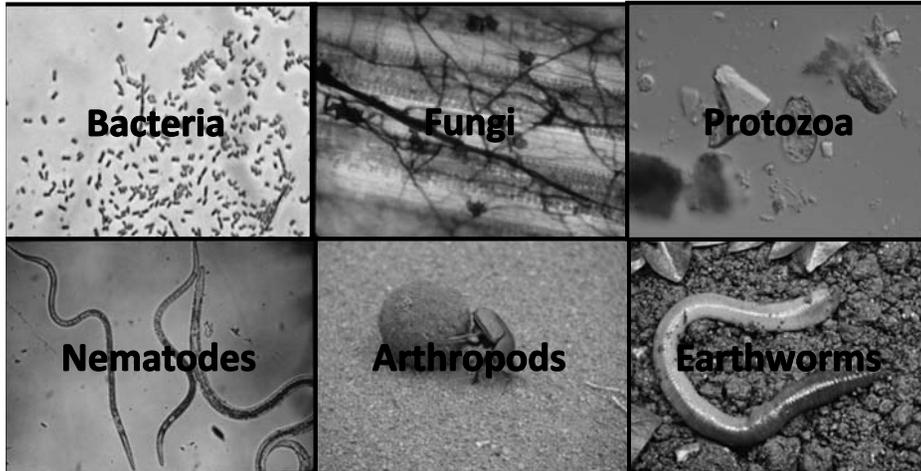


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Soil Food Web

The "Below Ground" Players...

NRCS Publication: Soil Biology Primer



Dual Feeding System

Soil Biology and Livestock



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Richter Farms, Menoken, ND

Does Harvesting Method Matter?

Grazing 2007

- 91 bu/ac Corn ('08)
- 1 Herbicide Application
- Value of additional nutrients from manure?



Chopping 2007

- 68 bu/ac Corn ('08)
- 2 Herbicide Applications
- Value of nutrients hauled away?



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Browns Ranch; Bismarck, ND

Recovery...more than we realize

*Soils
Plants
Animals (above & below)
Humans*



Dukart Farms, Hazen, ND

**High Crop Diversity
Cover Crop
Animal Impact**

**Low Crop Diversity
No Cover Crop
No Animal Impact**



Your Reward

Menoken Farm, Menoken, ND

Cropland Soil Health Timeline



- Tillage
- Direct Seeding
- No-till with low crop diversity
- No-till with high crop diversity
- No-till with high crop diversity and cover crops
- No-till with high crop diversity, cover crops & livestock

Black Leg Ranch

McKenzie, ND

Multi-Generational Ranch

Quality of Life

Profitability

Soil Health

Cow/Calf Operation
Yearling Contract Grazing
Wildlife Habitat & Guiding
Agri-Tourism
Cash Grain Farming
Education



Bridging the gap between grazing & cropping



Cover Crop Cocktails

Designing a Cocktail Mix

- What is the current crop rotation?
- What is the current management methods?
- What crop is planned for next year?
- What resources are available?
- What soil concerns/obstacles are you facing?
 - What is the weak link in each of the Eco Processes?



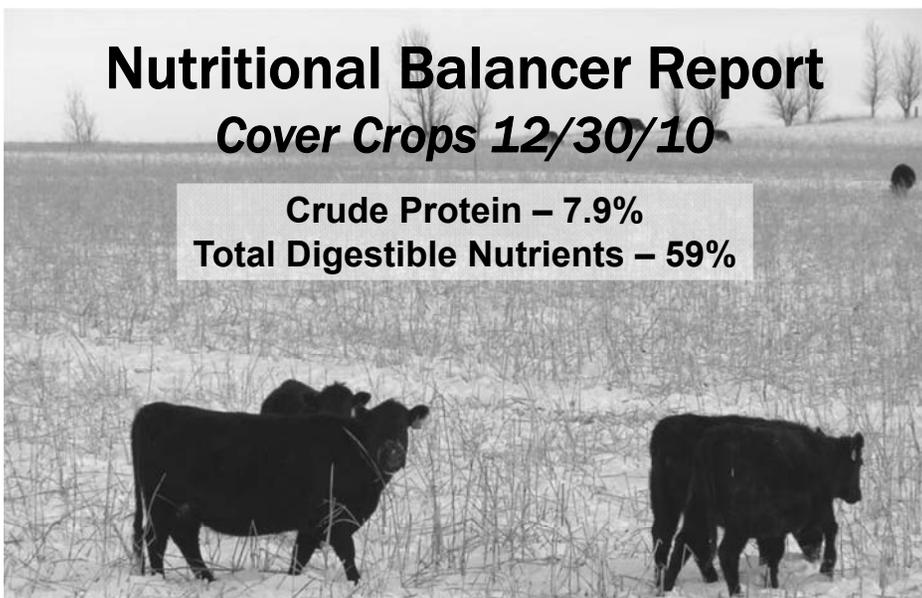
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Addressing Resource Concerns

Crop	Vertical Structure	Legume	Nitrogen Scavenger	Wildlife Food	Pollinators	Carbon	Deep Rooted
Proso Millet				+		Med	
Pearl Millet	†					Med	
Sudan	†					Med	
Corn	†			+		High	
Soybean		♣			*	Low	
Cowpea		♣			*	Low	
Sweet Clover		♣				Low	
Radish			♦		*	Low	X
Turnip			♦			Low	X
Sunflower	†			+	*	Med	X

Nutritional Balancer Report Cover Crops 12/30/10

Crude Protein – 7.9%
Total Digestible Nutrients – 59%



Cows can perform well with winter grazing when they calve in sync with nature

CORN ON COVER CROP

- × Total Biology – 1774 ng/g soil
- × Bacteria – 1473 ng/g soil
- × Fungi – 147 ng/g soil
- × Mycorrhiza – 37 ng/g soil

COVER CROP ON COVER CROP

- × Total Biology – 3312 ng/g soil
- × Bacteria – 2510 ng/g soil
- × Fungi – 513 ng/g soil
- × Mycorrhiza – 251 ng/g soil

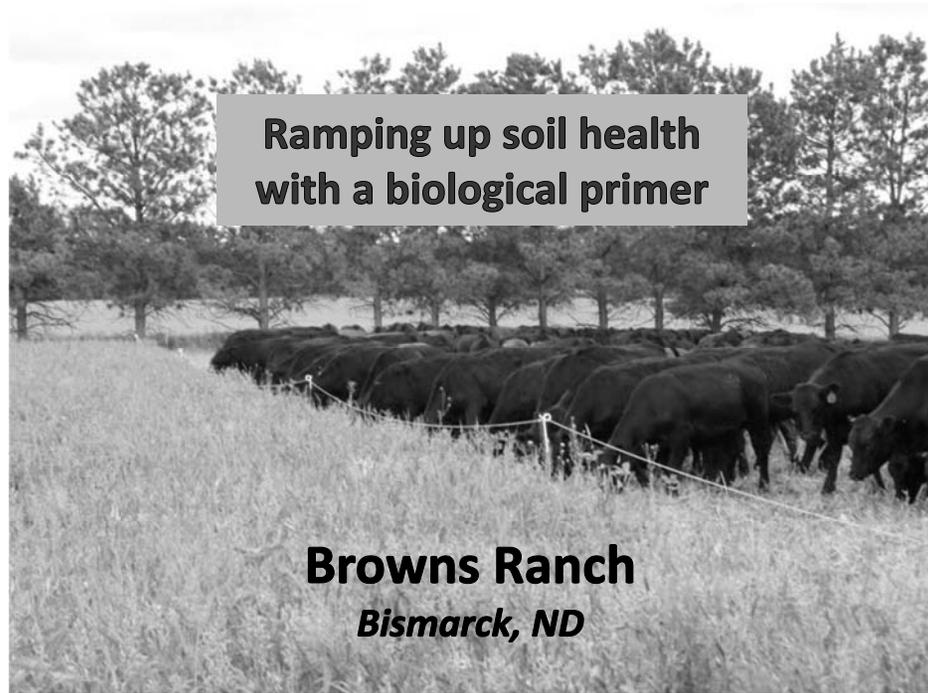
BIOLOGICAL SOIL TESTS

Biological Ag Waste System



Replacing Money with Management

**Ramping up soil health
with a biological primer**

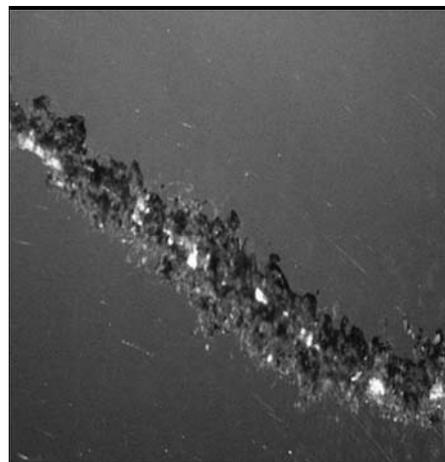


**Browns Ranch
Bismarck, ND**

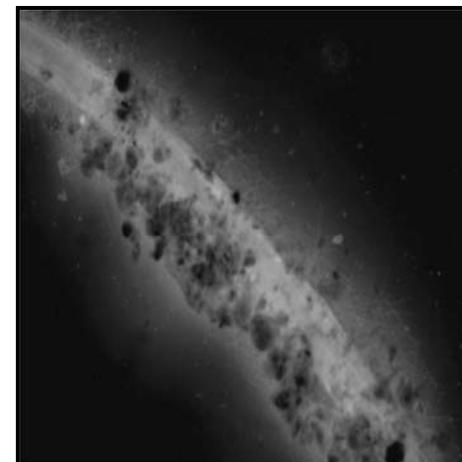


**12.2 inches
in
5.5 hours**

Soil Aggregates



Glomalin & Hyphae



Dr. Kris Nichols, Microbiologist, ARS, Mandan, ND
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Agriculture IS an effective biological process for producing a high quality food...

Agriculture IS NOT an efficient industrial process for producing a high quantity commodity...

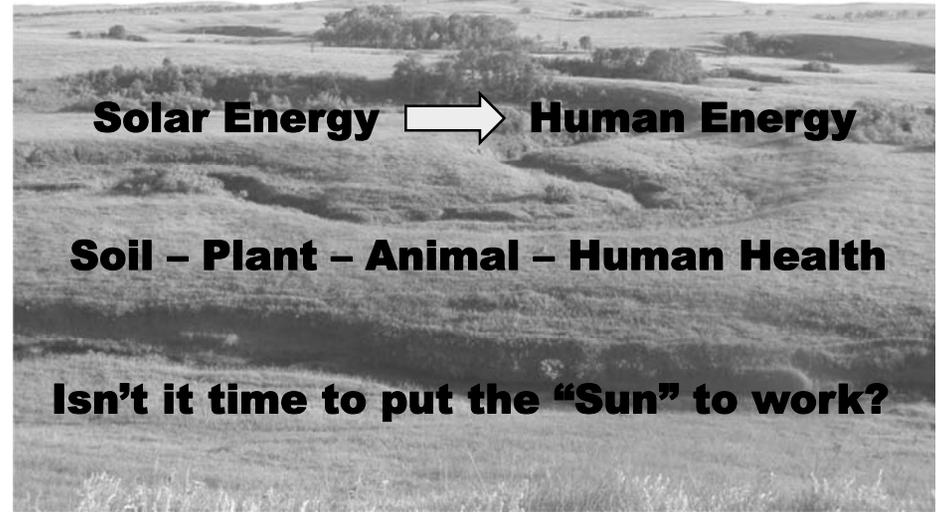


What is it that we really do anyway?

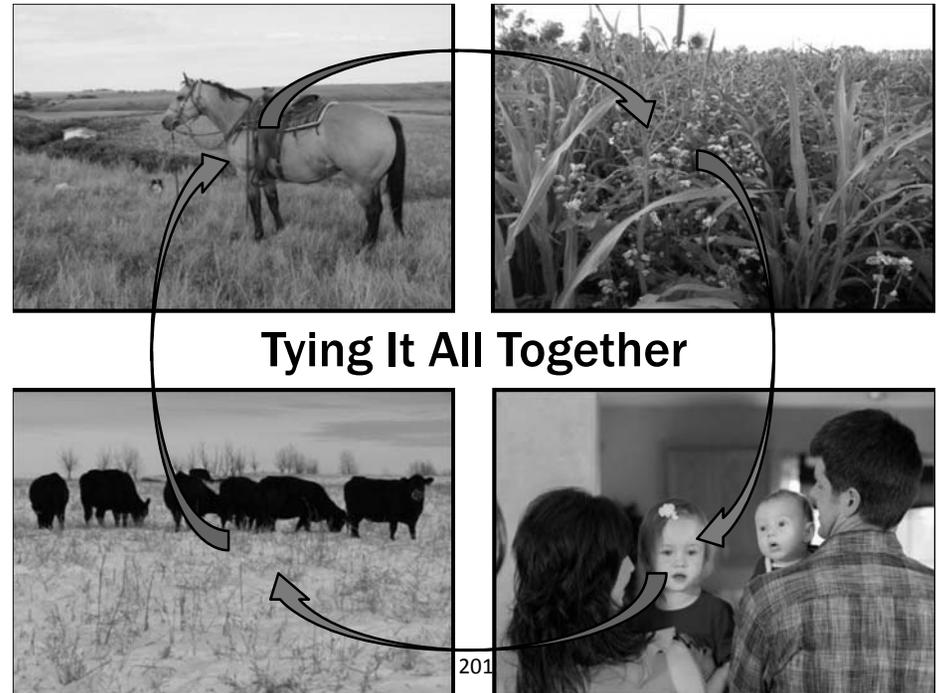
Solar Energy → Human Energy

Soil - Plant - Animal - Human Health

Isn't it time to put the "Sun" to work?



"Conservation is not enough. Regenerative management is needed to produce a sustainable future."





ESSAIS DE SCV EN GRANDES CULTURES EN MONTÉRÉGIE DEPUIS 2011: CONSTATS ET ORIENTATIONS

Sylvie Thibaudeau, agr. M.Sc.
Terre à terre agronomes-conseils
et conseillère CCAE
du bassin la Guerre

PLAN DE LA PRÉSENTATION

- INTRODUCTION
- SOL ET RACINES
- SCV
 - Définition
 - Constats et orientations
- CONCLUSION



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

INTRODUCTION

- Augmentation productivité due en grande partie à l'énergie fossile.
 - Fertilisants
 - Pesticides
 - Machineries
- Source de problèmes ...
 - Phytosanitaires
 - Environnementaux
 - Dégradation des sols
 - Diminution des rendements



Sol : milieu vivant



«*Au moins un quart de la biodiversité de la planète vit sous terre.* » FAO

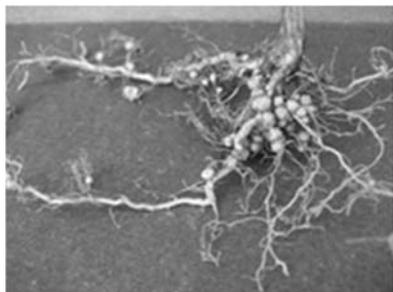
- 1 à 2 milliards de bactéries dans un dé à coudre
- 5 t/ha de vers de terre
- +++ centaines de milliers de champignons/gr sol
- Algues, nématodes, protozoaires, actinomycètes ...



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Nodules sur les racines
du soya : fixation d'azote



Filaments de champignons
mycorrhiziens sur des racines :
assimilation du phosphore



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

No lab Champ # Paramètres	SO-0272446 S,1	SO-0272447 S,2	SO-0272448 S,3	SO-0272449 16,1	SO-0272450 16,2	SO-0272451 16,3
DH (pH _{eau} AEL-ICH-008)	6,5	6,6	7,2	7,3	7,1	7,7
pH tampon (pH tampon AEL-ICH-009)	6,7	7,2	7,2	7,3	7,2	7,7
Besoin en chaux (t/ha) (VA, 100%, pH visé: 6,5)	1,8					
Matière organique (%) (coloration AEL-ICH-007)	4,8	4,9	6,1	6,3	22,5	5,2
P (t/ha) ICP AEL-ICH-005	98	49	100	75	90	88
K	500	408	526	382	421	561

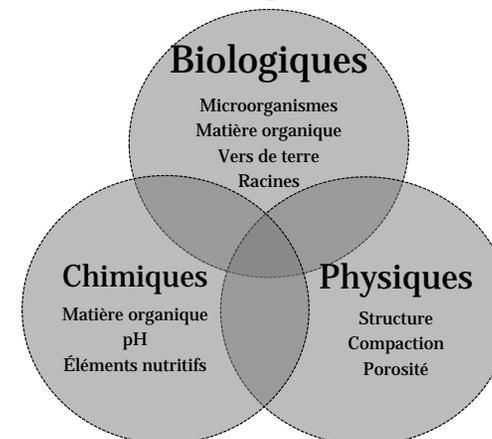
Cesser de réduire la fertilité d'un sol à la fertilisation.

Saturation en Ca (%)	58	70	72	83	78	90
Saturation en Mg (%)	17,1	16,1	17,3	9,9	13,8	7,4
Mn (ppm) ICP AEL-ICH-006	32,0	36,9	55,1	20,1	15,0	29,2
Cu (ppm) ICP AEL-ICH-006	1,6	1,5	4,5	4,1	4,1	5,0
Zn (ppm) ICP AEL-ICH-006	2,5	2,0	4,4	3,9	7,7	2,2
Bore (ppm) ICP (Bore Matisk)	0,4	0,5	1,4	1,7	2,0	1,9
Densité Estimée g/cm ³	1,08	1,10	1,04	1,06	0,82	1,04



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Les 3 composantes d'un sol en santé



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

RACINES ET RHIZOSPHERE

- Rhizosphère : zone qui entoure les racines des plantes et dans laquelle se produisent des échanges complexes entre les végétaux et les microorganismes.

- Zone à « haute densité » de microorganismes, milieu riche.

Analogie avec la microflore intestinale des animaux.



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

- **OBJECTIF** : coloniser le sol avec des racines pour en améliorer la « santé » et la productivité.

- Cultures de couverture – fin de saison
- Cultures intercalaires – durant la saison

- Annuelles
- Bisannuelles
- Vivaces



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

SCV - Semis sur couverture végétale permanente

- 3 grands principes
 - ✦ Sol couvert en permanence
 - ✦ Aucun travail du sol
 - ✦ Rotation d'une diversité d'espèces
- Introduits au Brésil par l'agronome français Lucien Séguy
- 10 millions hectares en SCV



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Visite Lucien Séguy 25 août 2011 – Richard Lamoureux Sherrington

121 participants total,
dont 91 producteurs



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Vesce, 28 septembre 2011

Luzerne et ray-grass, 28 septembre 2011



Luzerne, 20 juin 2012 (application Eragon + Pursuit le 20 mai 2012)



Luzerne, 18 juillet 2012

Luzerne + ray-grass, 18 juillet 2012



Vesce / Luzerne, 14 septembre 2012



Vesce velue, 19 septembre 2012



Luzerne, 19 septembre 2012



Lotier corniculé, 19 septembre 2012



Fétuque (élevée), 19 septembre 2012



Mélicot, 19 septembre 2012



Trèfle rivendel, 19 septembre 2012

Chicorée, saison 2012

Plantain majeur, saison 2012

Constats



- Peu ou pas d'impact positif l'année de l'implantation
- Gestion difficile la deuxième année



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Orientations



- Implantation de bisannuelles et d'annuelles en intercalaire dans le maïs
- Implantation des SCV l'année précédente
 - Intercalaire dans le soya début saison ou défoliation
 - Intercalaire dans une céréale ou à la dérobée



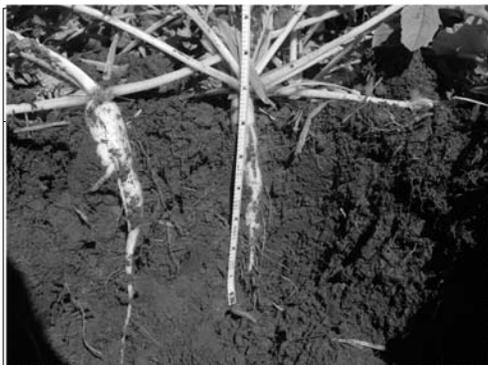
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Quelques exemples



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

RADIS



- Fort volume de végétation
- Semences peu coûteuses
- Système racinaire structurant
- Besoins importants en azote
- Semis à la volée possible
- Pas d'association avec les mycorhizes

KALES résistance au froid



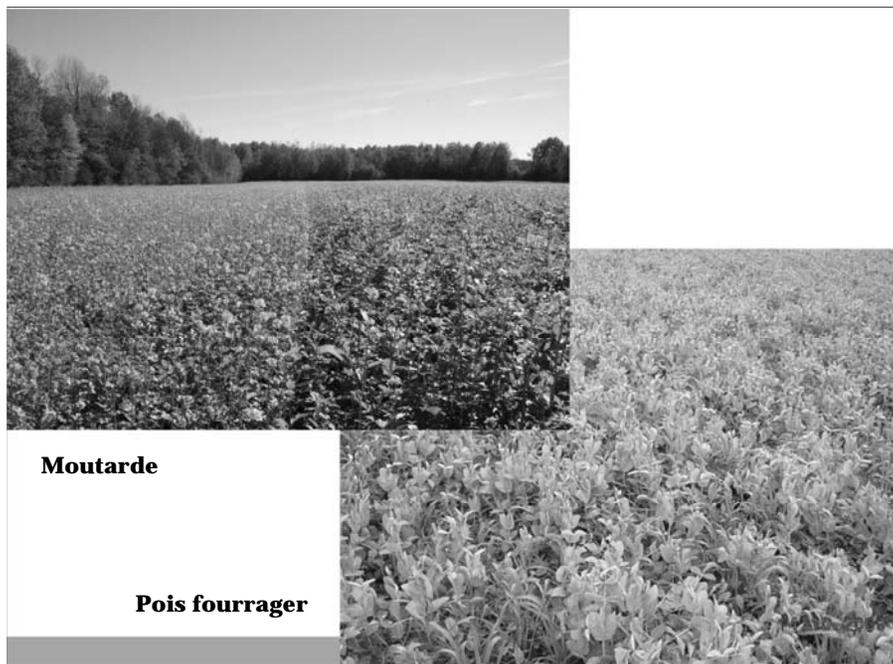
Kale Russe rouge semé après une céréale.



Hybride navet-kale semé à la défoliation dans le soya.



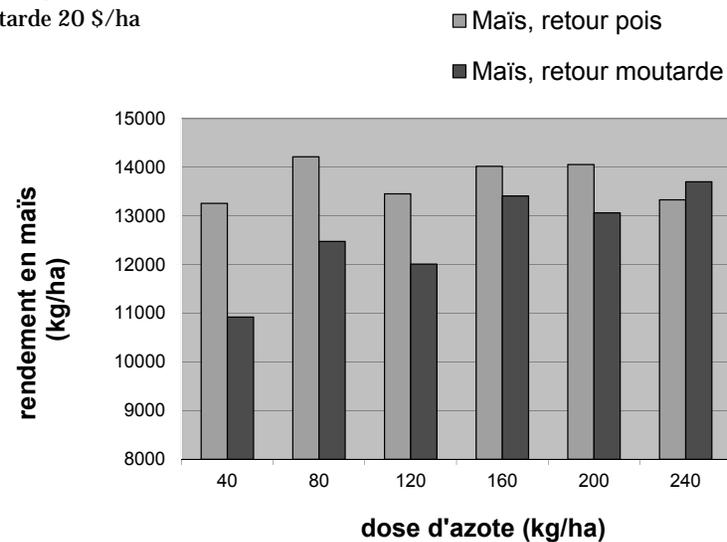
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



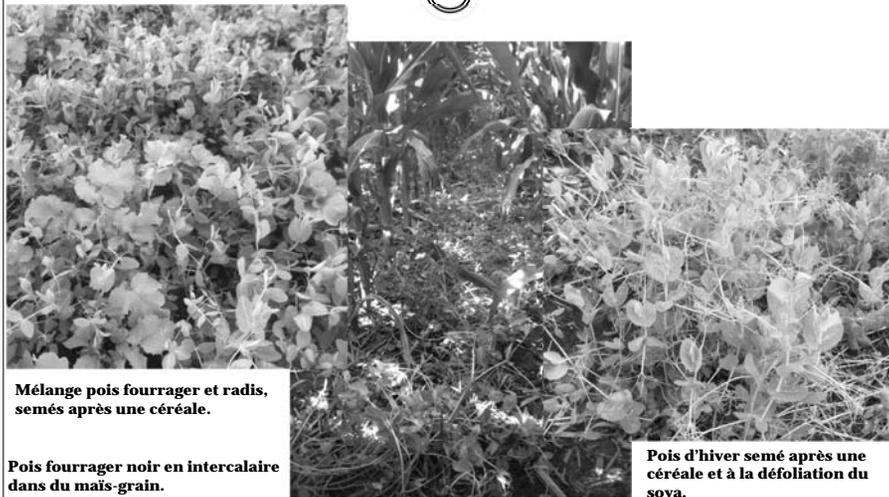
Moutarde

Pois fourrager

Coût semences:
Pois 118 \$/ha
Moutarde 20 \$/ha



POIS FOURRAGERS



Mélange pois fourrager et radis, semés après une céréale.

Pois fourrager noir en intercalaire dans du maïs-grain.

Pois d'hiver semé après une céréale et à la défoliation du soya.



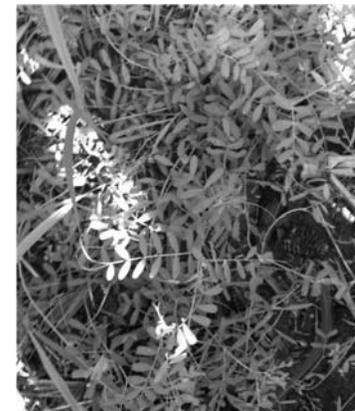
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

VESCES

Légumineuses agressives, fixent beaucoup azote
Système racinaire très développé en surface
Stimulent l'activité biologique du sol



Vesce velue en intercalaire dans du maïs-grain (bisannuelle).



Vesce Cahaba en intercalaire dans du maïs-grain (annuelle comme commune).



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

RAY-GRASS

Tolère l'ombre
Croissance faible l'été
Système racinaire profond



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



AVOINE NOIRE

**Forte biomasse
Décomposition facile
Résistance au froid**



Avoine noire semée en début de saison au site de démonstration de la ferme Chatrac.

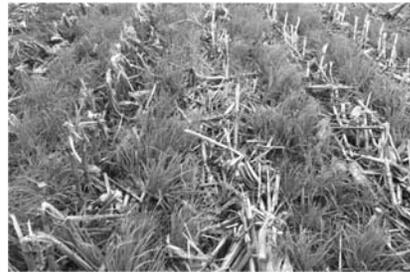


Avoine noire semée à la défoliation dans le soya.

Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Trèfle incarnat et ray-grass



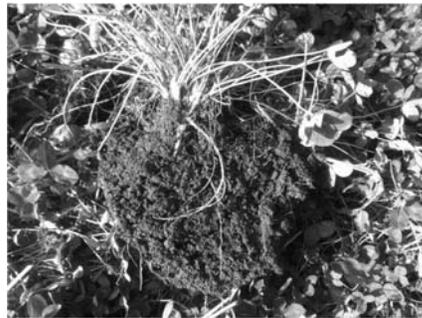
Festulolium (ray-grass X fétuque)

Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

TRÈFLES VIVACES



Trèfle rouge semé en même temps que la céréale (photo prise après la récolte de l'orge).



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

TRÈFLES INTERCALAIRES DANS LE SOYA



Trèfle Huia



Trèfle blanc nain « Dutch Cashmere »

Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

TRÈFLES ANNUELS



Trèfle incarnat



Trèfle d'Alexandrie



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

TRÈFLES ANNUELS



Trèfle souterrain



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

AUTRES ESPÈCES



Lupin annuel



Crotalaire, semée en début de saison



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Hybride sorgho herbe de Soudan

Culture de couverture de pleine saison



- Pénètre les sols compactés si fauché 1 fois
- Mieux que moutarde, seigle et luzerne en 1 an
- Allélopathique pour plusieurs mauvaises herbes

Résultats « dramatiques »
sur le rendement de la
culture suivante en 1 an

- Cornell



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Repousse du mélange sorgho – herbe
de Soudan / vesce, après la fauche et
le sous-solage.



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Racines HSHS dans le passage de
la dent de la sous-soleuse.

PHACÉLIE

Famille des hydrophyllacées
Stimule activité biologique du sol
Semences dispenseuses



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Phacélie en intercalaire dans du maïs-
grain.



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Mélange phacélie, radis et pois d'hiver,
semé après un pois de conserverie.

MÉLANGES

- ❖ Effets positifs des différentes espèces les unes sur les autres
- ❖ Établissement moins dépendant des conditions climatiques et du type de sol
- ❖ Utilisation de semences de cultures de couverture plus dispendieuses
- ❖ Plus grande biodiversité



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Mélange radis, kale, pois d'hiver et phacélie.

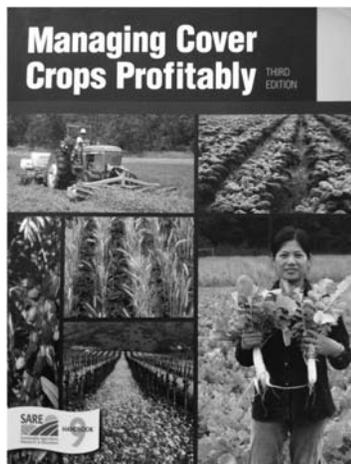


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Mélange tournesol, ray-grass, pois fourrager, phacélie, vesce commune, kale et avoine noire.

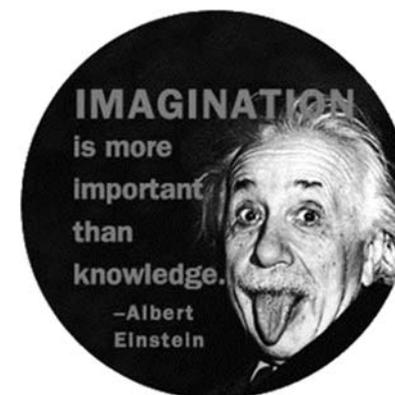
POUR EN SAVOIR PLUS



<http://www.sare.org/> Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015 <http://www.amazon.ca/>

CONCLUSION

Vers une agriculture plus « imaginative » !



MERCI !



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Conférence 2

Soya, nématodes, changements climatiques... c'est quoi le problème?

Benjamin Mimee, Ph.D., M.Sc.
Chercheur, nématologiste
et Myriam Lafrenière Landry
AAC

Les changements climatiques auront un impact certain sur l'agriculture au cours des prochaines années...

Quelle sont les prévisions pour le Québec et comment cela se traduit-il pour la culture du soya?

Quels sont les risques reliés au nématode à kyste du soya au Québec?

Quels outils de gestions sont disponibles contre ce ravageur?

Cette présentation interactive permettra d'obtenir des réponses à ces questions et de donner votre point de vue à l'aide de télévotants. Vos réponses seront recueillies d'une façon anonyme et serviront à mieux planifier le développement de stratégies d'adaptation au nématode à kyste du soya et aux changements climatiques.

Le Nématode à kyste du soya (NKS) est un ver microscopique qui parasite les racines du soya. Il est originaire d'Asie et a été introduit dans la plupart des pays producteurs de soya. Ce parasite peut réduire significativement le rendement final des cultures et serait responsable de pertes mondiales évaluées à près de 2 milliards de dollars. Présent depuis 1987 en Ontario, sa présence a été confirmée au Québec en 2013.

Dans les champs qui sont très infestés par le NKS, les symptômes apparaissent généralement deux mois après le semis, surtout à l'entrée du champ et dans les endroits sujets aux stress hydriques (élévations, baissières et sol compacté). La distribution du nématode dans un champ étant irrégulière, les symptômes sont généralement observés seulement à certains endroits, sous forme de plaques jaunes arrondies ou ovales s'allongeant dans la direction du travail du sol.

On peut souvent confondre les symptômes du NKS avec d'autres désordres tels que les carences en azote ou en potassium, les phytotoxicités dues à un herbicide, la compaction du sol, le stress hydrique ou les autres maladies à symptômes similaires. Les plants de soya infectés par le NKS sont attaqués plus fortement par les maladies fongiques, comme le syndrome de la mort subite du soya ou la pourriture brune de la tige.

Les symptômes d'une infestation par le NKS sont les suivants : rabougrissement des plants; chlorose des feuilles (jaunissement); plaques jaunes irrégulières arrondies ou ovales s'allongeant dans le sens du travail du sol dans le champ; présence de kystes blancs, jaunes ou bruns (visibles à l'oeil nu) sur les racines; réduction de la nodulation par Rhizobium; réduction du nombre de racines latérales; lenteur des rangs à se refermer sur eux-mêmes; sénescence hâtive; mort du plant (cas extrême); perte de rendement. Même en l'absence de symptômes visibles sur les plants, le rendement d'un champ peut être réduit jusqu'à 30 %.

La seule façon de confirmer la présence du nématode est de procéder à un dépistage et à l'identification des kystes par un laboratoire de diagnostic. La période idéale pour procéder au dépistage est lors de l'atteinte de la maturité du soya ou tout juste après sa récolte. C'est à ce moment que les densités de kystes sont les plus élevées et qu'il est plus probable de détecter la présence du NKS dans un champ. La méthode pour prélever un échantillon de sol consiste à prélever 25 échantillons de sol près des plants à l'aide d'une truelle sur une superficie d'environ 2 ha à une profondeur de 0 à 20 cm (faire des zigzags pour couvrir une partie représentative de la zone). Mélanger l'ensemble des échantillons dans une chaudière. Récupérer environ un litre de sol et verser dans un sac de plastique étanche bien identifié avec le nom du producteur, l'adresse du lieu de prélèvement et la date du prélèvement. Conserver l'échantillon au réfrigérateur et à l'abri des rayons du soleil jusqu'à son envoi.

Stratégie d'intervention

Les larves du NKS se déplacent seulement de quelques centimètres par année dans le sol. Par contre, le déplacement des machineries agricoles souillées par de la terre contaminée d'un champ à un autre favorisera une dissémination du NKS plus rapide que les facteurs naturels comme l'eau et le vent. Une fois introduit dans un champ, il est impossible d'éradiquer le NKS, mais la production peut demeurer rentable en adoptant des bonnes pratiques de gestion.

La rotation avec des plantes non hôtes et l'utilisation de cultivars résistants sont actuellement la stratégie la plus efficace pour maîtriser ce parasite et maintenir les rendements. Des rotations fréquentes avec le maïs et les céréales permettront de maintenir les populations à des niveaux très faibles. Plusieurs cultivars de soya résistants au NKS sont aussi disponibles pour les groupes de maturité utilisés au Québec.

La lutte aux mauvaises herbes doit être très rigoureuse dans les champs diagnostiqués avec la présence du NKS puisque plus de 23 familles de mauvaises herbes peuvent servir de plantes hôtes. Les études montrent que les populations de NKS réagissent de façons différentes aux espèces de mauvaises herbes. Il apparaît qu'en fin de saison ou en absence de soya, les mauvaises herbes annuelles hivernantes comme la céréaiste vulgaire (*Cerastium fontanum*), la stellaire moyenne (*Stellaria media*), la bourse-à-pasteur (*Capsella bursa-pastoris*) et le tabouret des champs (*Thlaspi arvense*) favorisent le maintien des populations du NKS. Dans un champ où la présence de NKS n'a pas été vérifiée ou confirmée, une répression adéquate des mauvaises herbes peut retarder l'implantation du NKS ou limiter la prolifération d'une population trop faible pour être diagnostiquée.

Il est également fortement recommandé de procéder à un nettoyage en profondeur des machineries et équipements après leur utilisation dans un champ contaminé afin de limiter la dispersion du NKS et de travailler les champs non contaminés avant les champs contaminés.

What Insects Tell Us About the Health of our Soils



Thomas M. Dykstra, Ph.D.

IFAO Conference
Saint-Hyacinthe, Quebec, CAN
January 6, 2015

Dykstra Laboratories, Inc.
3499 NW 97th Blvd., Suite 6
Gainesville, FL 32606
USA

Insects only feed upon food that is considered unfit, nutritionally poor, dead, or dying.

Insects do not compete with man for food

Elephant dung beetles feed on elephant dung.



<http://pedro-in-spain.blogspot.com/2011/02/when-in-my-eland-moose-southern-africa.html>

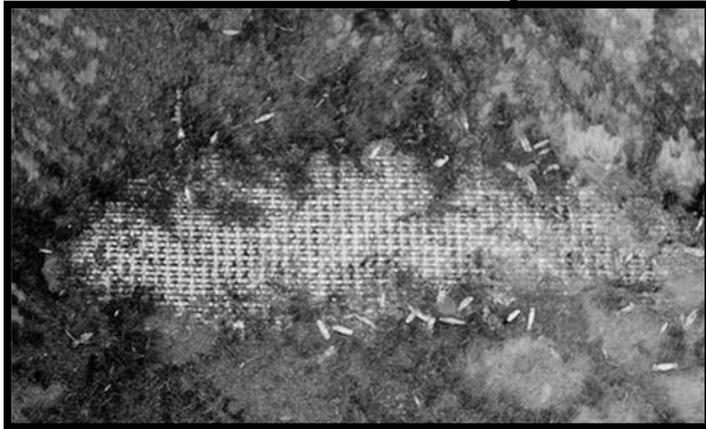
Subterranean termites feed almost predominantly on dead wood



Clothes moths



epestsupply.com



nachi.org

Dermostid beetles eat decaying meat and hair off bones as well as the dead insects in my insect collection.



<http://www.wattsskulls.com/about.html>

Many flies similarly lay eggs only on carrion.

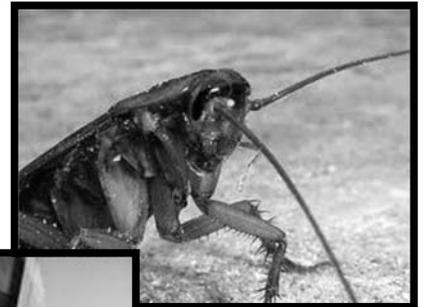


informedfarmers.com



bogleech.com

Cockroaches



massappealnews.com



flennerpestcontrol.com

-Fruit flies are found around overripe fruits, vegetables, and other organic foods that are damaged, fermenting, or in an otherwise state of decay.

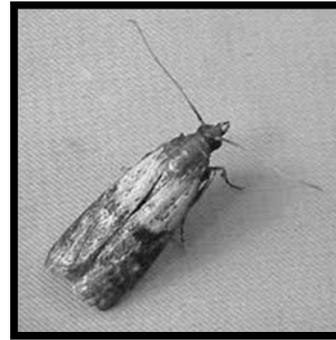


www.colintosh.webs.com/



Abc.net.au

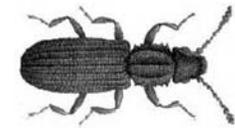
-Stored product insects attack food after it begins to "die". They do not usually attack this commodity while still out in the field.



Flickr.com



Myrmecos.net



Copesan.com

Tropical rainforest



Monoculture



<http://permaculturenews.org>

What constitutes a healthy plant?



Gardeningtipsandguide.blogspot.com

What constitutes a healthy plant?

Is it tall?



Greatgardenplantsblog.com

What constitutes a healthy plant?

Is it tall?

Does it grow fast?



Bambooandtikis.com

What constitutes a healthy plant?

Is it tall?

Does it grow fast?

Is it green?

Is it dark green?



Hort.purdue.edu

What constitutes a healthy plant?

Is it tall?

Is it green?

Will it flower (angiosperms)?

Does it grow fast?

Is it dark green?



Hallsgarden.com

What constitutes a healthy plant?

Is it tall?

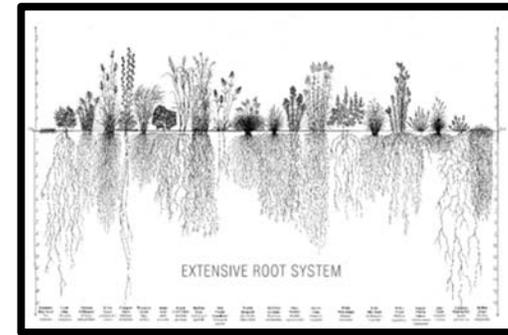
Is it green?

Will it flower (angiosperms)?

Does it have a good root system?

Does it grow fast?

Is it dark green?



Ohare.com

What constitutes a healthy plant?

Is it tall?

Is it green?

Will it flower (angiosperms)?

Does it have a good root system?

Does it grow even?

Does it grow fast?

Is it dark green?



What constitutes a healthy plant?

Is it tall?

Is it green?

Will it flower (angiosperms)?

Does it have a good root system?

Does it grow even?

It is healthy because I grow it myself in "my" garden or on "my" porch.

Does it grow fast?

Is it dark green?



Hgtv.com

The best way to determine plant health is to determine how well it is photosynthesizing. The single best way to test photosynthetic rate is with a refractometer.

Brix refractometers



Brix refractometer



- High brix produce is sweeter tasting and more minerally nutritious, and maintain better storage characteristics.
- Crops with a higher sugar content will also have a lower freezing point, with an associated protection against frost damage. Brix levels are also an indication of soil fertility. Low brix plants are inevitably a reflection of poor mineralization.

Brix refractometer



The Economic Threshold for a given crop is the insect level (as measured by population on a plant) where a “control measure” (such as an insecticide) is usually warranted in order to prevent excessive damage.

At a Brix of 12, the crop will not be seriously injured by insect activity, such as feeding or oviposition. In effect, the Economic Injury Level (EIL) will not be exceeded in any plant with a leaf Brix of 12. In other words, insects can be present, but they are not causing enough damage to do anything about it.

Brix refractometer



Factors influencing Brix levels:

There are several environmental and nutritional factors that can affect Brix readings, and these must be factored in when analyzing Brix results.

- Storms or impending weather changes will lower readings, i.e. the plant translocates sugars to the roots when anticipating periods of stress.
- Droughts can raise the reading, since the water content is low and the plant juices are more concentrated.
- Several consecutive cloudy days will cause Brix levels to drop, i.e. sunlight is required for photosynthesis and plant sugar production.
- The lower the humus content of the soil, the faster the Brix readings will drop following a prolonged cloudy or rainy period.

Brix refractometer



Factors influencing brix levels: cont'd

Brix levels should remain uniform throughout the plant.

There should always be a variation in brix levels at different times of the day. Plants translocate sugars to the roots at night, and early morning readings should always be lower than afternoon readings, when the sugars are back in the leaves. If there is no variation in brix levels during the day, then a blockage is the likely cause.

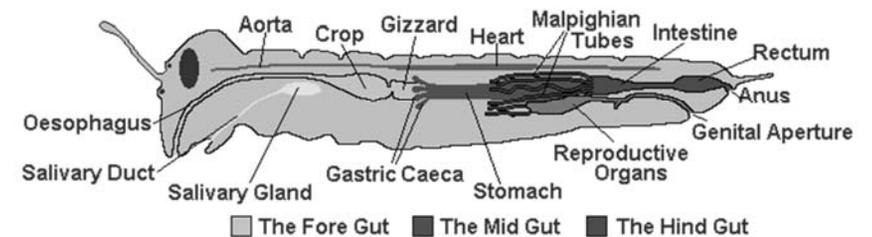
Pea aphid

Acyrthosiphon pisum



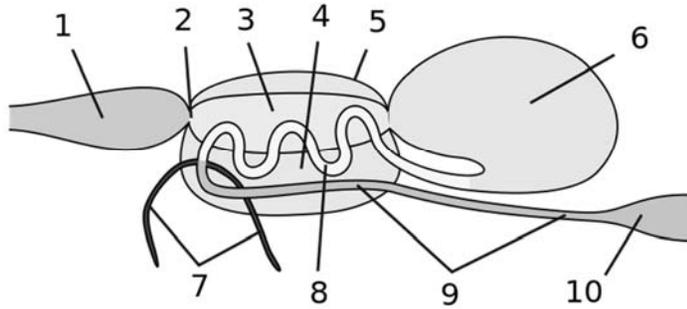
Wikipedia

The Insect Gut (Digestion and Reproduction)



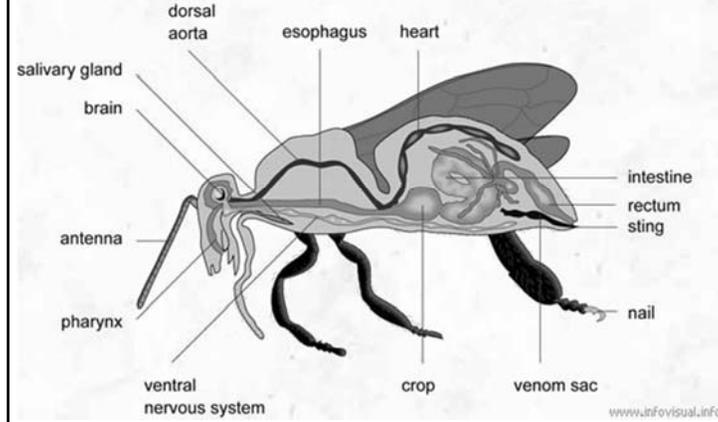
earthlife.net

Homopteran Filter Chamber



Wikipedia

INTERNAL ANATOMY OF A BEE



The Visual Dictionary

http://www.infovisual.info/02/042_en.html

Copyright © 2005-2011 - Bernard Dery. All rights reserved.

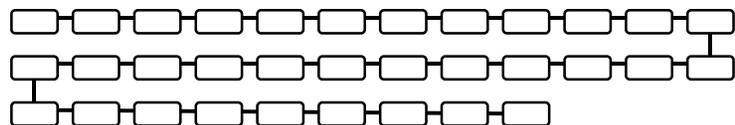
Ants

Sugar ants

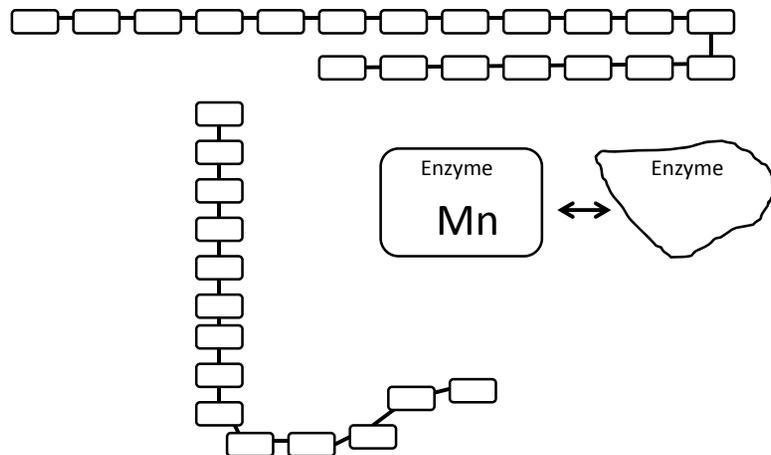


<http://hqwallbase.com>

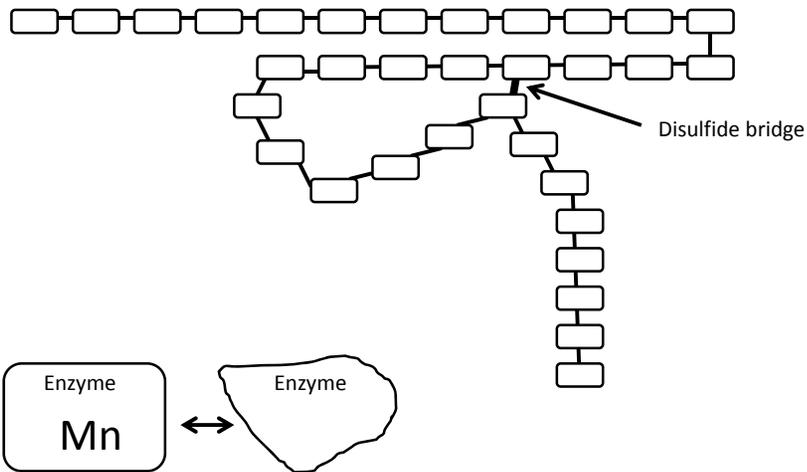
Representative nucleotide (protein) composed of 33 amino acids



Representative nucleotide (protein) composed of 33 amino acids

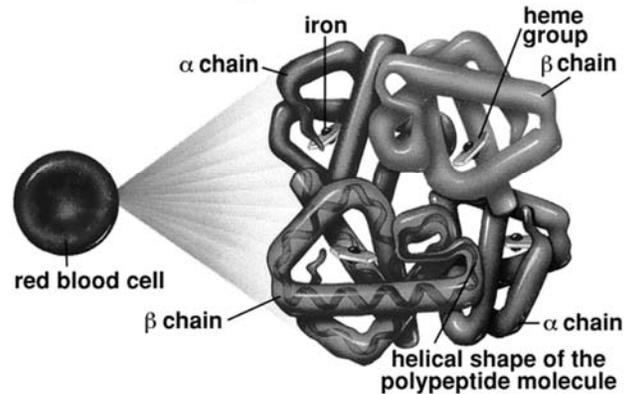


Representative polypeptide (protein) composed of 33 amino acids

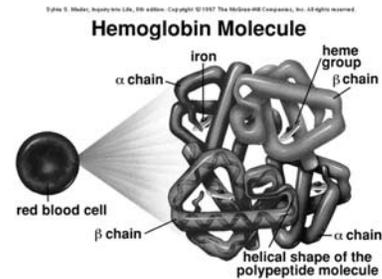


Sylvia S. Mader, Inquiry into Life, 8th edition. Copyright © 1997 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

Hemoglobin Molecule



Once the mRNA is formed, it leaves the nuclear membrane, travels to the endoplasmic reticulum (where protein formation often occurs) and nucleotides are formed. Enzymes are necessary in order to bring these nucleotides together in order to form a polypeptide. They must connect with one another in the right way, and then the 3-dimensional structure of the protein will be dictated by further enzymes. Since many enzymes use mineral cofactors, a mineral deficiency creates an incomplete protein, or a malformed protein. These proteins are more digestible since they are not “complete”.



Dissolved nutrients

Major plant nutrients

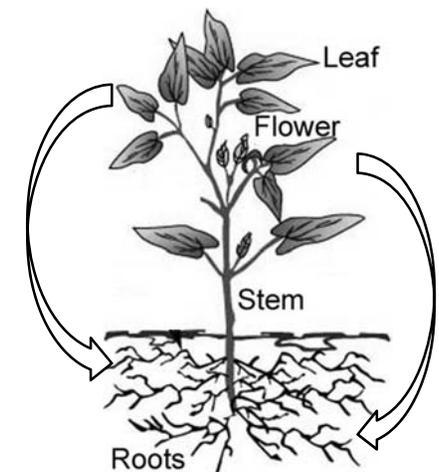
N, P, K, Ca, Mg, S

Minor plant nutrients

Zn, Se, B, Mn, Fe, Cu, Na, Co, I, Mo

If any of these macronutrients or micronutrients are missing or somehow compromised in an agricultural system, the plant's health is compromised as it is now unable to create a complete plant or a healthy plant. Insects can only eat plants that are digestible to their particular digestive system.

About 50% of plant sap sugars are sent down to the roots and exuded into the soil.



There are bark beetles that will attack only one species of tree, and often only one variety, white pine, for example, but no lodge-pole pine. Sometimes a particular kind of tree will be attacked only when it is already over-age, or sick, or weakened in some way. The weakening may be brought about by a fungus or virus disease, or even by the attacks of another kind of insect. Often the difference between the healthy tree and the weakened one is too slight to be seen unless attention is drawn to it by the actions of the insects.

Dr. Robert Wright, *The Science of Smell* (1964), p. 28

ESA meeting 2007- San Diego

Living with emerald ash borer: Larger, older trees attacked first

Tara L. Eberhart, tleberha@mtu.edu and Andrew J. Storer, storer@mtu.edu. Michigan Technological University, School of Forest Resources and Environmental Science, 1400 Townsend Dr, Houghton, MI

Tens of millions of trees have died "due" to this pest.

Due to insect or man?

Ash trees in general may live up to 200-300 years

Green ash- 100-120 years



Oehlschlager, C.O., C. Chinchilla, G. Castillo, and I. Gonzalez (2002) Control of red ring disease by mass trapping of *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae). *Fla. Entomol.* 85(3):507-513.

Most common form of infestation from these beetles comes from wind and lightning strike damage. Additionally, after cutting down a tree, it is usually sprayed with an insecticide because beetles converge upon these felled trees in larger numbers.



www.chemtica.com

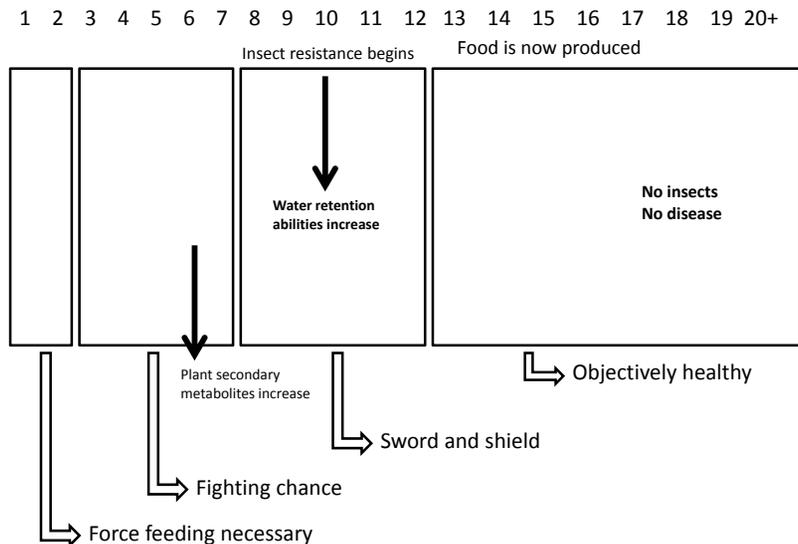


<http://pinecrestgardenguy.blogspot.com/2011/07/rise-and-fall-of-palms-in-south-florida.html>

They don't usually kill palms, but their feeding damage can attract palmetto weevils, which generally prefer damaged or dying palms rather than healthy ones.

UF Entomology Dept
newsletter- Feb 2014

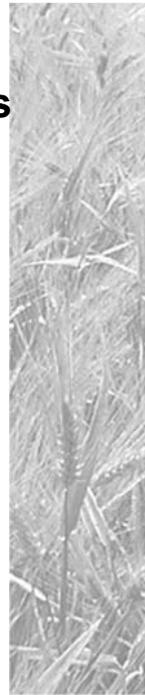
Brix chart- generalized markers



Effets des rotations sur les rendements

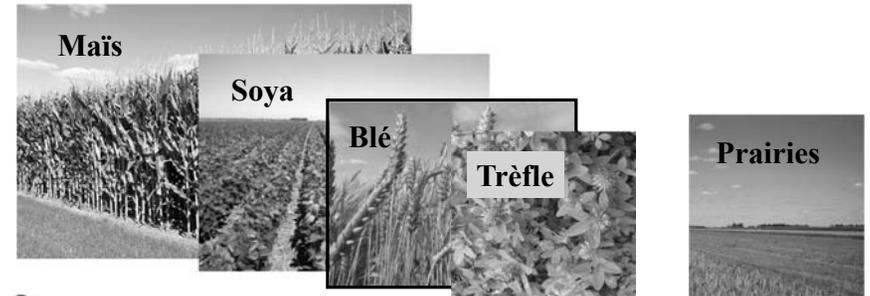
Anne Vanasse, agr., Ph.D. 

Coll.: Gilles Tremblay, agr., M.Sc.



Plan de conférence

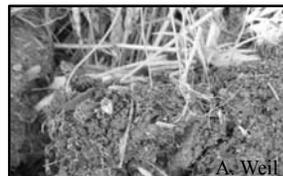
- ❖ Comment définir l'effet rotation et ses avantages?
- ❖ Effets des rotations sur les sols (COS) et les maladies
- ❖ Effets des rotations sur le rendement:
 - Revue de littérature (études longue durée, Can., É-U., Qc)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

“L'effet rotation”

- ❖ Effet bénéfique persistant de la culture précédente ou interruption des impacts négatifs de la monoculture
(Crookston et al., 1991)
- ❖ Effet rotation: combinaison d'effets bénéfiques
 - ❖ Cultures diversifiées = différents systèmes racinaires (fasciculés, pivotants, exploite N-P-K dans ≠ horizons)
 - ❖ Effets sur la fertilité (m.o., activité biologique) et la structure du sol (agrégats, porosité)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Effet sur le carbone organique (COS) du sol

- ❖ Méta-analyse sur des études de longue durée en Ontario: effet de la rotation vs monoculture de maïs sur le COS
- ❖ Augmentation relative du COS suite à la rotation:
 - 2 à 11 % (0-10 cm) et de 2,3 à 5,6 % (0-20 cm)
 - 0,7 à 23 % (0-45 cm) selon les sites
- ❖ Site avec rotation de maïs avec luzerne: effet + imp. sur COS en profondeur (racines de luzerne) que rotation maïs-soya-blé (avec ou sans TR) (effet à 0-20 cm)



Congreves et al., 2014



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Effet sur le carbone organique du sol

❖ Site d'Elora en Ontario:

- les plus faibles taux de COS obtenus avec maïs-soya
- En gén., + de COS avec rotations que monoculture (maïs) mais COS ↓ lorsque le soya remplace le maïs.
- Diminution due à la réduction dans la quantité de résidus (aériens et racinaires) et au plus faible ratio C/N des résidus de soya vs ceux du maïs.
- **Autres facteurs qui expliquent + de COS avec rotations:** la réduction des maladies et des insectes peut contribuer à l'augmentation des rendements et à un retour de + de résidus et racines au sol.

Congreves et al., 2014

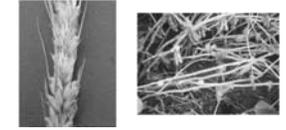


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

L'effet rotation sur les maladies

Réduction de l'incidence des maladies et insectes:

❖ ↓ fusariose de l'épi, sclérotinia



❖ Pourritures racinaires:

- + de maladies des racines du maïs et du soya avec monoculture de 2 ans et + ou rotation courte (MM, MS)
- Rotation (ex: MSB) vs monoculture de 2 ans et +:
 - Mais: 6,8% + de rendement (labour); 7,7% (chisel)
 - Soya: 6,3% + de rendement (labour); 3,5% (chisel)
- Soya: meilleur rendement avec 2 ans sans soya

(Pouleur et Comeau, 2011)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

L'effet rotation sur les maladies

Étude sur les pourritures racinaires: effet sur l'efficacité (N)

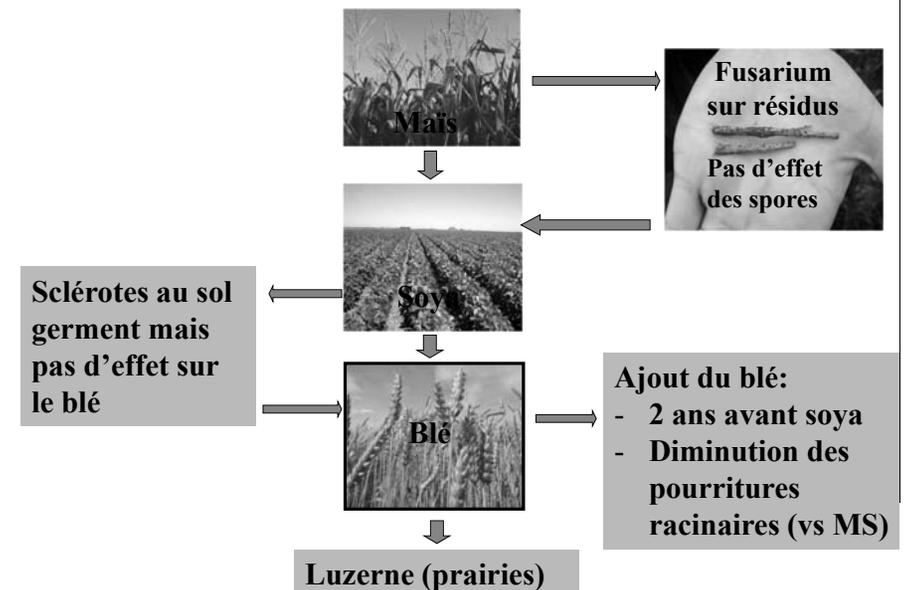
- Plus de rdt maïs/kg N ds la rotation qu'en monoculture
- Monoculture de maïs (chisel): 16,5 kg N/t (160 N / 9,7 t/ha)
- Maïs-soya-blé (labour): 14,3 kg N/t (160 N / 11,2 t/ha)
- **Maladies:** racines moins efficaces à prélever le N
- **Chez les céréales:** pas d'effet visible de pourritures racinaires mais monoculture 2 ans et + augmentent les maladies foliaires

(Pouleur et Comeau, 2011)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

L'effet des rotations sur les maladies: réduire l'inoculum



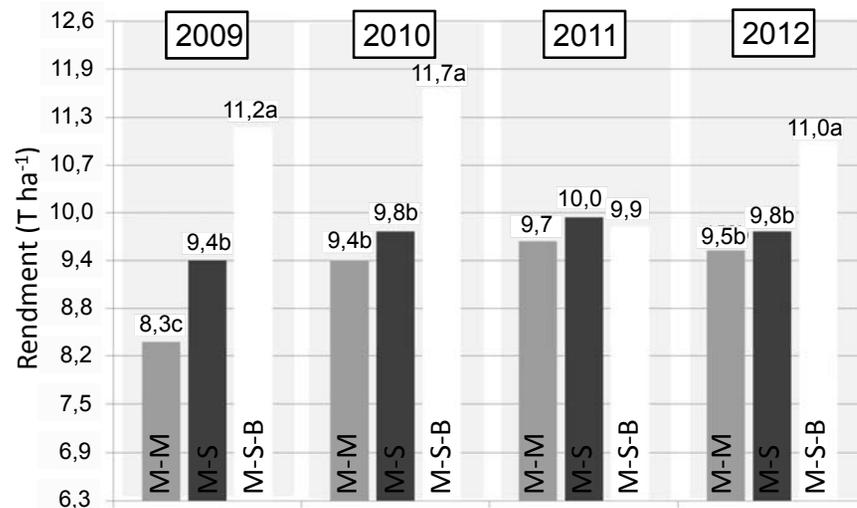
Effet des rotations sur le rendement

- ❖ Rotation **Maïs-soya**: hausse de rendement: 5-27 % (maïs) et 5-17 % (soya) vs monoculture (avec fertilisation N)
 - ❖ Rotation **Maïs-soya-blé d'automne**:
 - Gain de 12 % en maïs et de 10 % en soya vs Maïs-Soya (Moyenne sur 4 ans: 2009 à 2012)
 - ❖ Rotation **Maïs-soya-blé d'automne/ Trèfle rouge**:
 - Gain de 5 % de plus (moyenne sur 3 ans: 2010-2012)
- (Hooker et Deen, 2013)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

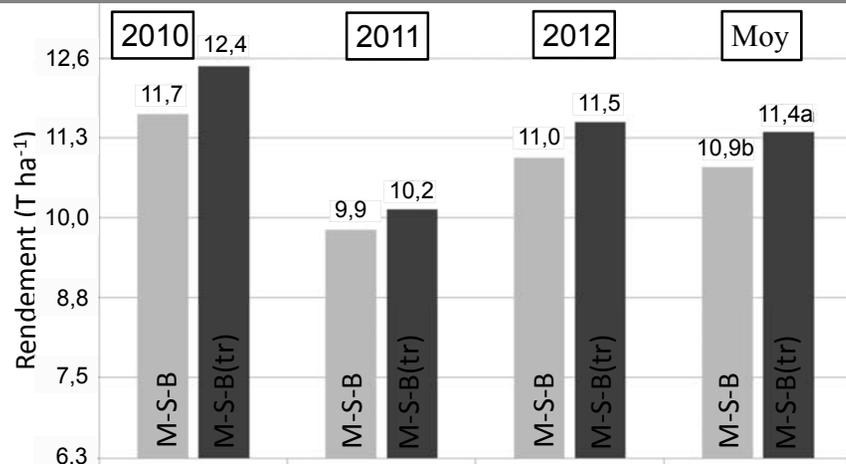
Rendement en maïs selon 3 rotations (Ridgetown 2009-12)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Hooker et Deen, 2013

Rendement en maïs selon rotation avec ou sans EV de TR (Ridgetown 2010-12)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Hooker et Deen, 2013

Effet des rotations sur le rendement en maïs selon la fertilisation en N (2009-2012)

Rotation	0 N	60 N	120 N	180 N
	(t/ha)			
Soya-Maïs	6,0	9,0	10,7	11,4
Soya-Baut-Maïs	8,7	10,9	11,7	12,1
Soya-Baut/Tr-Maïs	9,2	12,3	12,8	12,3



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Hooker et Deen, 2013

Effet des rotations sur le rendement

❖ Rotation et travail du sol

❖ Étude en Ontario (Elora- moy. 2008-2010)

Rendement en maïs (t/ha)

Rotation	Labour	Semis direct
Mais-mais-mais-mais	10,1	9,1
Mais-soya-soya-mais	11,2	10,1
Mais-Av/Tr-O/Tr-Mais	11,5	11,9 ←

Munkholm et al., 2013



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Effet des rotations sur le rendement

Rotation et système de production

Étude 16 ans (Minnesota):

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

Systèmes de culture:

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

Coulter et coll., 2011



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

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



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Effet des rotations sur le rendement

❖ Rotation avec prairies (légumineuses):

❖ Étude de Grover et al. (2009) (É-U): moyenne 1990-2005

- ❖ Maïs - Maïs: 9,7 t/ha
- ❖ Soya - Maïs: 10,2 t/ha
- ❖ 4 ans Maïs - 4 ans luzerne: 10,9 t/ha (aug. de 7 à 12 %)

Rendement en maïs (t/ha) en 1995 (moins bonne année)

Rotation	N minéral	Lisier bovins
Mais - Mais	4,9	5,4
Soya - Maïs	5,7	5,9
4 Maïs - 4 Luzerne	6,8 ←	7,2 ←

19 -
39%



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Effet des rotations sur le rendement

Étude de Stanger et Lauer (2008) (É-U): 1990-2004

Rendement en maïs (t/ha)

Rotation	0 N	56 N	112 N	224 N
Mais - Mais	3,3	5,6	8,2	9,1
Soya - Maïs	7,1	8,8	9,9	10,1
Luzerne - Maïs	8,5	9,8	10,4	10,7
<u>M</u> -M-A/L-L-L	9,9	10,6	10,7	10,8
M- <u>M</u> -A/L-L-L	7,2	8,9	9,4	9,9



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

CÉROM: Rotation de longue durée

- ❖ Début: 2008
- ❖ Site: Saint-Mathieu-de-Beloeil
- ❖ Série: St-Urbain (UB5)
- ❖ pH eau: 7,0
- ❖ P_{M3} : 113 kg/ha
- ❖ P/AI : 4,7
- ❖ K_{M3} : 1010 kg/ha
- ❖ M.O. : 5,1 %



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

CÉROM: Rotation de longue durée

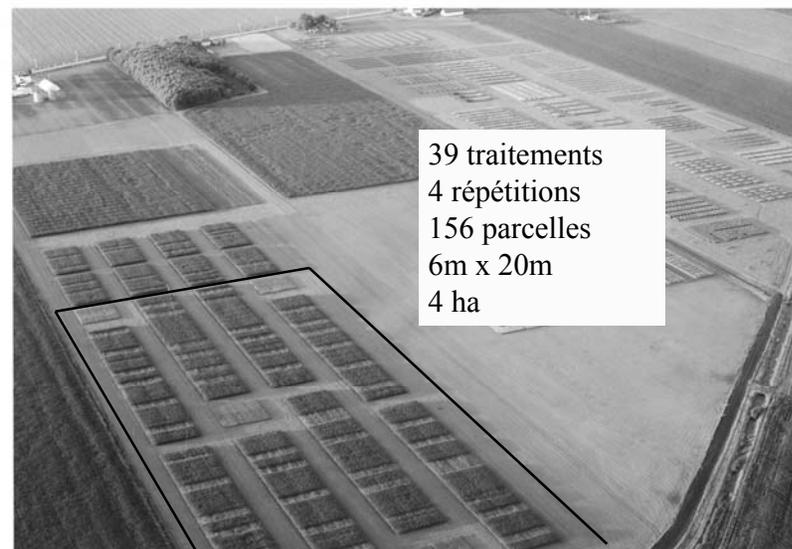
- ❖ 1. Rotations (4)
- ❖ 2. Travail du sol (2)
- ❖ 3. Fertilisation (3)
- ❖ 4. Résidus (2)

- ❖ R1. Maïs(M), Soya(S), Blé(B) (3 ans)
- ❖ R2. MSB, Prairie(P), PP (6 ans)
- ❖ R3. MMM
- ❖ R4. PPP



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

CÉROM: Rotation de longue durée



39 traitements
4 répétitions
156 parcelles
6m x 20m
4 ha



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

CÉROM: Rotation de longue durée



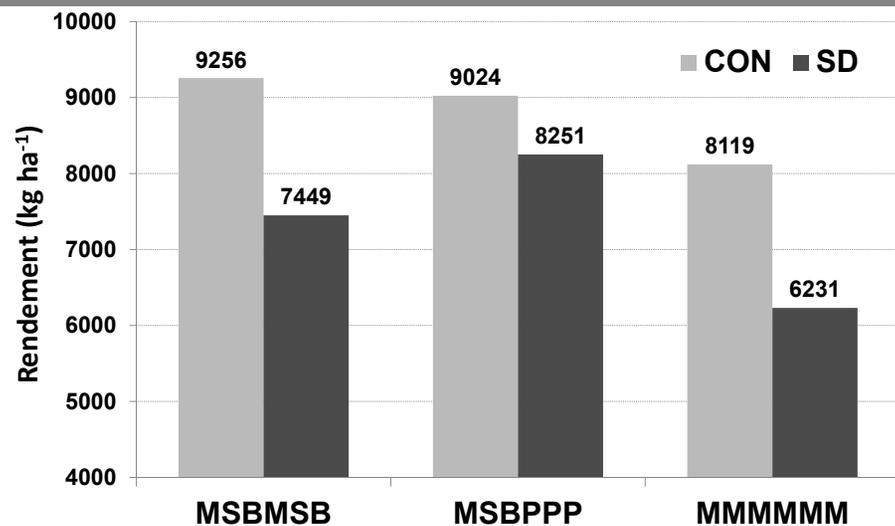
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

CÉROM: Rotation de longue durée

- ❖ Résultats 2014
- ❖ R1, R2 et R3 en maïs-grain
- ❖ Régies conventionnelle et SD
- ❖ Fertilisation minérale
- ❖ Résidus intégrés
- ❖ Rendements en grains
- ❖ Teneur en eau des grains
- ❖ Poids spécifique des grains
- ❖ Récolté le 20 octobre

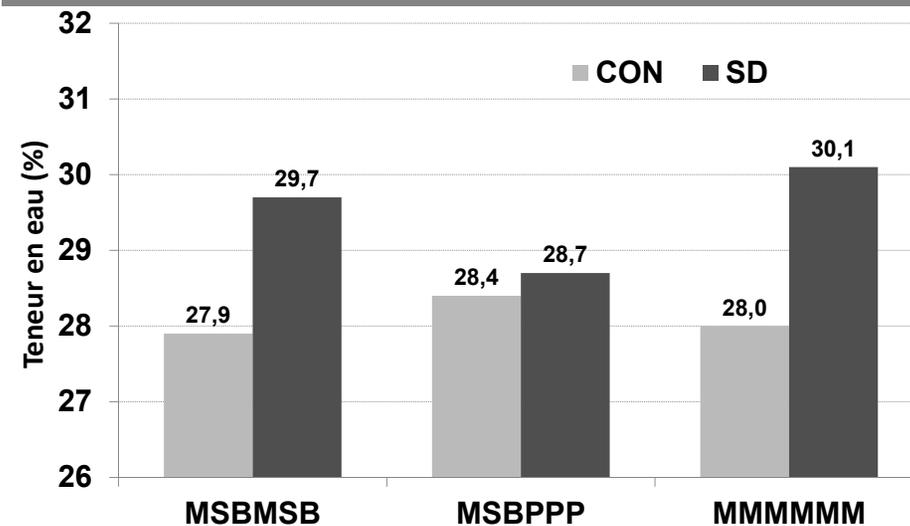
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Rendement en maïs-grain selon rotation
(Saint-Mathieu-de-Beloeil 2014)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

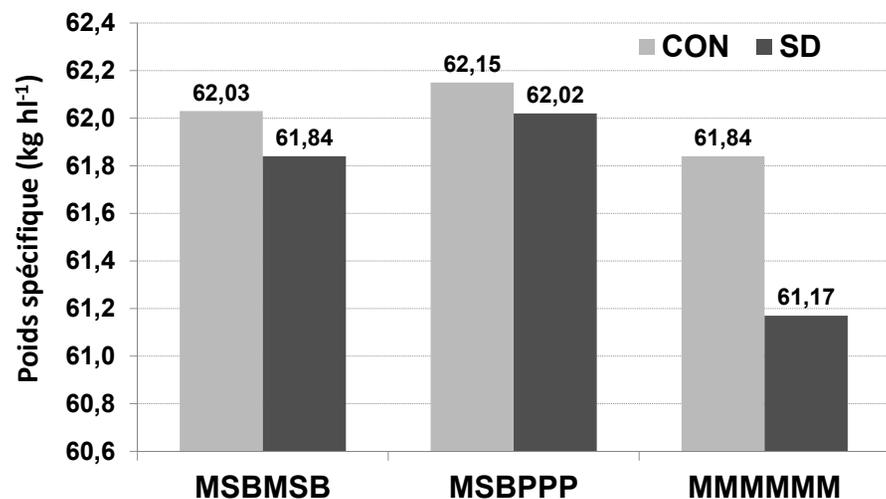
Teneur en eau des grains selon rotation
(Saint-Mathieu-de-Beloeil 2014)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Poids spécifique des grains selon rotation

(Saint-Mathieu-de-Beloeil 2014)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

CÉROM: Rotation de longue durée

❖ Évaluation de la stabilité des agrégats du sol

- ❖ Septembre 2013 (cycle complet)
- ❖ Toutes les unités expérimentales
- ❖ Horizon 0-7,5 cm
- ❖ Méthode Angers et al. (2008)
- ❖ Diamètre moyen pondéré (DMP)
- ❖ Analyse de variance



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

CÉROM: Rotation de longue durée

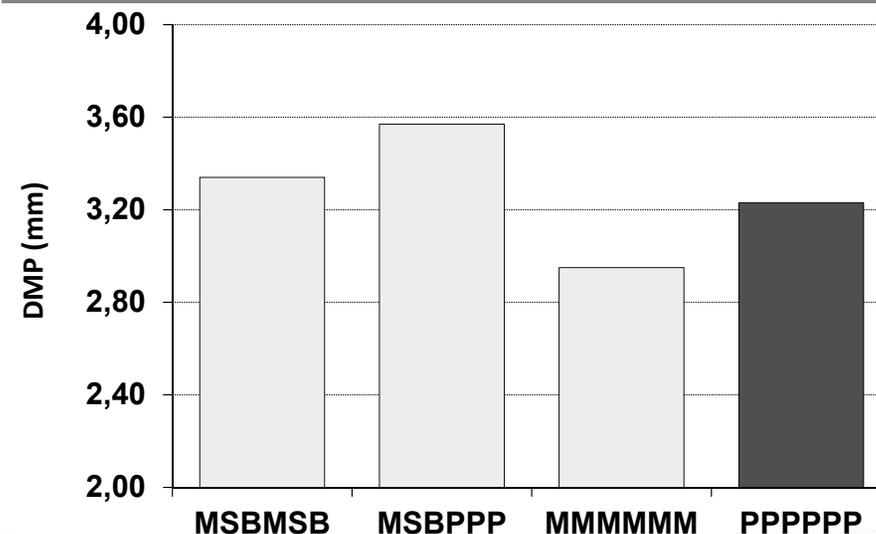
❖ Évaluation de la stabilité des agrégats du sol



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Stabilité des agrégats du sol selon rotation

(Saint-Mathieu-de-Beloeil 2013)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Effets des systèmes et la qualité du sol

- ❖ Le changement dans le taux de carbone organique d'un sol peut prendre **6 à 10 ans** avant d'être détecté (niveau de confiance: **90%**).

(Smith, 2004)

- ❖ Il a été estimé que le taux de séquestration du carbone organique du sol établit un nouvel équilibre en **15-20 ans** lorsqu'on compare le travail conventionnel et le semis direct.
- ❖ L'accumulation de carbone organique du sol atteint un état stable après **25-30 ans** en SD.

(West et Post, 2002; Alvarez, 2005)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Conclusions

- ❖ L'effet rotation est une réalité, qui se traduit par de multiples avantages (sol, phytoprotection, rendement)
- ❖ Effets sur les rendements variables d'une année à l'autre mais permet de réduire les effets des aléas climatiques
- ❖ Avantages des rotations à 3 cultures (MSB) pour diminuer les maladies racinaires (M,S) et maladies foliaires (céréales)
- ❖ Avantage d'introduire une prairie (légumineuse)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Questions??



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Pratiques de Conservation: Émissions de NH₃ et de N₂O par les sols

Philippe Rochette
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Québec



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Pratiques de Conservation

« A concept for resource-saving agricultural crop production that strives to achieve acceptable profits together with high and sustained production levels while concurrently conserving the environment »

(F.A.O., 2007)

Bien que l'agriculture de conservation visent tous les aspects environnementaux, la plupart des pratiques touchent des problèmes reliés à la qualité des sol et de l'eau

Quels sont les impacts des pratiques de conservation sur les émissions de NH₃ et de N₂O?
Comment pouvons-nous les minimiser?

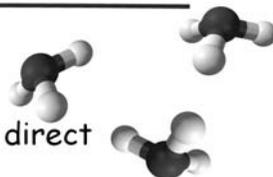


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Sommaire de la Présentation

NH₃

- Production
- Gestion de l'azote dans le semis direct
 - Injection
 - Résidus de culture
 - Inhibiteurs d'uréase



N₂O

- Production
- Pratiques de Conservation :
 - Semis direct
 - Fertilisation azotée
 - Légumineuses
 - Cultures de couverture



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Volatilisation de l'Ammoniac, de Gros Chiffres!



Au Canada, les pertes ont été
495, 000, 000 kg en 2012

À 1\$ le kg...

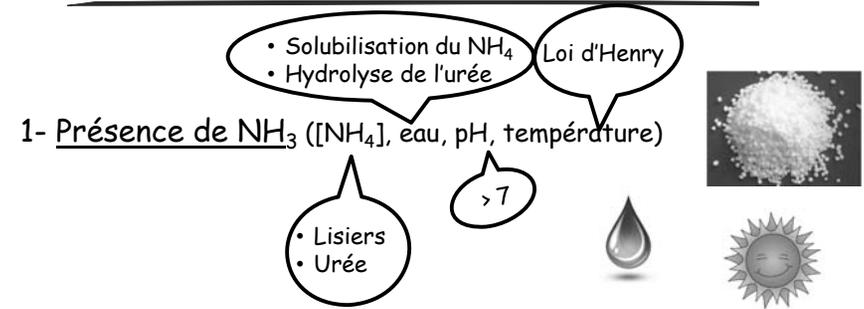


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

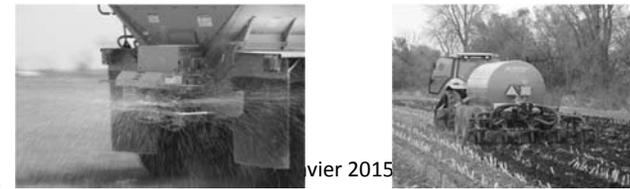
Pourquoi se préoccuper du NH₃?

- ✓ Rendements des cultures
- ✓ \$\$\$
- ✓ Environnement
- ✓ Santé humaine (maladies respiratoires)

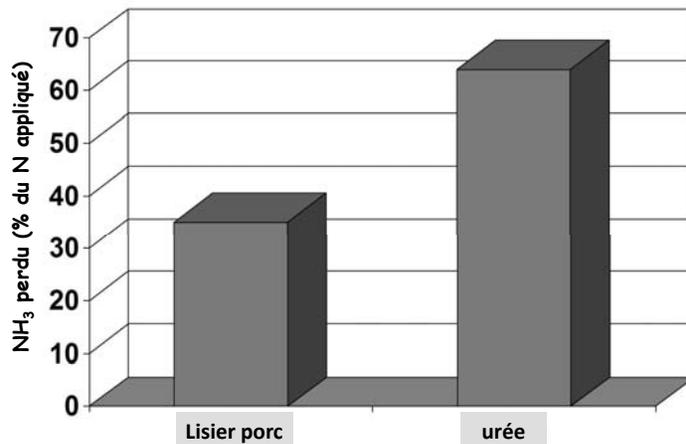
Deux conditions nécessaires à la volatilisation du NH₃



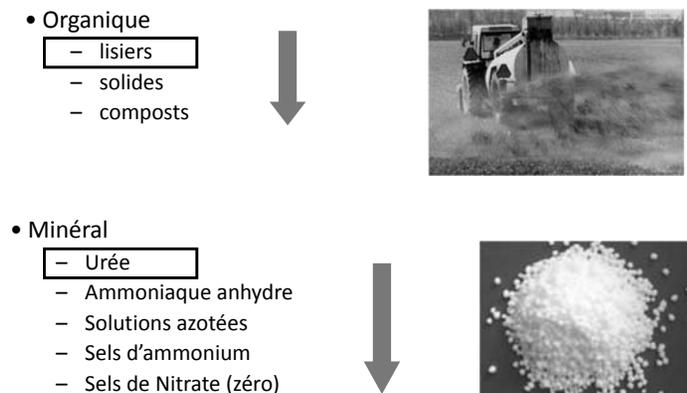
2- Exposition à l'atmosphère (barrière physique)



Application de matériaux riches en NH₄⁺ à la surface des sols peut entraîner de grandes pertes de NH₃



Les amendements n'ont pas tous le même potentiel pour émettre du NH₃



Semis Direct vs NH₃

L'incorporation rapide des amendements riches en NH₄ est la meilleure façon d'éviter de larges pertes de NH₃

L'incorporation traditionnelle est incompatible avec le semis direct \uparrow NH₃

Les résidus à la surface retarde l'infiltration et augmente l'activité de l'uréase \uparrow NH₃



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Options pour réduire la volatilisation du NH₃ sous semis direct

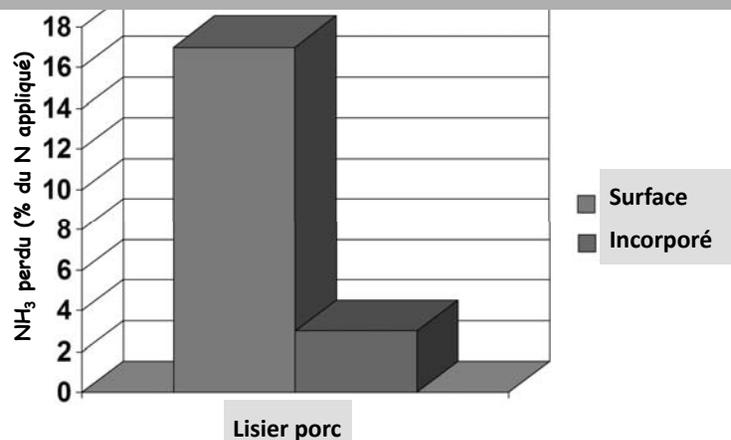
- Injection
- Résidus de culture: Amis ou Ennemis?
- Pluie/Irrigation
- Inhibiteurs de l'Uréase



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

L'incorporation au sol est une façon efficace de réduire la volatilisation du NH₃

... mais l'incorporation conventionnelle est incompatible avec le semis direct

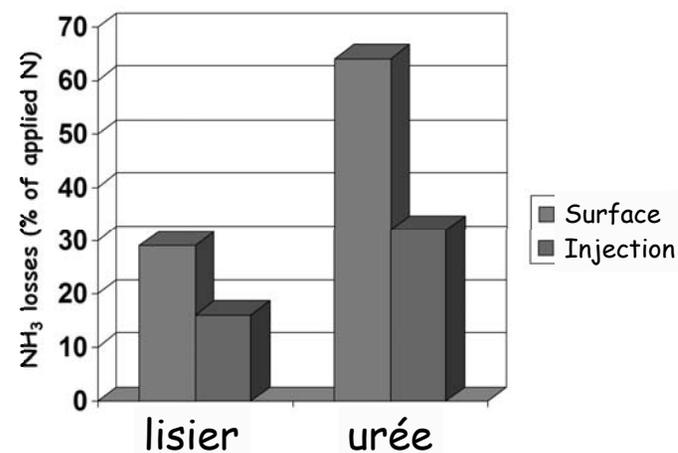


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

(Rochette et al., 2001)

L'injection dans le sol réduit les émissions...

Injection → 50% réduction
... mais elles peuvent demeurer significatives



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

(Rochette et al., 2008)

Pourquoi les émissions de NH_3 peuvent être substantielles même après injection?

lisier

Urée

Incorporation incomplète

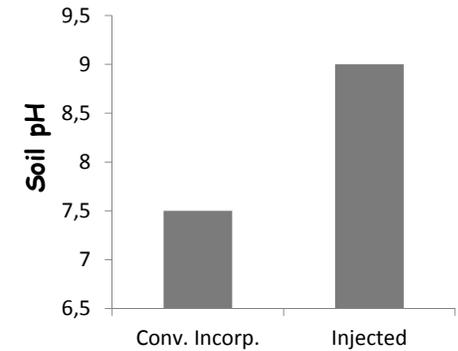
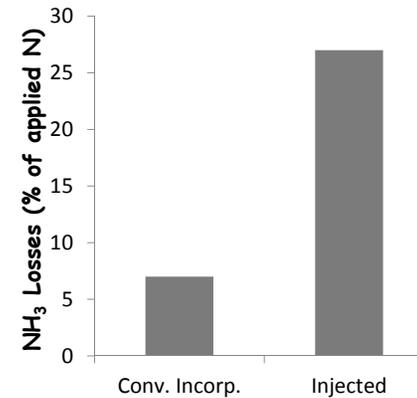


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

L'injection de l'urée est moins efficace que l'incorporation conventionnelle

Pourquoi?

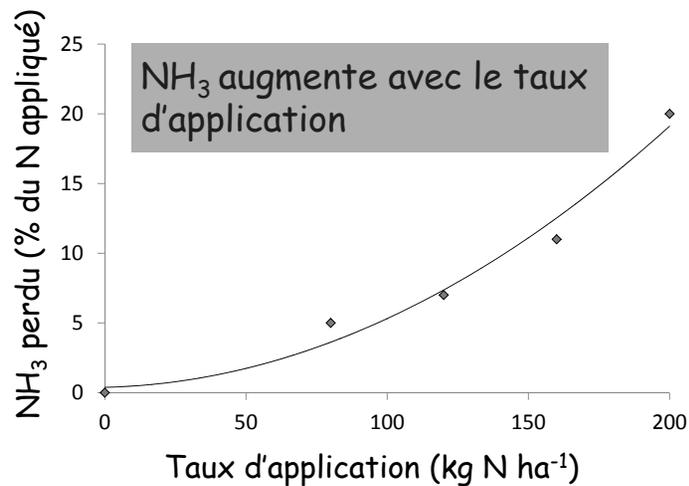
Augmentation du pH du sol



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

(Rochette et al., 2009)

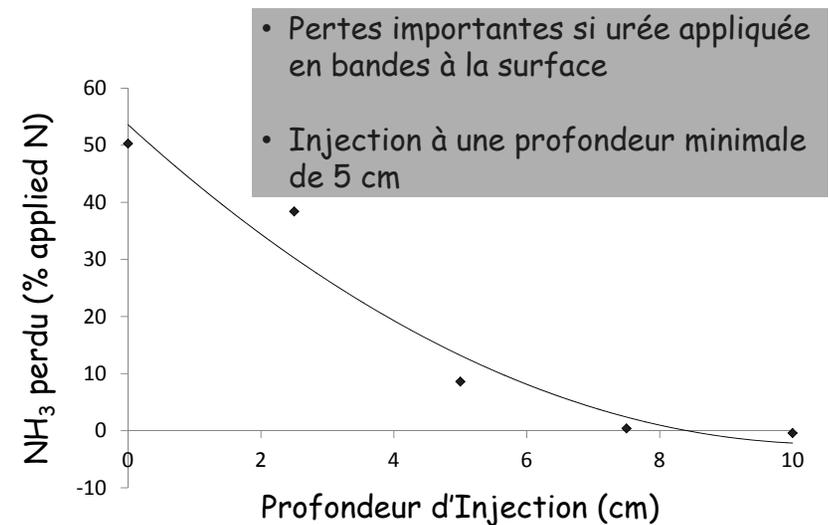
Injection de l'urée: Impact du Taux d'Application



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

(Rochette et al., 2013)

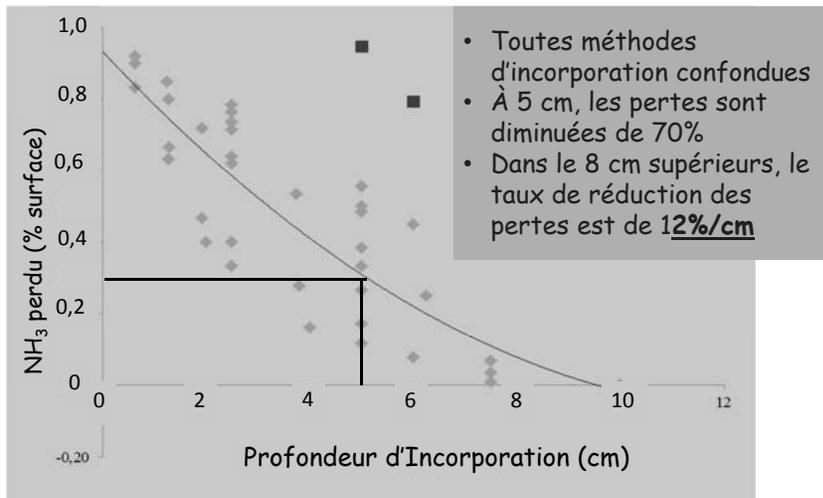
Injection de l'urée: Impact de la profondeur



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

(Rochette et al., 2013a)

Injection de l'urée: Impact de la profondeur



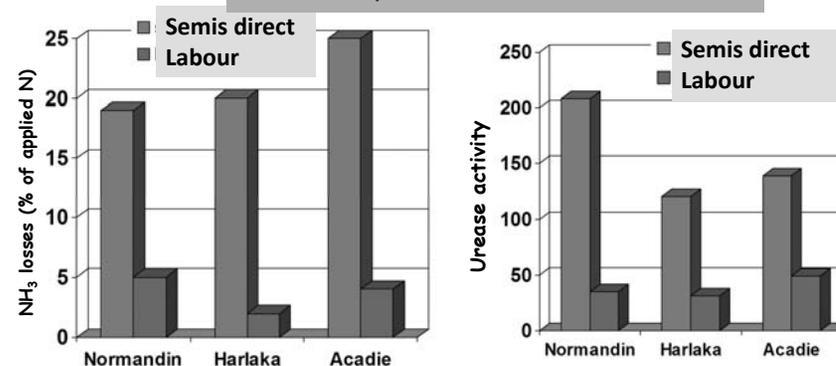
(Rochette et al., 2013a)

Résidus de culture vs Volatilisation de NH₃

Pourquoi?

Activité accrue de l'uréase

- Uréase présente dans les résidus



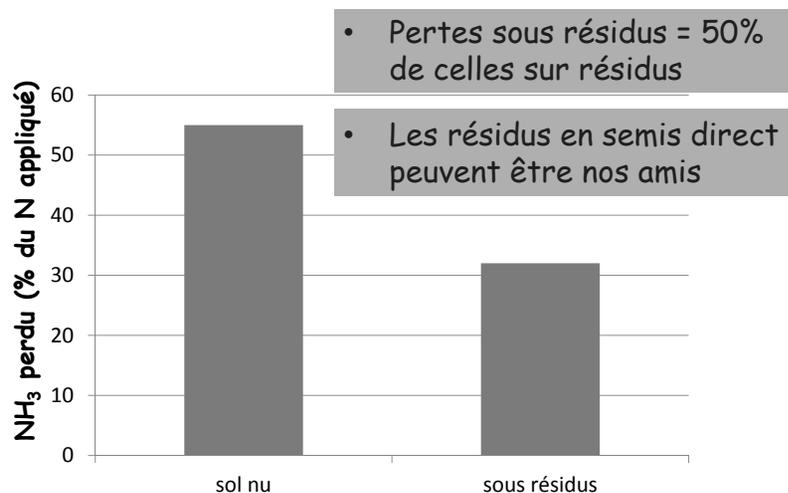
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

(Rochette et al., 2009)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Application d'urée sous résidus vs Volatilisation du NH₃ suivant l'application à la surface



(Rochette et al., unpubl.)

Pluie/Irrigation vs Volatilisation du NH₃ suivant l'application de l'urée à la surface

- Rochette et al. (2009)
 - Irrigation réduit les pertes de 75%
 - 12 mm sont suffisants
- Sanz-Cobena et al. (2011):
 - 3 mm augmentent émissions de 8%
 - 7 mm diminuent émissions de 77%
 - 14 mm diminuent émissions de 89%



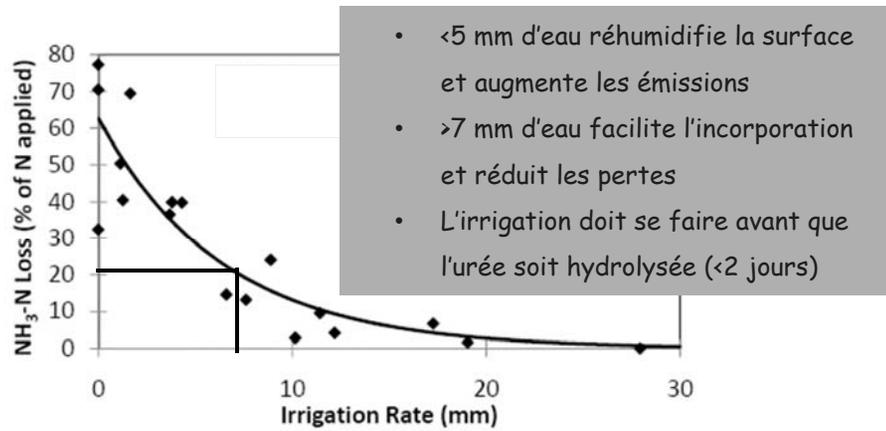
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Pluie/Irrigation vs Volatilisation du NH_3 suivant l'application de l'urée à la surface

Holcomb et al. (2011) (irrigation 2 à 8 jours après application de l'urée)

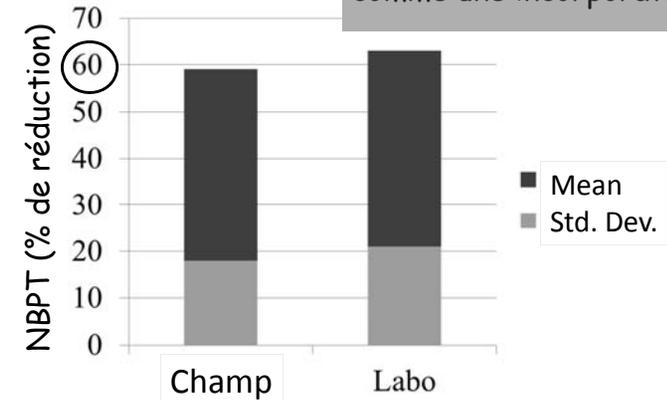


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

NBPT réduit les pertes de NH_3 de 40 à 90% comparé à une application d'urée à la surface

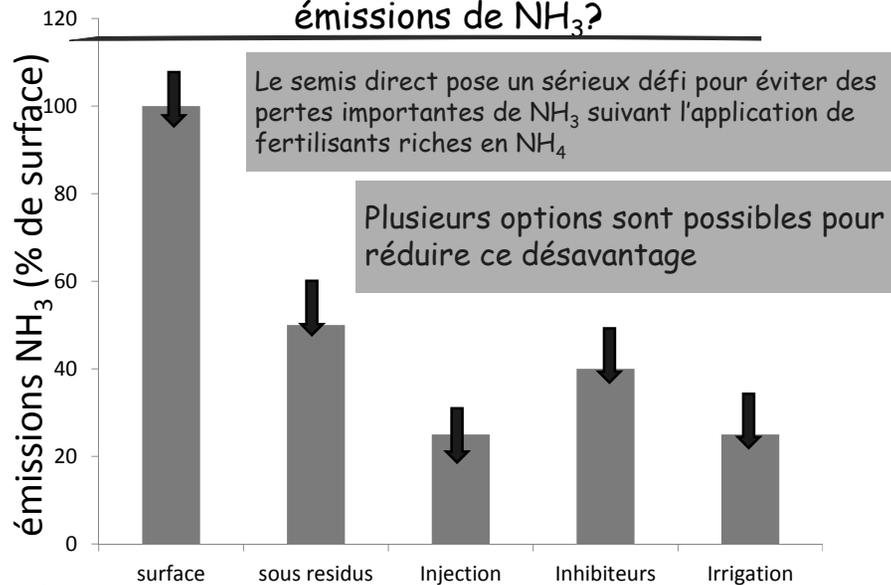
Résumé de 23 études

NBPT réduit les pertes de NH_3 comme une incorporation à 4 cm



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

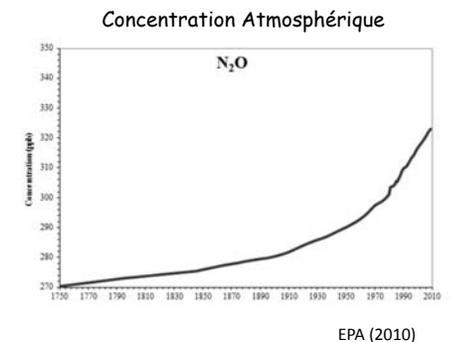
Impacts des pratiques de conservation sur les émissions de NH_3



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Pourquoi se préoccuper du N_2O ?

- Destruction de l'ozone stratosphérique
- Effet de serre $310 \times \text{CO}_2$
- 280 ppb en 1850
- 322 ppb en 2010

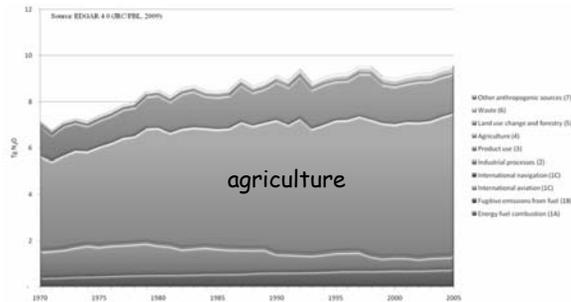


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Où le N₂O est-il produit?

Agriculture est la source de 60% des émissions mondiales

Plus de la moitié des émissions agricoles viennent des sols



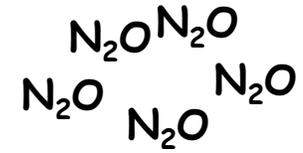
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

IPCC, 2005

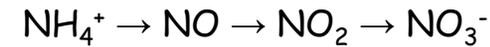
Comment le N₂O est-il produit dans les sols?

• Plus de 10 réactions!

- Interactions complexes
- Pratiques x Propriétés du sol x Climat
- Plusieurs exceptions
- Tendances générales



• Nitrification



• Dénitrification



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Pourquoi les sols sont-ils une source de N₂O?

- Les pratiques agricoles jouent un rôle déterminant pour l'émission de N₂O
- Pratiques de conservation?

• Très peu d'émissions dans les écosystèmes naturels

• Mais les sols agricoles en émettent

- N ajouté pour compenser les exportations
- Pratiques pour ↑ rendement et ↓ coûts
- Environnement est une préoccupation récente



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Effet du semis direct sur les GES

« There is not a clear response for the mitigation of greenhouse gas emissions using no-tillage practices compared to conventional tillage »

(Snyder et al. 2009)

~~CH₄: Soil uptake~~

CO₂:
- Carburant
- Changement de la matière organique des sols

N₂O: Changement des émissions



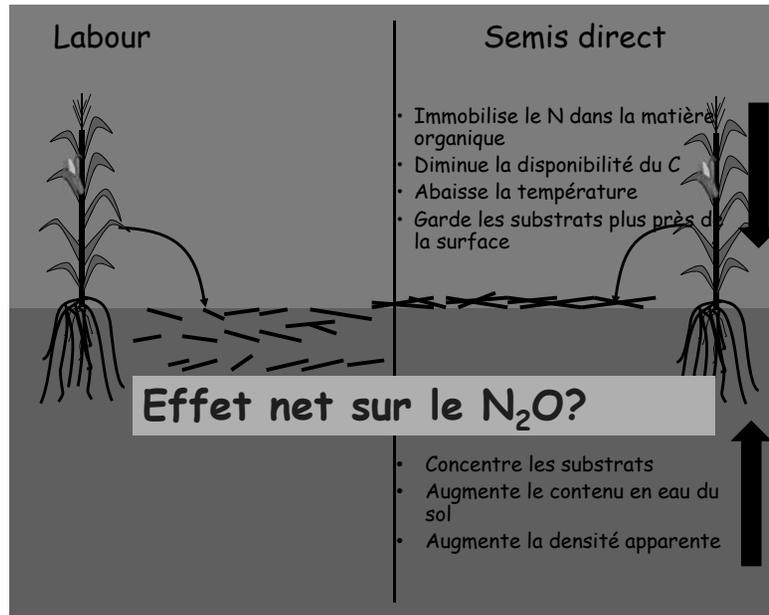
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Émissions de N₂O sous semis direct au Brésil

	Labour	Semis direct	
Passianoto et al., 2003	2,23	1,62	
Jantalia et al., 2008	0,87	0,70	
Pillar et al., 2012	0,40	-0,15	
Pillar et al., 2012	0,45	0,85	
Piva et al., 2012	2,42	1,26	
Morais et al., 2013	1,67	0,32	
Moyenne	1,34	0,77 (43%)	

- Données suggèrent une baisse des émissions sous semis direct

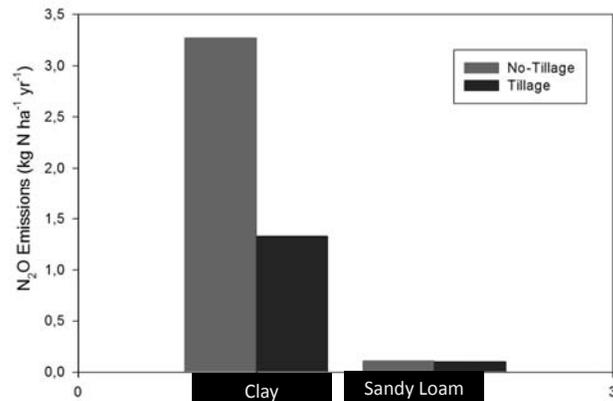
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Émissions de N₂O sous semis direct au Québec

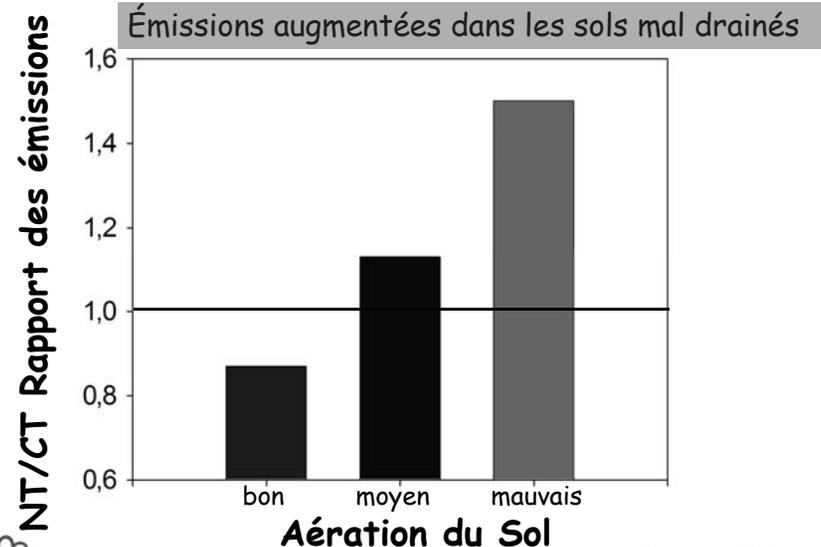
- Semis direct peut augmenter les émissions
- Interaction avec type de sol



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

(Rochette et al., 2008)

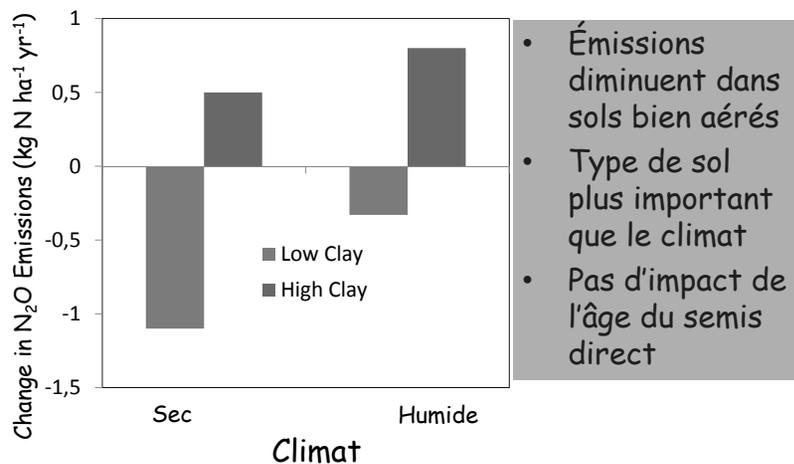
Changement des émissions de N₂O après adoption du semis direct (données mondiales)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

(Rochette, 2008)

Changement des émissions de N₂O après adoption du semis direct (données mondiales)



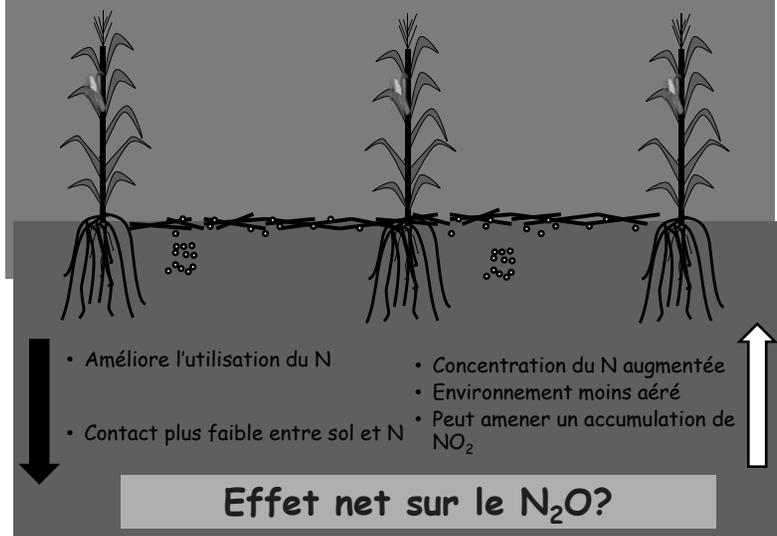
- Émissions diminuent dans sols bien aérés
- Type de sol plus important que le climat
- Pas d'impact de l'âge du semis direct

Fertilisation Azotée

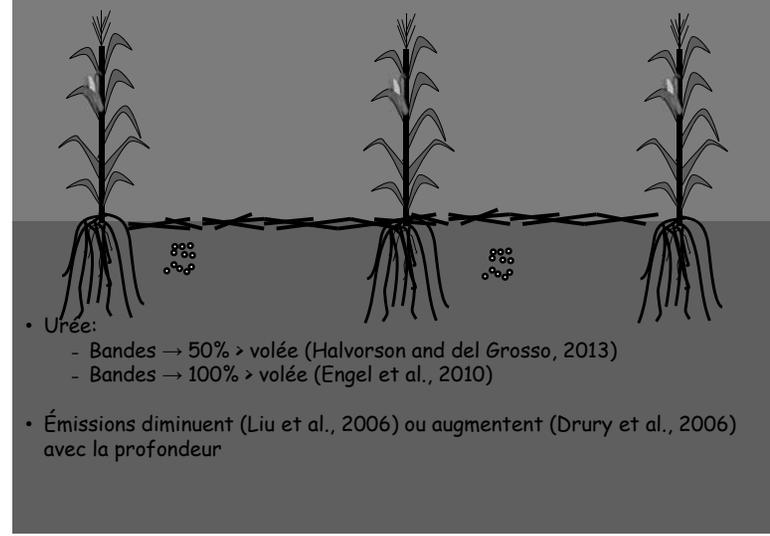


- Localisation
- Type / Forme

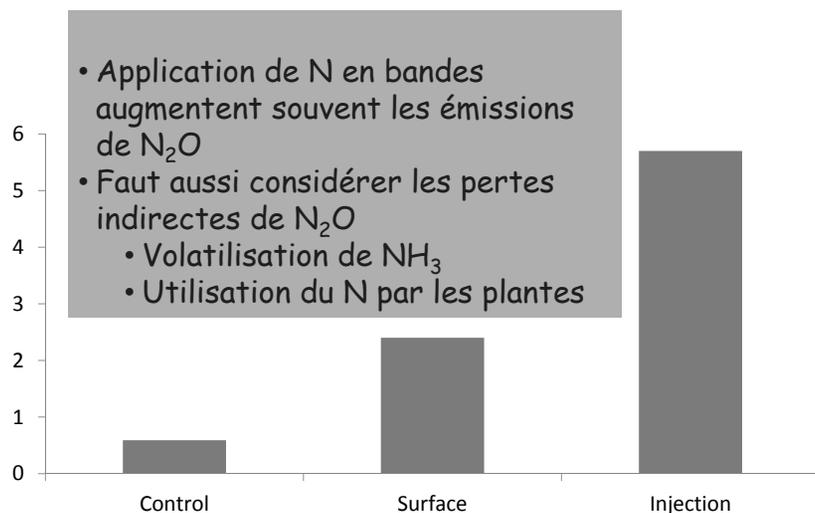
Application de N en bandes incorporées sous semis direct



Application de N en bandes incorporées sous semis direct



Application de lisier de porc en bandes incorporées



- Application de N en bandes augmentent souvent les émissions de N₂O
- Faut aussi considérer les pertes indirectes de N₂O
 - Volatilisation de NH₃
 - Utilisation du N par les plantes

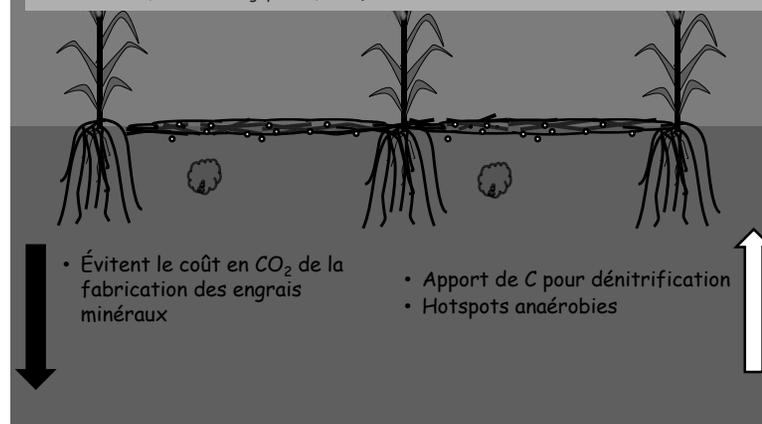


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

(Aita et al., 2014)

Utilisation des fumiers

- En moyenne = légèrement plus bas avec fumiers (Charles, 2013)
- Émissions avec fumiers plus élevées quand appliqués sur des sols avec peu de matière organique mais moins élevées sur sols à forte teneur en matière organique (Rochette et al., 2000; Velthof et al., 2003; Chantigny et al., 2009)

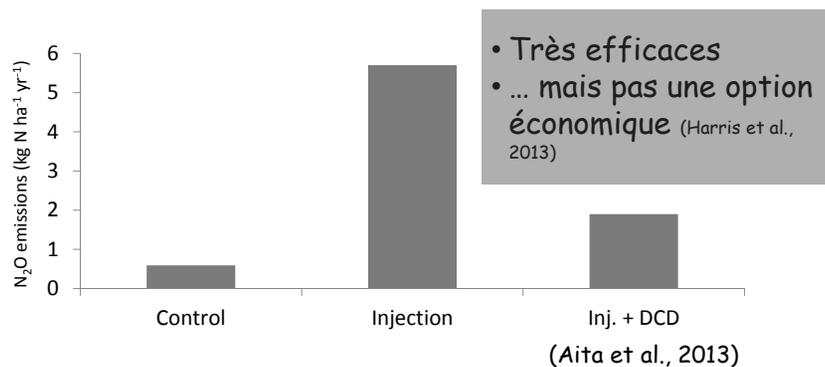


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Inhibiteurs de nitrification

En théorie, évitent tout N₂O en bloquant la nitrification et la dénitrification.

- Très efficace avec urée:
 - 38% réduction (Akiyama et al., 2010)
 - 50 to 90% réduction (Verma et al., 2008)
- ... et lisier de porc (Aita et al., 2014)



- Très efficaces
- ... mais pas une option économique (Harris et al., 2013)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

(Aita et al., 2013)

Fertilisants N à libération lente

En théorie, diminuent le N₂O en maintenant la concentration de N plus basse dans le sol

- Réduit les émissions de 10% dans les sols arables (Akiyama et al., 2010)
- PCU diminue les émissions de 30 à 60% (Zanatta et al., 2010; Halvorson and del Grosso, 2012; 2013)
- Rapports d'émissions augmentées quand le N est relâché à des périodes de faible demande par les plantes (Wagner-Riddle, 1998; Hu et al., 2013)

- Parait être une option intéressante sous semis direct



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Fixation biologique de N

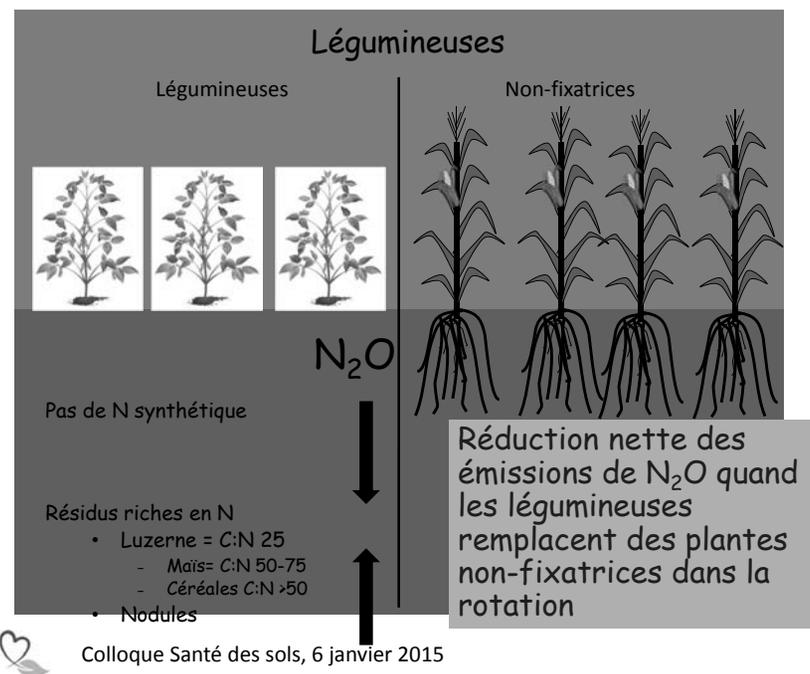


Ajout de légumineuses dans la rotation

- Soya
- Luzerne



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Plantes de couverture

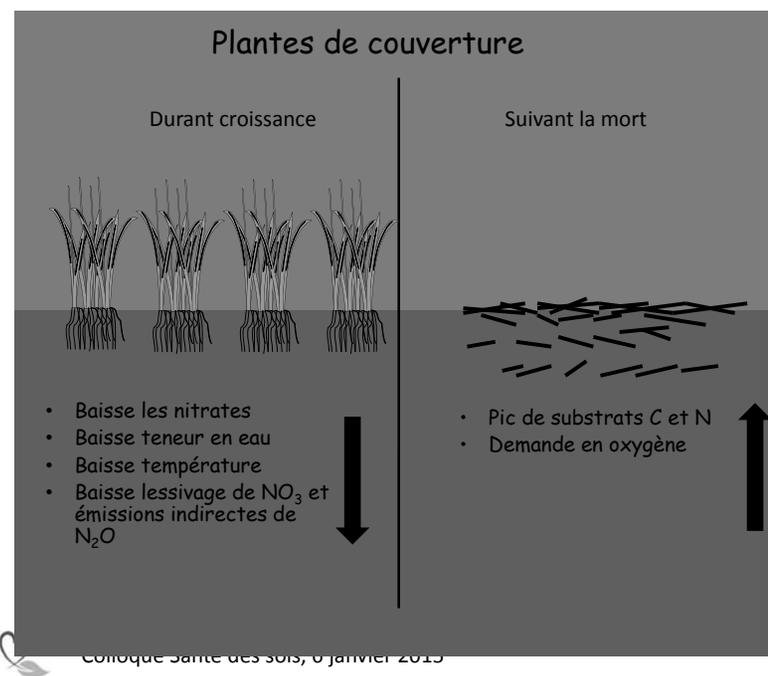


Maintien d'un couvert végétal est un des principes de base de l'agriculture de conservation

- Céréales
- Graminées
- Trèfle
- Pois

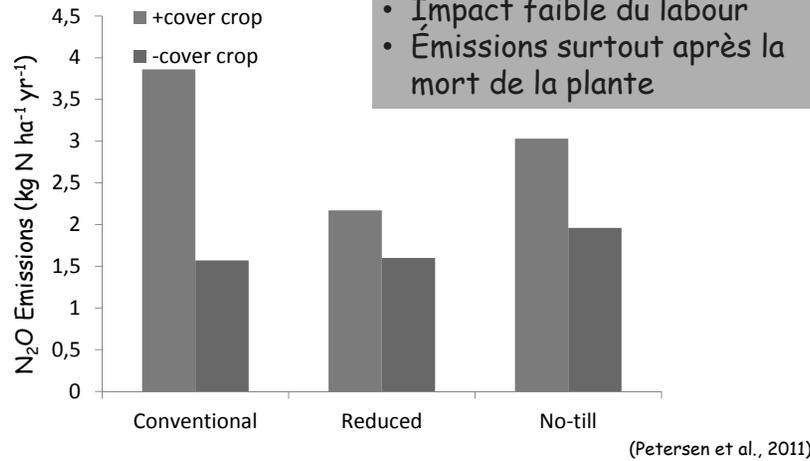


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Cultures de couverture

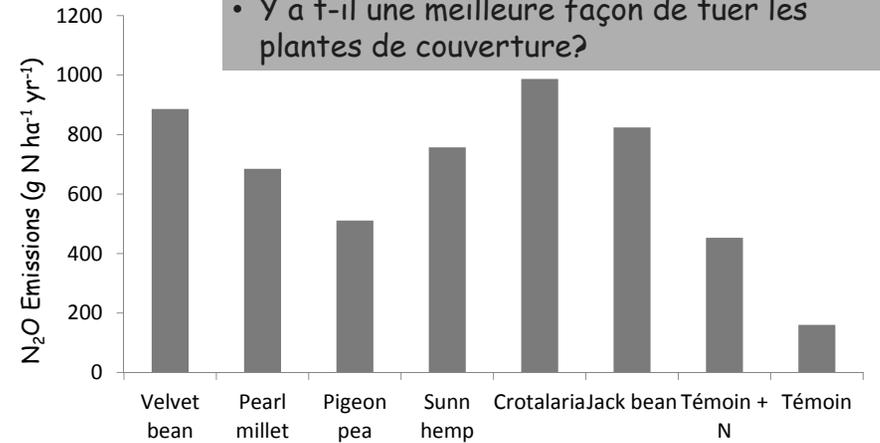
- Plus fortes quand plantes de couverture
- Impact faible du labour
- Émissions surtout après la mort de la plante



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Cultures de couverture

- Toutes les plantes de couverture augmentent les émissions de N₂O après leur mort
- Bombe à retardement!
- Y a t-il une meilleure façon de tuer les plantes de couverture?

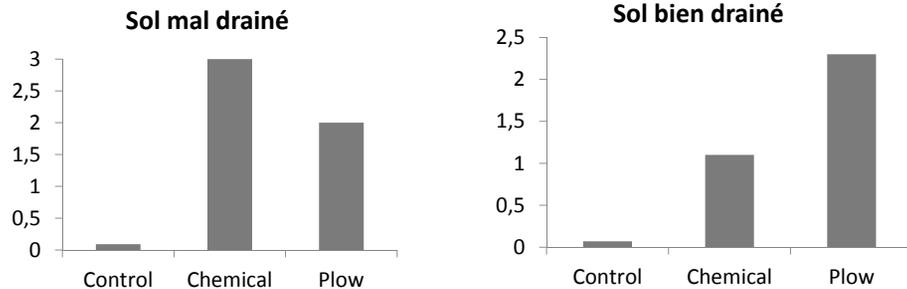


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

(Giacomini et al., 2012)

Herbicide ou labour?

- Interaction avec le drainage du sol
- Herbicides préférables sur les sols bien drainés



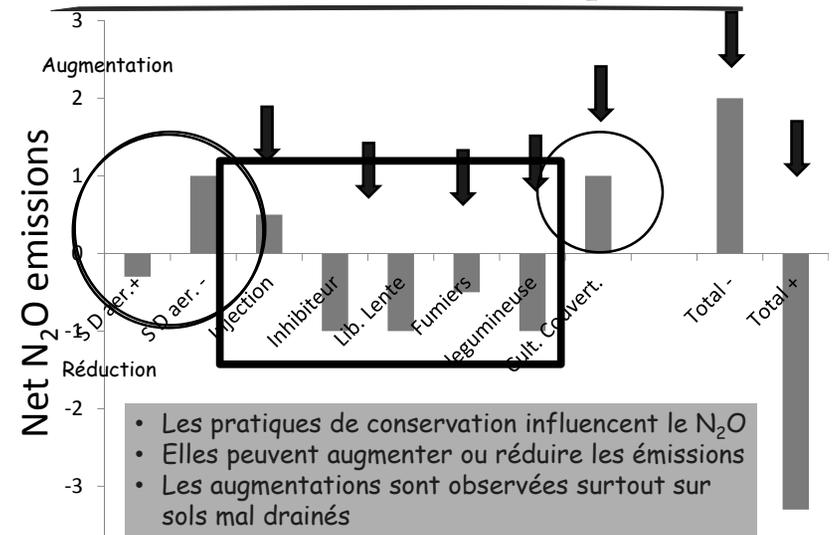
(MacDonald et al., 2010)

(Do Carmo et al., 2002)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Impacts des pratiques de conservation sur les émissions de N₂O?



- Les pratiques de conservation influencent le N₂O
- Elles peuvent augmenter ou réduire les émissions
- Les augmentations sont observées surtout sur sols mal drainés

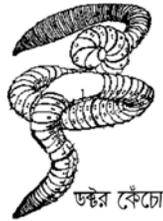


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Colloque sur la santé des sols

Soil Health Conference, 3rd edition

Dr. John W. Reynolds
Oligochaetology Laboratory
Kitchener, Ontario, Canada



- **Why does anybody care about earthworms?**
 - Niche utilization theory
 - Significant importance
 - Organic matter decomposition
 - Soil neutralization
 - Soil aeration
 - Soil aggregation
 - Infiltration of water into the soil
 - Percolation of water within the soil
 - Soil/nutrient turnover



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

- **Habitat Requirements**

- Adequate and suitable food supplies
- Adequate moisture
- Adequate dissolved oxygen
- Protection from sunlight
- Suitable pH (4-7)
- Absence of toxic substances
- Suitable temperature

- **Barriers to Migration**

- Mountain ranges
- Deserts
- Salt water (*Pontodrilus bermudensis*)
- Climate
- Ice or snow areas
- Competition (*Bimastos* vs *Dendrodrilus*)
- Parasites or predators



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Earthworms in Quebec

Common

- *Aporrectodea tuberculata* (176/525)
- *Aporrectodea turgida* (191/525)
- *Dendrobaena octaedra* (88/525)
- *Dendrodrilus rubidus* (105/525)
- *Lumbricus rubellus* (186/525)
- *Lumbricus terrestris* (115/525)

Frequent

- *Allolobophora chlorotica* (78/525)
- *Aporrectodea rosea* (50/525)
- *Eiseniella tetraedra* (67/525)
- *Lumbricus castaneus* (33/525)
- *Lumbricus festivus* (53/525)

Rare

- *Bimastos beddardi* (1/525)
- *Eisenia hortensis* (1/525)
- *Octolasion cyaneum* (4/525)
- *Satchellius mammalis* (1/525)
- *Sparganophilus eiseni* (7/525)

Infrequent

- *Aporrectodea longa* (30/525)
- *Aporrectodea trapezoides* (20/525)
- *Eisenia foetida* (13/525)
- *Octolasion tyrtaeum* (25/525)

Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Earthworms in Quebec

Common

- *Aporrectodea tuberculata* (176/525)
- *Aporrectodea turgida* (191/525)
- *Dendrobaena octaedra* (88/525)
- *Dendrodrilus rubidus* (105/525)
- *Lumbricus rubellus* (186/525)
- *Lumbricus terrestris* (115/525)

Frequent

- *Allolobophora chlorotica* (78/525)
- *Aporrectodea rosea* (50/525)
- *Eiseniella tetraedra* (67/525)
- *Lumbricus castaneus* (33/525)
- *Lumbricus festivus* (53/525)

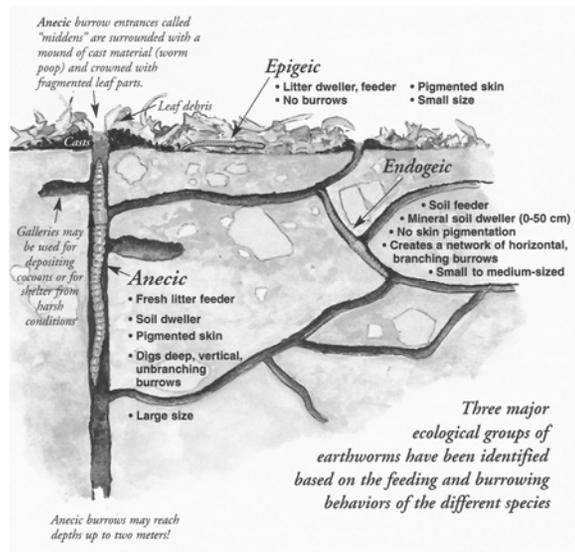
Rare

- *Bimastos beddardi* (1/525)
- *Eisenia hortensis* (1/525)
- *Octolasion cyaneum* (4/525)
- *Satchellius mammalis* (1/525)
- *Sparganophilus eiseni* (7/525)

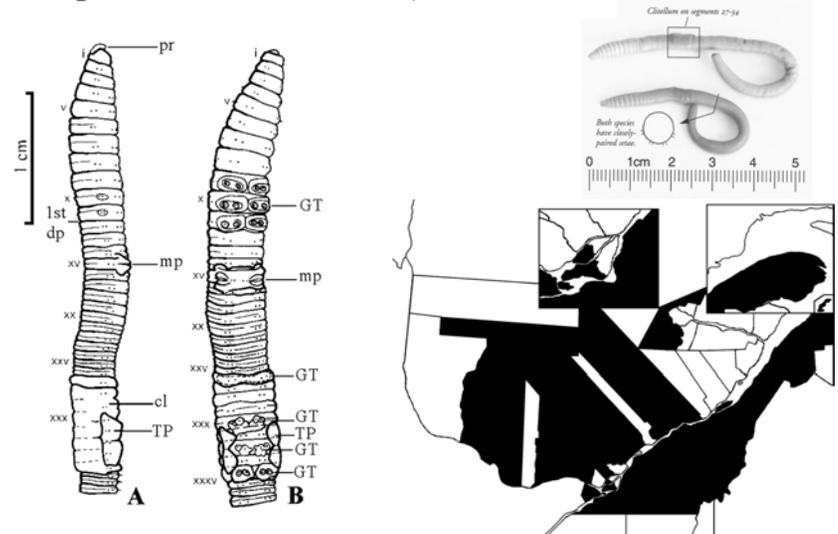
Infrequent

- *Aporrectodea longa* (30/525)
- *Aporrectodea trapezoides* (20/525)
- *Eisenia foetida* (13/525)
- *Octolasion tyrtaeum* (25/525)

Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



• *Aporrectodea tuberculata* (Eisen, 1874)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

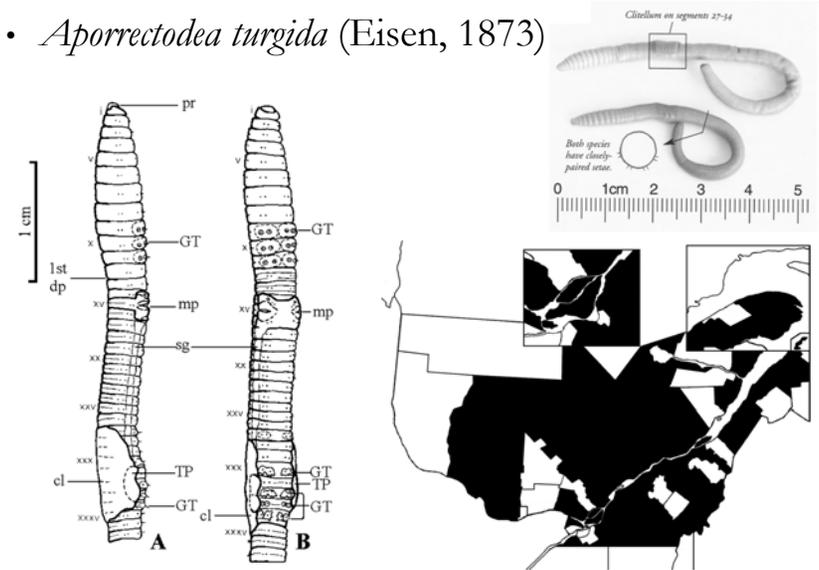
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

■ *Aporrectodea tuberculata* (Eisen, 1874)

(Canadian worm; Ver canadien)

- European exotic species, cosmopolitan
- soil-dwelling (endogeic), pH 4.8-7.5
- in a variety of terrestrial ecosystems
- casting below soil surface
- reproduction obligatorily amphimictic

• *Aporrectodea turgida* (Eisen, 1873)

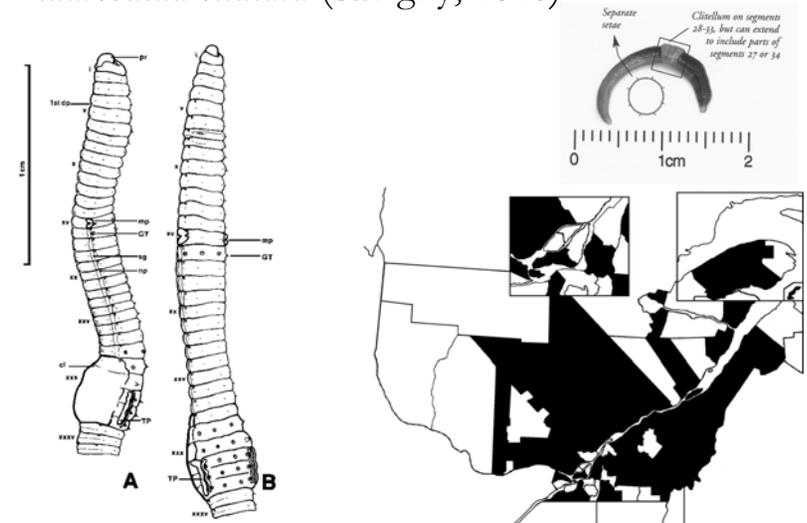


■ *Aporrectodea turgida* (Eisen, 1873)

(Pasture worm; Ver du pâturage)

- European exotic species, #1 in Quebec
- soil-dwelling (endogeic), pH 4.8-7.5
- in a variety of terrestrial ecosystems
- casting below soil surface
- reproduction obligatorily amphimictic

• *Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1826)

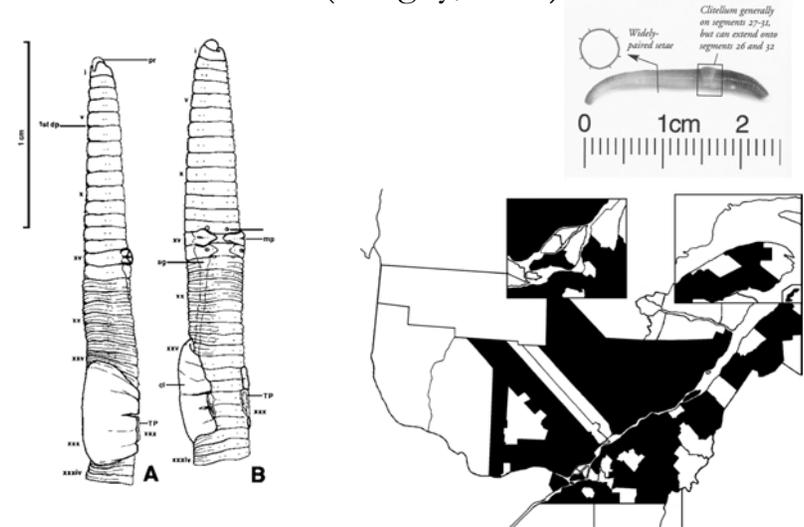


■ *Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1826)

(Octagonal-tail worm; Ver à queue octogonale)

- European exotic species, cosmopolitan
- strictly litter-dwelling (epigeic), pH 3.0-7.7
- in a variety of terrestrial ecosystems
- casting above soil surface
- reproduction obligatorily parthenogenetic

• *Dendrodrilus rubidus* (Savigny, 1826)

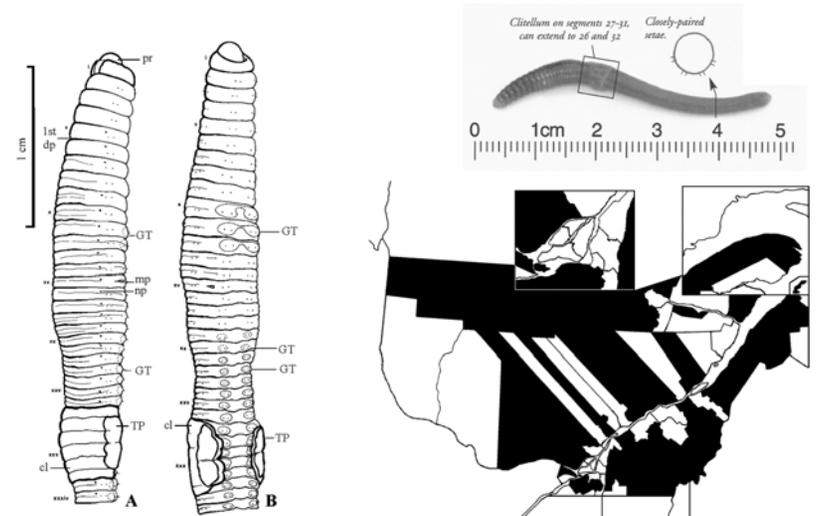


■ *Dendrodrilus rubidus* (Savigny, 1826)

(European bark worm; Ver européen de l'écorce)

- European exotic species, cosmopolitan
- strictly litter-dwelling (epigeic/corticole), pH 3.0-7.7
- in variety of terrestrial ecosystems, freq. under bark
- casting above soil surface
- reproduction facultatively parthenogenetic

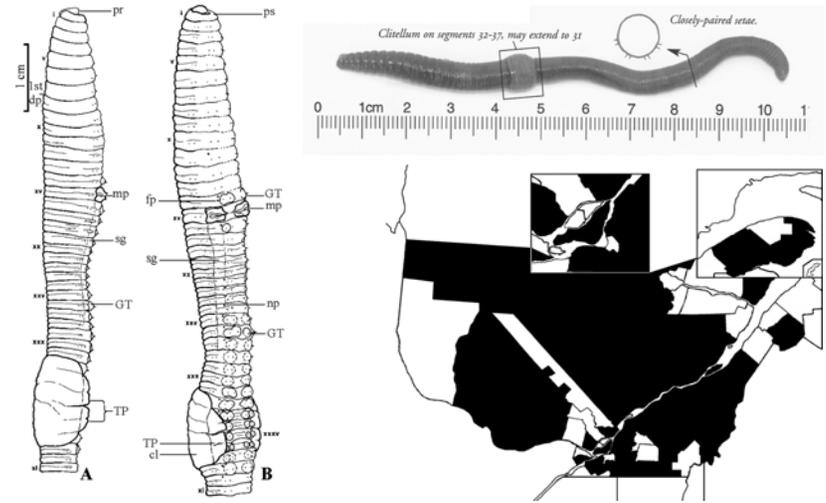
• *Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843



- *Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843
(Red marsh worm; Ver rouge du marécage)
- European exotic species, cosmopolitan
- soil-dwelling (endogeic), pH 3.8-8.0
- in a variety of terrestrial ecosystems
- casting below soil surface
- reproduction amphimictic

 Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

- *Lumbricus terrestris* Linnaeus, 1758



 Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

- *Lumbricus terrestris* Linnaeus, 1758
(Nightcrawler, Dew-worm; Ver nocture rampant)
- European exotic species, cosmopolitan
- deep soil-dwelling (aneic), pH 4.0-8.1
- variety of terrestrial ecosystems, litter decomposition
- casting below soil surface
- reproduction amphimictic

 Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Summary

The 6 common species contribute to soil health by:

- Organic matter decomposition (3)
- Soil neutralization (3)
- Soil aeration (4)
- Soil aggregation (4)
- Infiltration of water into the soil (4)
- Percolation of water within the soil (4)
- Soil/nutrient turnover (3)

 Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Gestion efficace de l'azote et pratiques de conservation

Martin Chantigny, Ph.D.

Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Québec

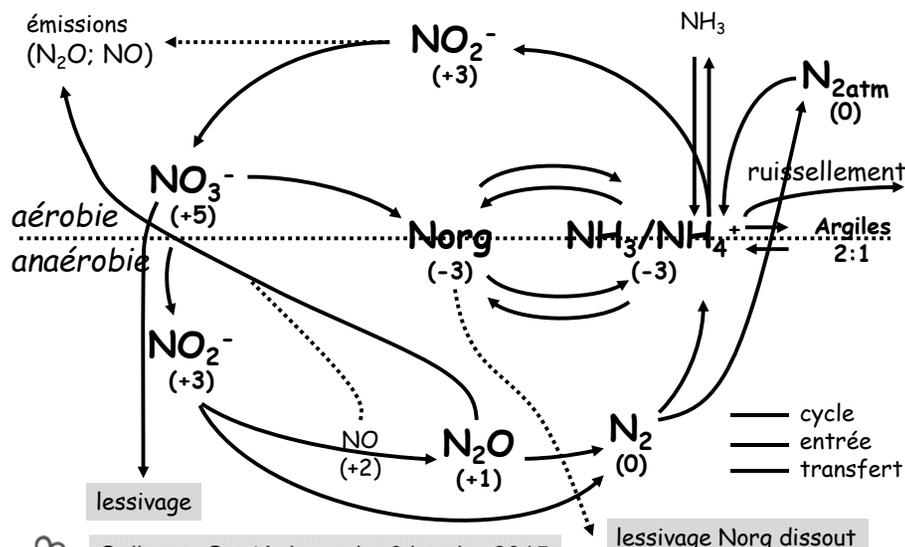
On mesure l'intelligence d'un individu à la quantité d'incertitudes qu'il est capable de supporter.

Emmanuel Kant (1724-1804)

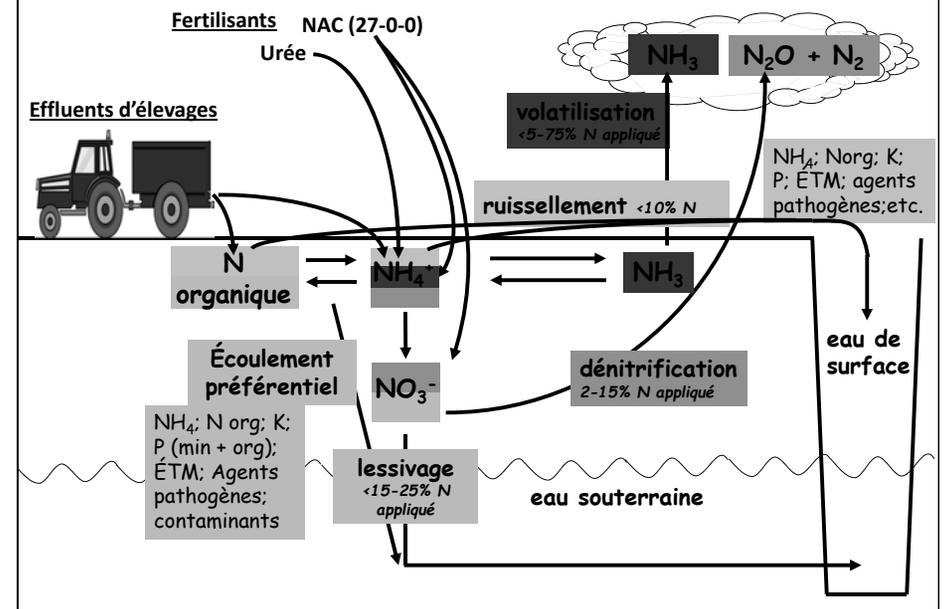


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Cycle agro-environnemental de l'azote



Fertilisation azotée et risques environnementaux



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Agriculture et risque environnemental

Principes de base

- Une perte nulle n'existe pas
 - Transfert = phénomène naturel de tout écosystème
 - Amplifié par les pratiques agricoles ⇒ risque
- Le "risque zéro" n'existe pas
 - Bonne, mauvaise... ou très bonne année
 - Aléas climatiques...
- Toute pratique qui améliore l'efficacité de prélèvement réduit le risque de perte.



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Agriculture et risque environnemental

Degré d'efficacité moyen des fertilisants minéraux azotés ?

- Céréales (Grahmann et al. 2013):
 - 33%
- Maïs (Tran et al. 1997; Nyiraneza et al. 2010):
 - 45%
- Millet perlé et sorgho sucrés (Thivierge, 2014):
 - 50-85%
- Beaucoup de potentiel à l'amélioration...



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Agriculture et risque environnemental

Degré d'efficacité moyen des fertilisants minéraux azotés ?

- En pratiques de conservation, c'est pire!
(Grahmann et al. 2013)
 - Immobilisation N; plus de résidus de culture
 - Volatilisation NH₃; engrais non incorporés
 - (urée; lisiers)
 - Lessivage N et (P); biopores.



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Qu'est-ce qui caractérise un système de production en conservation ?

Isolément ou en combinaison

- Travail du sol réduit ou nul
- Rétention des résidus de culture au champ
- Recyclage des éléments nutritifs
- Diversification des cultures
 - rotations; rotations longues; cultures couverture



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Qu'est-ce qui caractérise un système de production en conservation ?

Avantages escomptés

- Meilleure rétention/circulation de l'eau
- ↓ érosion; ↑ structure, couvert végétal
- ↓ énergie/temps
 - ↓ coûts opérations
 - ↓ coûts intrants (N) ?



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Semis direct = accumulation M.O. dans sol:

- **Au Canada** (vandenBygaart et al. 2008)
 - Semis direct: 60-160 C/ha/an
 - Cultures pérennes: 450-750 kg C/ha/an
 - ✓ effet racines et fumier
 - 60 à 700 kg C/ha/an (Chantigny et al. 2013)
- **Qu'en est-il de l'azote ?**
 - Devrait augmenter (rapport C/N constant 12 à 15)
 - Accumulation et stratification N et P (Angers et al. 2010; Ziadi et al. 2014)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Valorisation des effluents d'élevage et pratiques de conservation

1. Contrôle et recyclage N

- Accumulation et arrière-effet
- Volatilisation ammoniac et autres pertes
- Traitement des effluents d'élevage
 - Séparation
 - Méthanisation



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Effluents d'élevage et non-travail du sol

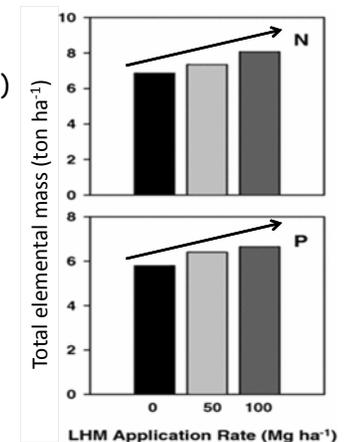
▪ Accumulation C, N, P en surface

▪ Lisiers porc et bovins

(Angers et al. 2010; Chantigny et al. 2013)

- N and P s'accumulent
- C/N and C/P diminuent avec le temps

- ✓ Disponibilité augmente ?
- ✓ Effet résiduel croissant ?



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

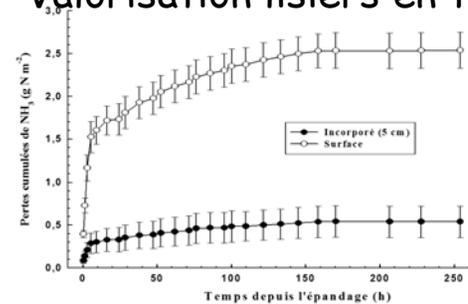
Effluents d'élevage et non-travail du sol

- Après 28 années avec lisier bovins ($C_{sol} \cong$)
 - Effet résiduel N en maïs continu
 - **47** kg N/ha au maïs l'année suivante
 - Effet résiduel N en maïs-fourrage-fourrage
 - **208** kg N/ha au maïs sur retour fourrage
- Important - bon recyclage N:
 - Rotations longues: prévoir culture exigeante en azote sur un retour de prairie

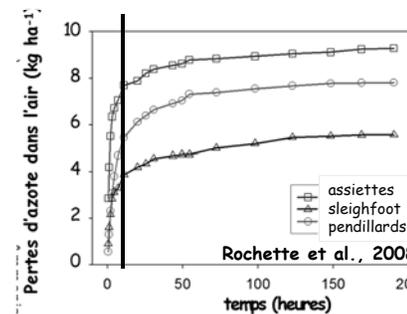
Nyiraneza et al., 2009; 2010

Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Valorisation lisiers en travail réduit du sol



- Sol nu;
 - incorporation immédiate
 - premiers 5 cm
- 0%

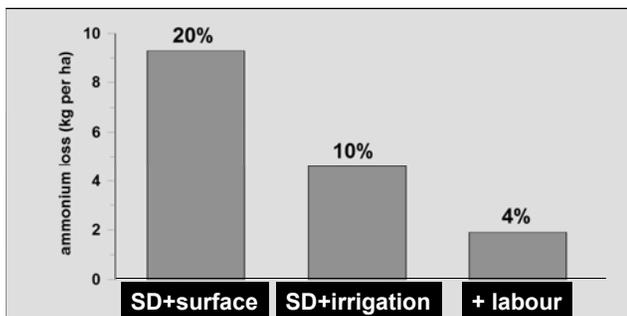


25-80%

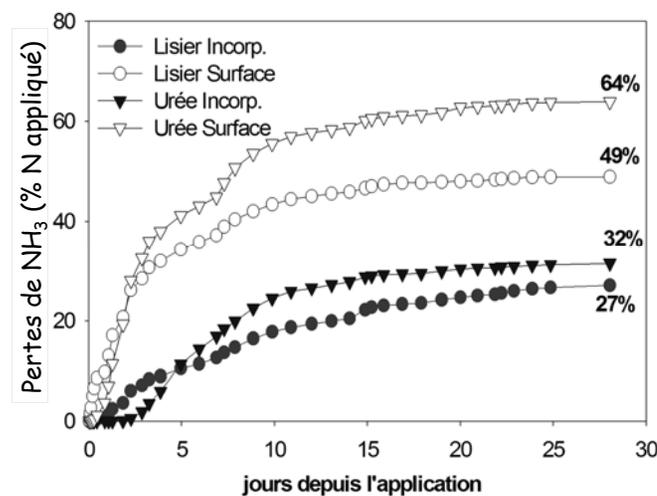
- Prairie;
- Modes d'apports variés
- ↓ interception feuillage

Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Volatilisation NH_3 suivant application de fumier solide sur chaume de céréales



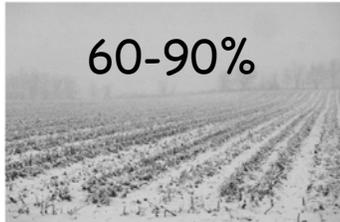
Volatilisation du NH_3 - Urée



urée > lisier
incorp < surf.

Rochette et al. 2007

Ruissellement et lessivage



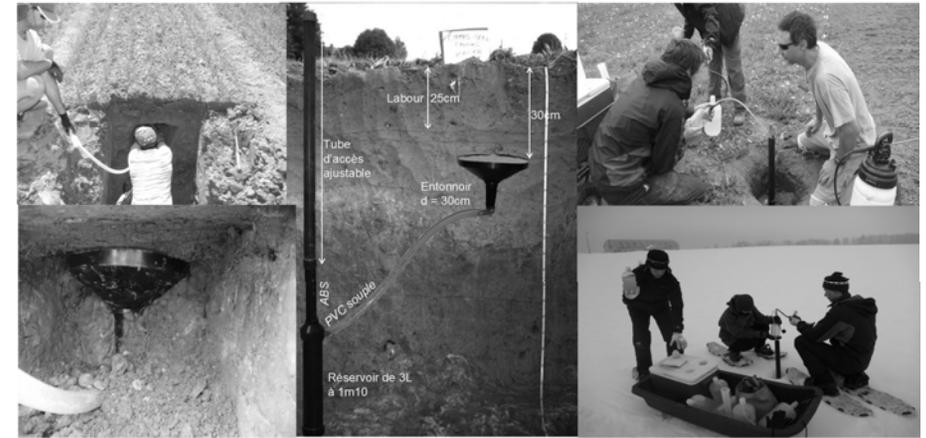
- Novembre à avril
 - sol saturé
 - pluie abondante, fonte
 - éviter accumulation NO_3
- Ruissellement
 - sols en pente/ à nu
 - favoriser infiltration / incorp
- Lessivage
 - biopores/fentes de retrait
 - travail superficiel



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Lessivage du N et P : année complète

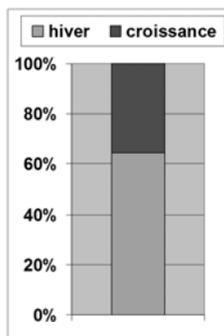
- Lysimètres drainants installés en 2009



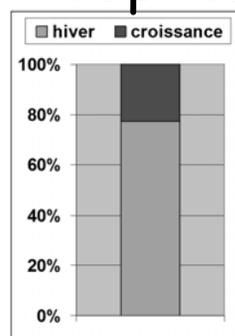
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

- 60 à 90 % des pertes annuelles surviennent entre novembre et avril

Azote



Phosphore



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Valorisation des effluents d'élevage et pratiques de conservation

- Traitement
 - Séparation
 - ✓ Valorisation séparée N et P (dual mode: Bittman et al. 2001; 2012)
 - Fraction liquide: fourrages (N très dispo).
 - Fraction solide: démarreur annuelles (P)
 - Méthanisation



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

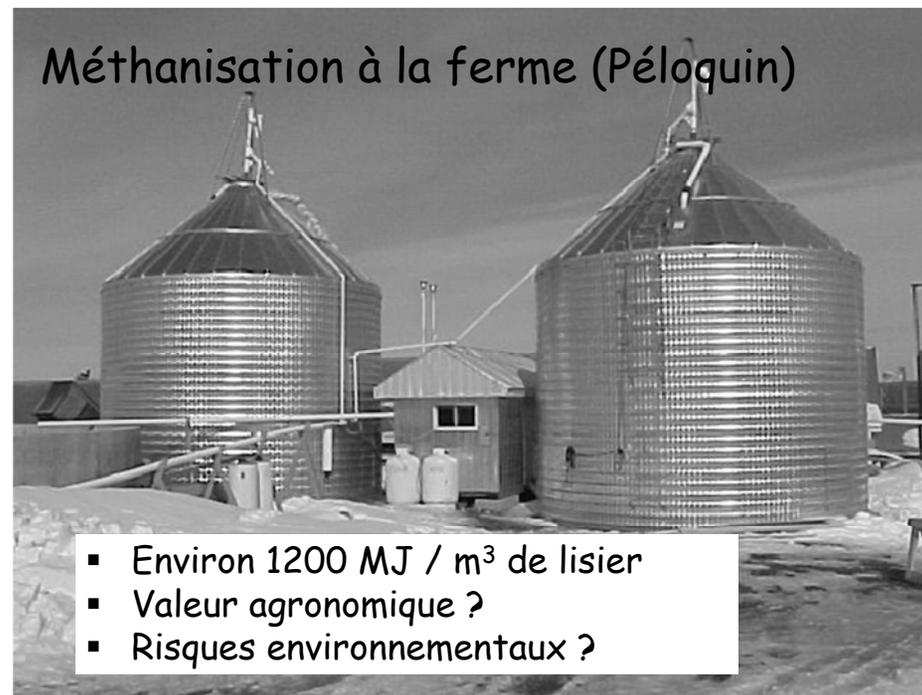
Valorisation lisier porc:

- 1 mois: 60-100% du C du lisier émis en CO_2
(Rochette et al., 2000; Chantigny et al., 2001)
- Pas d'accumulation de C dans le sol
(Angers et al. 2010)



- Recycler ce carbone pour générer énergie
✓ Biométhanisation

Méthanisation à la ferme (Péloquin)



- Environ 1200 MJ / m³ de lisier
- Valeur agronomique ?
- Risques environnementaux ?

Valorisation du lisier méthanisé

- Valeur fertilisante (N)
(Cultures pérennes et annuelles)
 - >90% par rapport à fertilisant minéral
 - Lisier brut (70-80%)
- Risques environnementaux
 - NH_3 : risque accru (pH plus élevé)
✓ Bonnes conditions d'infiltration
 - N_2O : risque similaire ou diminué par 50%

Chantigny et al. 2007; 2008; 2009; 2010

Cultures de couverture

- Graminées et crucifères
 - Ex.: raygrass, radis, moutarde
 - Captent azote résiduel
 - Pas évident si N transféré à culture suivante
 - Meilleure valorisation des lisiers à l'automne ?
- Légumineuses
 - Ex. trèfles, luzerne
 - Contribuent à nutrition azotée culture suivante
 - Pas évident que bons pour capter N résiduel...

Verville 2014; thèse U. Laval

Cultures de couverture (intercallaire)

- Légumineuses
 - (Lüscher et al. 2014)
 - Peuvent fixer 100 à 380 kg N/ha/an
 - Besoins réduits en N / moins d'intrants
 - Empreinte carbone réduite
 - Processus auto-régulé par la force du "puits"
 - Risque réduit de perte p/r fertilisants

Verville 2014; thèse U. Laval

Comment améliorer EUN ?

- Fertilisants ammoniacaux (fumiers, lisiers, urée)
 - Incorporation rapide
 - ✓ minimise volatilisation NH_3
 - ✓ réduit immobilisation N par les résidus de culture
 - Favoriser infiltration
 - ✓ application en bande sol pas trop humide
 - Minimiser interception par le feuillage
 - ✓ prairies; post-levée



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Comment améliorer EUN ?

- Capitaliser sur arrières-effets
 - Avec les fumiers/lisiers
 - Plus forts en pratique de conservation
 - Fractionnement dose N
- Rotations longues (prairies)
 - culture exigeante en N sur retour prairie



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Comment améliorer EUN ?

- Cultures de couverture
 - Graminées: capture azote résiduel
 - ✓ épandages automne
 - Légumineuses: fournit azote
 - ✓ sous-utilisé
 - ✓ en tenir compte dans recommandations



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Inconnues

- Fonctionnement/pertes
 - Période hivernale

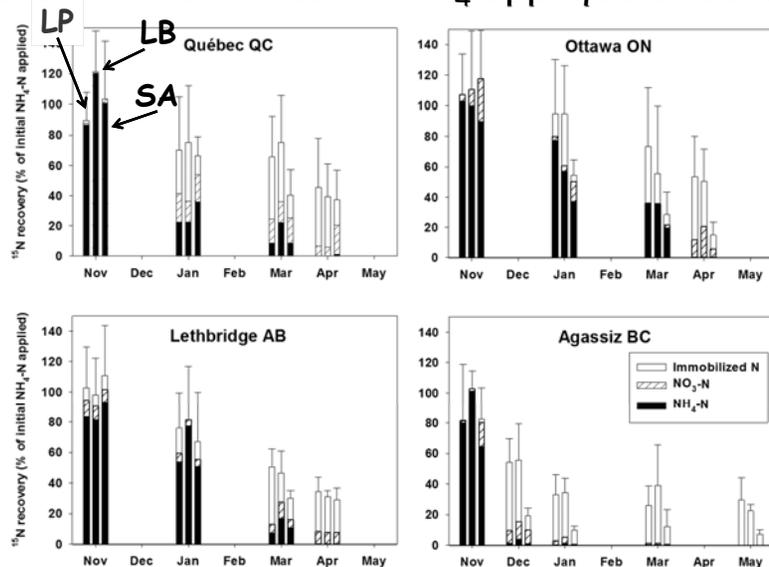


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Généralement pris pour acquis:

- Les fumiers ne se transforment pas l'hiver
 - température est trop basse
 - activité biologique négligeable sous 5°C
- Basé sur études européennes
 - hiver: sols rarement sous 5°C
 - ici:
 - ✓ Gel-dégel au début de l'hiver
 - ✓ Gelé plusieurs mois... ≈0°C si neige suffisante...
 - ✓ Gel-dégel au printemps

Devenir hivernal du N-NH₄ appliqué à l'automne



Chantigny et al., non publié



Inconnues

- **Fonctionnement/pertes**
 - Période hivernale
- **Variétés développées en conditions conventionnelles** (Grahmann et al. 2013)
 - Bien adaptées aux système de conservation?
 - Amélioration génétique à partir de plantes plus efficaces
 - Sorgho, millet perlé (Thivierge, 2014)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

QUESTIONS ?



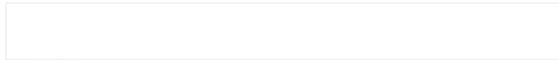
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Analyses de sols

Tout ce que vous avez toujours voulu savoir
sans jamais oser le demander

Louis Robert, agr. M.Sc.
MAPAQ Montérégie-Est

Colloque Santé des sols
Saint-Hyacinthe, 6 janvier 2015



Variabilité saisonnière des analyses de sols

- pH, P et K: tendance à la baisse en cours de saison :
 - Fixation
 - Rétrogradation
 - Absorption par culture; remontée au printemps: ré-équilibre entre formes disponibles et non disponibles.
- S'ajoute à la variabilité spatiale; chacune >> variabilité associée au traitement de laboratoire



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Variabilité saisonnière des analyses de sols (suite)

- Varie d'un champ à un autre, et d'une année à l'autre, mais pas liée au climat
- La fertilisation amplifie la variabilité saisonnière
- Peut être aussi grande que 18 %, en moyenne, entre deux échantillons espacés de 2 semaines (Schwartz et al., 2011)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Variabilité saisonnière

Chaudière-Appalaches 2011

- Projet Fertior/AgroEnviroLab/ MAPAQ: V. Guillemette, agr.
- 2 sites échantillonnés chaque semaine du début juin à la mi-novembre aux mêmes endroits; avec/sans chaux;
- 16 prélèvements/parcelle = un échantillon



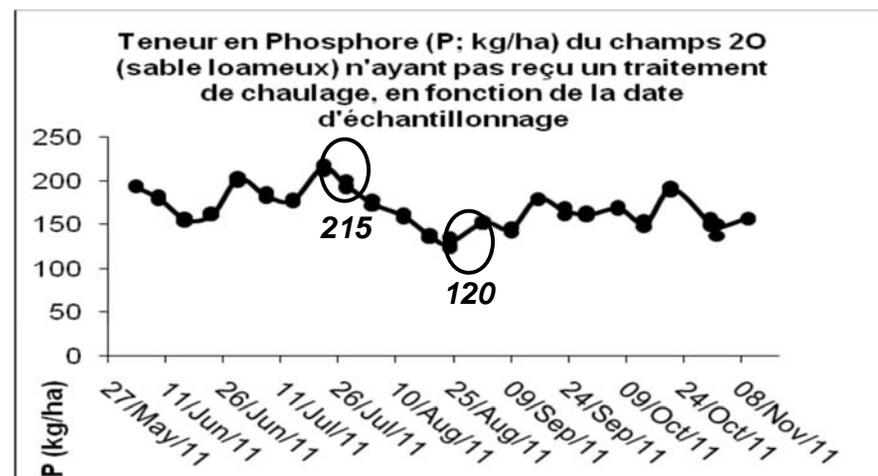
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Variabilité saisonnière (suite)

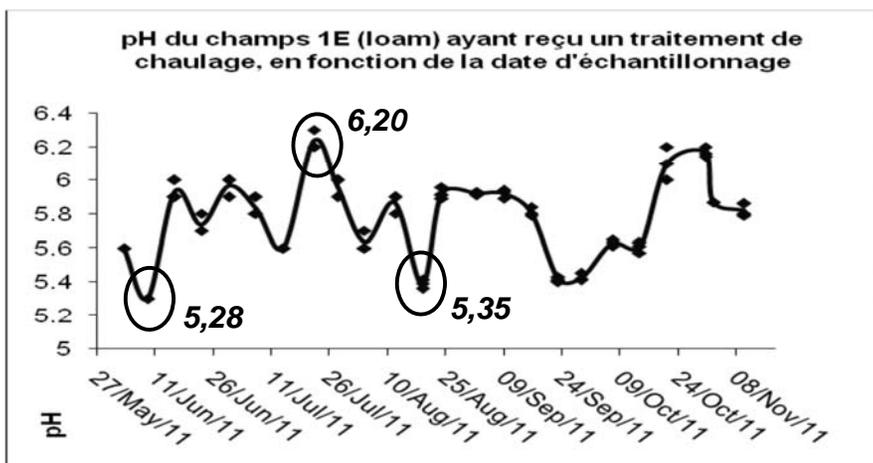
Chaudière-Appalaches 2011

- Extrêmement variable, pour certains éléments, et sans patron prévisible
- Plus prononcée pour K, pH eau > P, Ca, Mg > éléments mineurs, m.o.
- Avec ou sans chaux, pH eau a augmenté

Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Fiabilité de l'analyse de sol pour la fertilisation K

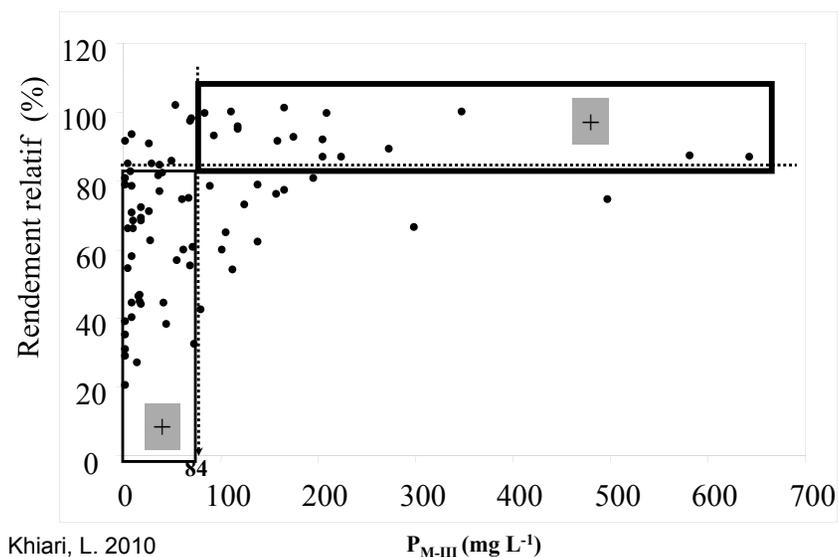
- Khan, Mulvaney et Ellsworth (U of Illinois, 2013) :
 - Compilation de 211 essais, dont Morrow (1876)
- $[K]_{sol}$ a varié beaucoup, ex. 270 à 500 kg K/ha/mois
- Le bilan apports/exports ne permet pas de prédire l'évolution de la $[K]_{sol}$ à court ou long terme
- Hausse graduelle de $[K]_{sol}$: 259 en 1955; 360 kg/ha en 2005
- Aucun effet significatif de KCl sur le rendement 76 % des essais;
- Effet sur qualité des récoltes: 8 % positif, 57 % négatif
- Fertilisation K liée à « Buildup & Maintenance »: plusieurs risques

Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Le calibrage à la source de notre usage

- L'analyse de sol est constituée de 3 parties:
 - échantillonnage, extraction, interprétation
- L'interprétation basée sur les courbes de calibrage: courbes de régression [Élément]_{sol}/rendement relatif
- Coefficient de détermination (R²): rarement > 0,40, mais significatif (P, K)
- Plus élevé pour le test nitrates (PSNT) que pour P ou K, peu importe la méthode d'extraction et dosage
- R² rarement significatif pour S et éléments mineurs (sauf Zn)

 Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Khiari, L. 2010

 Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Validation des recommandations:

exemple P/maïs au Québec

- Bruulsema (1997): aucune réponse 15 sites-années/16 (5 riches, 1 moyen, et 2 pauvres): « on pourrait réduire nos recommandations de 50 % »
- MAPAQ, AAC: 9 sites, 3 ans; aucune réponse 27 sites-années/27, en raison de teneurs en P > seuil de réponse agronomique même pauvres/moyens (Barnett, 1997)
- Confirmé par Pellerin et al. (2006): 17 sites, 12 hybrides, 11 séries de sols (gleysols, brunisols, podzols), 5 avec plus que 30 % d'argile, % de saturation P de 1,7 à 9,5 %. Aucune réponse à 11 sites, augmentation de rendement à 2, et baisse de rendement à 4 sites. « On ne se trompe pas avec les recommandations actuelles, bien qu'on en mette trop ».
- Tremblay et al. (2011): rotation maïs/soya/blé 8 ans: aucun effet de la fertilisation P ou K sur le rendement ou la qualité; sol de 140 à 89 kg P/ha; le seuil de réponse est << CRAAQ

 Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Évolution des teneurs dans le sol vs exportations

Série de sol	P initial	P/orge	P/maïs	P/dactyle	Diminution P
	----- kg P/ha-----				
Pontiac	116	103	94	90	26
Rideau	132	116	105	95	37
Ste-Rosalie	157	148	123	121	36
St-Urbain	213	188	175	164	49
Achigan	401	376	361	358	43
Lanoraie	513	475	470	448	65
	Baisse/culture	21	13	9	
	Prélèvement	33	58	50	

Giroux (2002)

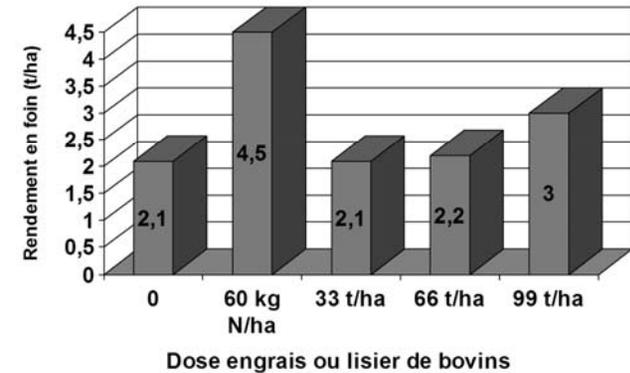
 Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Imprévisibilité des besoins en azote

- Méthode de calcul de la contribution en azote disponible des engrais de ferme peu fiable, plusieurs facteurs dont volatilisation N et historique du champ
- Tao et al. (CT, 2012): sur 64 champs de maïs avec historique d'engrais de ferme, 60 ne montraient aucune réponse à N; recommandation calculée = 27-132 kg N/ha;
- Smith et al. (2009): 27 expériences Qc, N.-É., I.-P.-É.: modèle à 28 variables n'a pas réussi à prédire correctement l'azote disponible; sous-estimation des pertes de 30 % en moyenne;
- N volatilisé dans les premières 24 h: 2-96 kg N/ha;
- Augmentation du pH de 6,2 à 6,3 => pertes augmentent de 20 %
- Essais IRDA/Agrinova/CCA Ch-App., 2012-2013: pas de réponse significative du maïs à N 20 sites/21

Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

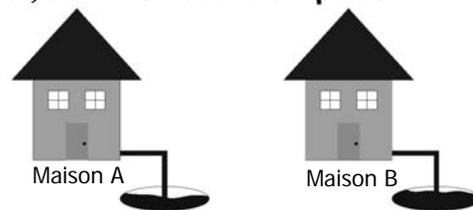
Effet de 7 jours sans pluie après lisier bovins sur coupe



Source: Denis Côté, IRDA 2000

Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Le P du sol, comme l'eau d'un puits

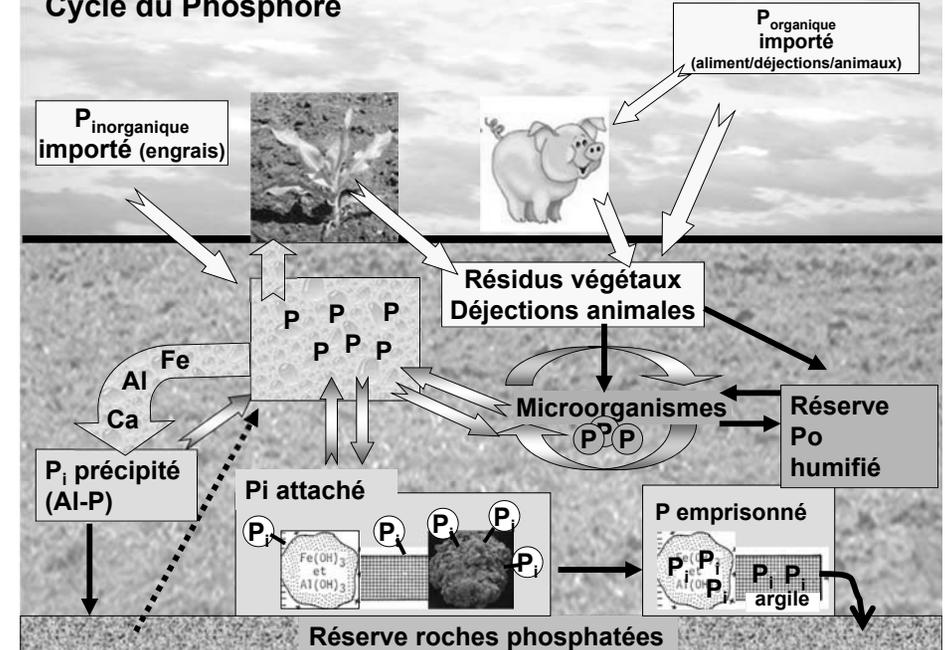


Réserve au 1er janvier 2004	1000 gallons	1000 gallons
Consommation sur 7 jours	500 gallons	300 gallons
Réserve au 8 janvier 2004	500 gallons ?	700 gallons ?

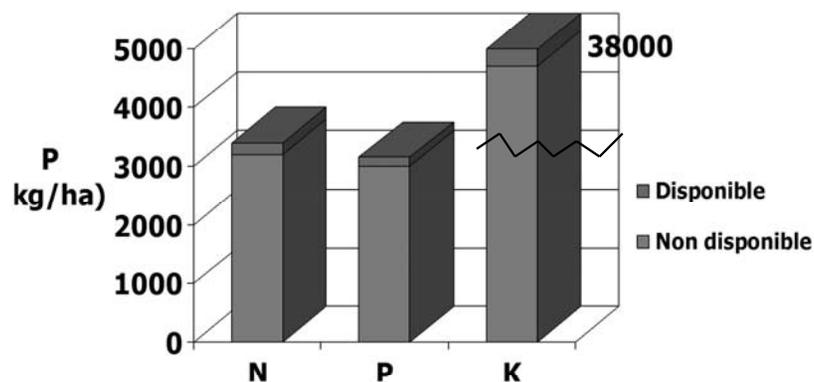
NON : Cela dépend de la capacité de recharge...

Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Cycle du Phosphore



Disponible vs total



90	Septembre 2005	[P] _{sol} kg/ha	90
0	Apports P ₂ O ₅		0
0	Récolte : exportations kg P ₂ O ₅ /ha		40
80	Septembre 2006	[P] _{sol} kg/ha	76
+ 105	Mai 2007 Épandage 35 m ³ /ha		+105
100	Juillet 2007	[P] _{sol} kg/ha	96

Solubilisation	+ 53	Fixation	- 68
Mycorhizes	+ 45	Immobilisation	- 46
Minéralisation	+ 28	Rétrogradation	- 27
Sous-sol	+ 15	Lessivage	- 10

 Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Absorption P

Systeme	N	P	K	Zn
<i>Semis direct</i>	46.0a	4.96a	48.0a	45.8a
<i>Travail réduit</i>	43.6a	4.27a	45.8a	42.3ab
<i>Conventionnel</i>	41.6a	3.44b	45.6a	39.4b

(Kabir, M.Z. 1997)

Statistiques de production et recommandation P₂O₅, états et provinces

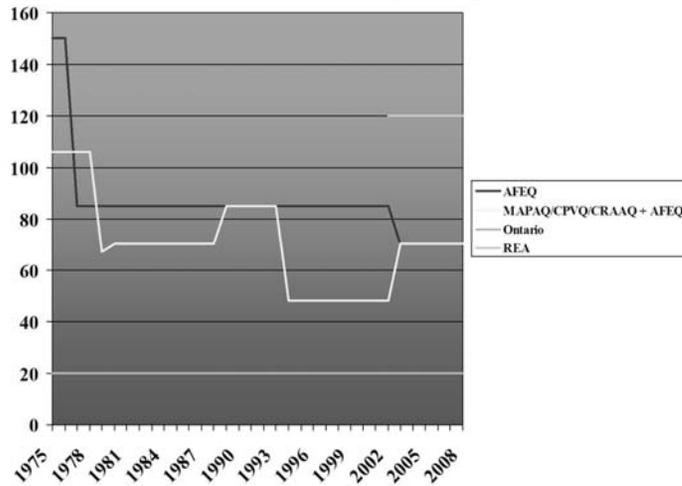
État/province	Ha maïs-grain 2007	T/ha 2007	Méthode P	Résultat converti	Kg P ₂ O ₅ /ha rec*	Teneur max rec > 0
Québec	449 000	9,1	Mehlich- III	110 kg/ha	70	510**
Ontario	831 600	8,5	Olsen	16 ppm	20	208
Illinois	5 281 335	11,0	Bray-1	47 ppm	0	78
Indiana	2 630 550	9,7	Bray-1	47 ppm	0	78
Iowa	5 605 095	10,7	Mehlich- III	49 ppm	0	103
Michigan	951 045	7,8	Bray-1	47 ppm	0	78
Minnesota	3 156 660	9,2	Olsen	16 ppm	14	172
Nebraska	3 723 240	10,0	Bray-1	47 ppm	0	67
Ohio	1 460 967	9,4	Bray-1	47 ppm	0	78
Pennsylvanie	396 606	8,0	Mehlich- III	49 ppm	21	112
Vermont	37 232		Modified Morgan	4,8 ppm	20	160
Wisconsin	24 282	8,5	Bray-1	47 ppm	0	70

Recommandations kg P₂O₅/ha pour du maïs-grain sur sol loam sableux de 110 kg P/ha, 1138 ppm Al, 4,3 % saturation
 ** La recommandation est 0-20, même à plus de 510 kg P/ha

 Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

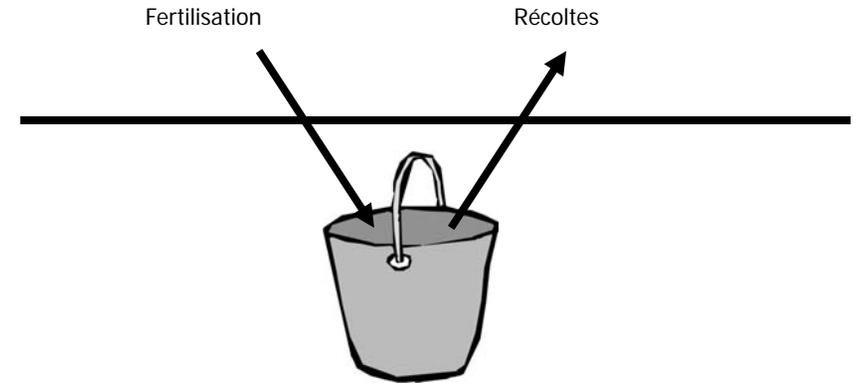
 Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Évolution de la recommandation (110 kg P/ha, 4,3 % sat.)



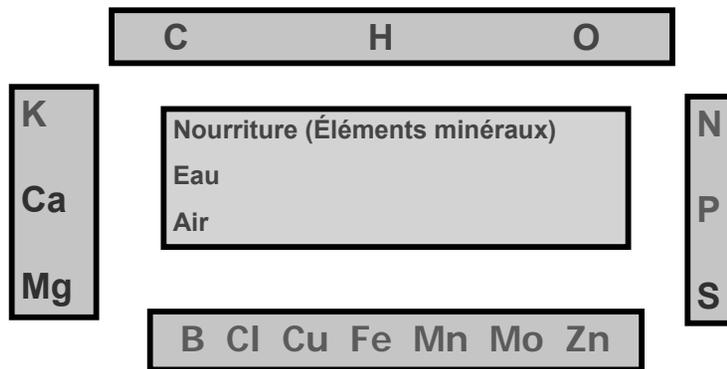
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Conception traditionnelle de la fertilisation



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Les éléments essentiels (16), absorption par les racines



Quelle est la carence la plus fréquente ?

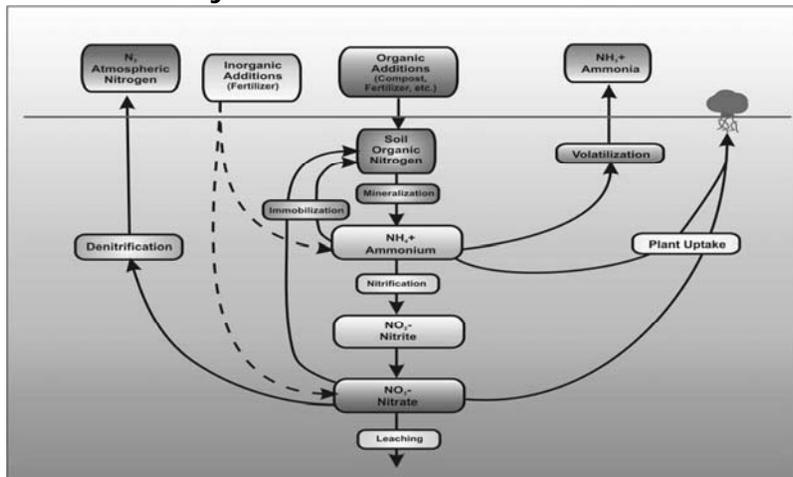
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Formes chimiques

- Azote N: atmosphérique N_2 ; organique N_{org} ; minérales nitrates NO_3^- ; ammoniac NH_4^+
- Phosphore P; organique P_{org} ; minérales phosphates $H_2PO_4^-$ et HPO_4^{2-}
- Dans le sol: exprimé en kg P/ha; dans les engrais, en phosphate P_2O_5 ; $P \times 2,29 = P_2O_5$
- Potassium K; toujours minéral K^+ ; dans les engrais, en potasse K_2O ; $K \times 1,2 = K_2O$

Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Cycle de l'azote dans le sol



P dans le sol: un système dynamique

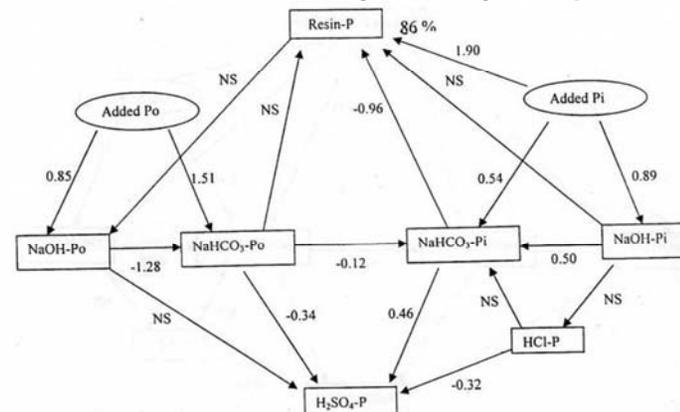
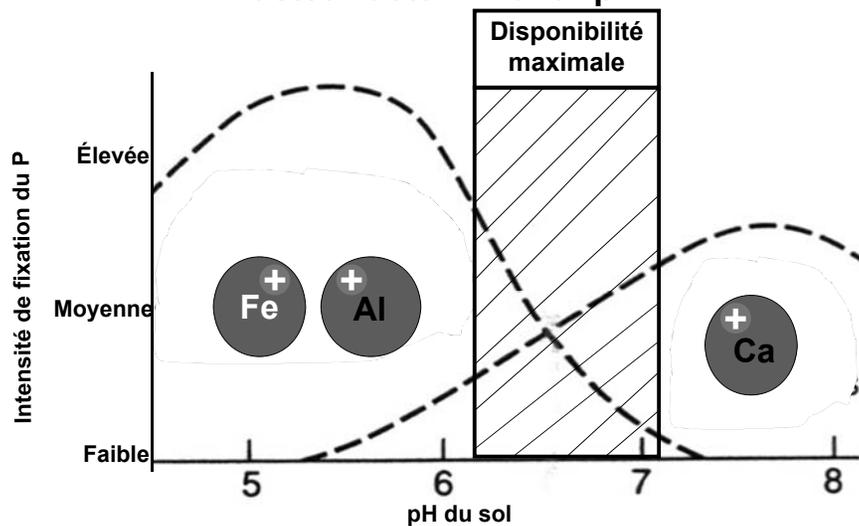


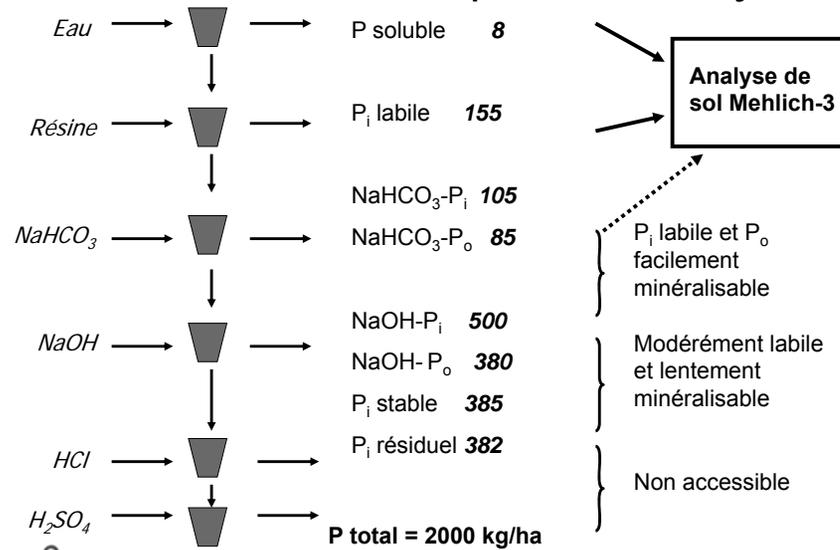
Fig. 2. Relationships between P pools in the 0- to 30-cm soil layer under dairy manure systems (M-LDM), shown as non-normalized path coefficients on a Labarre silty clay. (The percentage value indicates the partial correlation between added P_i and resin-P. NS, not significant at P ≤ 0.05).

Zheng, Z., Simard, R. R., Lafond, J. and Parent, L. E. 2002. Pathways of soil phosphorus transformations after 8 years of cultivation under contrasting cropping practices. Soil Sci. Soc. Am. J. 66 : 99-1007

Facteur déterminant : pH



P du sol: extraction séquentielle de Hedley



Ces formes de P sont en équilibre les unes par rapport aux autres: échanges continuels

 Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Enrichissement et entretien ⁽¹⁾

- Enrichir le sol ↑ riche, remplacer les exportations des récoltes;
- Aucune référence scientifique n'a établi de liens de causes à effets entre exportations et besoins des cultures (Blackmer, 1997)
- Sol = banque, stratégie non rentable pour le producteur (Thomas, 1989);
- Rendement visé: relation statistique non-significative avec les besoins en N et P (Beauchamp, 1991);
- Démentie même par les résultats de l'AFEQ (Bruulsema, 1997)

 Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Conclusion

- L'analyse de sol chimique n'est qu'un indicateur, parmi d'autres, de la fertilité d'un champ;
- Les besoins en éléments nutritifs des cultures ne peuvent être établis uniquement sur la base d'équations mathématiques, aussi complexes soient-elles;
- Les facteurs physiques, biologiques, climatiques et humains doivent être considérés dans l'élaboration des recommandations en fertilisation: présence sur le terrain des agronomes
- Sens critique et discernement sont indispensables

 Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Profils de sol : un savoir bien enfoui

Éric Thibault, agr.

Club Techno-Champ 2000

PleineTerre senc.

PLEINE TERRE
AGRONOME CONSEIL

Clubs conseils
en agroenvironnement
Club Techno-Champ2000



Les profils de sol...

- Notions de pédologie
- La méthode
- Le diagnostic
- Cas spécifiques

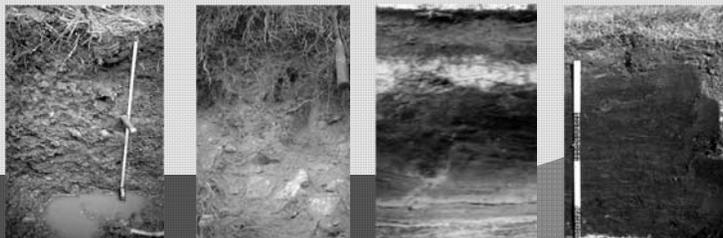


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Ordres de sols présents au Québec

1. Gleysolique
2. Brunisolique
3. Podzolique
4. Organique

De ces quatre groupes sont issus plus de 600 séries de sol



Notions de pédologie

Les types de dépôt

- Marin (série : Ste-Rosalie)
- Fluvatile (série : Providence)
- Lacustre (série : Kierkoski)
- Till (série : Boucherville)

Les séries de sol

- Subdivision des familles de sol
- Pédon qui présente des propriétés similaires

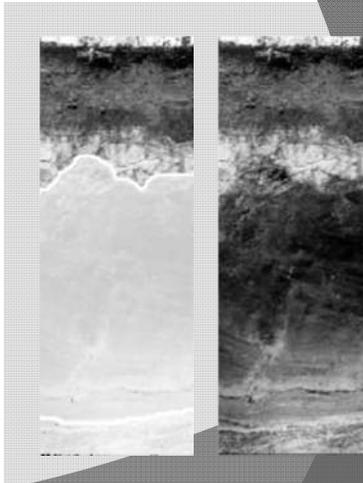


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Les horizons

Horizon de surface (A)

- En agriculture, correspond à la couche arable
- En sol agricole cette couche est généralement homogène

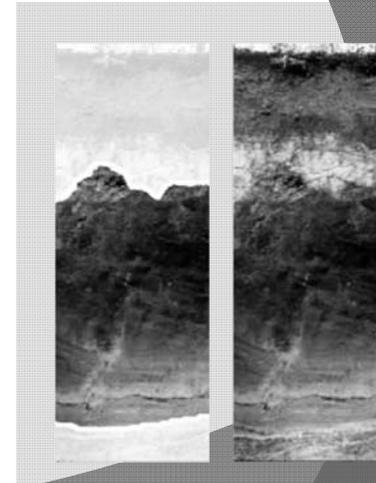


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Les horizons (suite)

Horizon intermédiaire (B)

- Non travaillé mais altéré et exploité par les racines
- Peut être enrichi en:
 - Argile
 - Matière organique
 - Matériaux riches en fer ou en manganèse

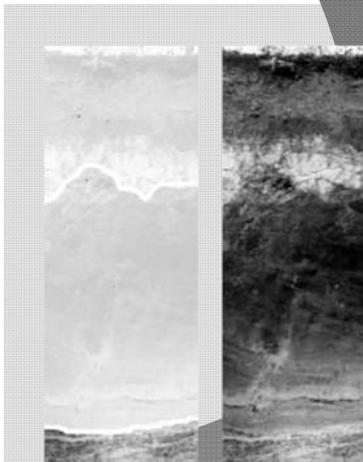


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Les horizons (suite)

Horizon inférieur (C)

- Peu affecté par les processus de formation du sol
- Matériel qui une fois dégradé et altéré a donné naissance au sol
- Roche mère

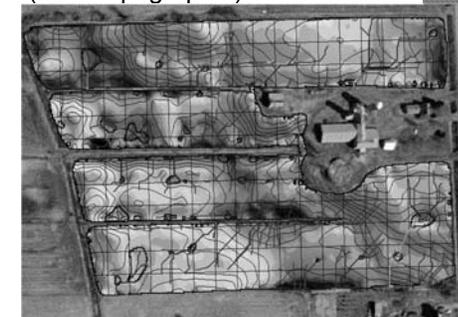


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Préparation

Documents utiles

- Études pédologiques (description des séries de sols)
- Modèle numérique de terrain (microtopographie)
- Cartes de rendement
- Photos aériennes
- Plan de drainage
- Rapports d'analyse de sol



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Les outils

Profil de sol - outils

- Pelle
- Tarière hollandaise, tarière McCauley
- Eau
- Couteau
- Ruban à mesurer
- Code Munsell
- Acide chlorhydrique

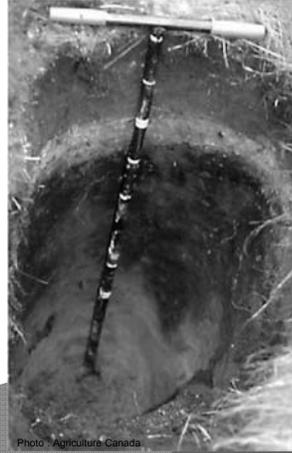


Photo : Agriculture Canada

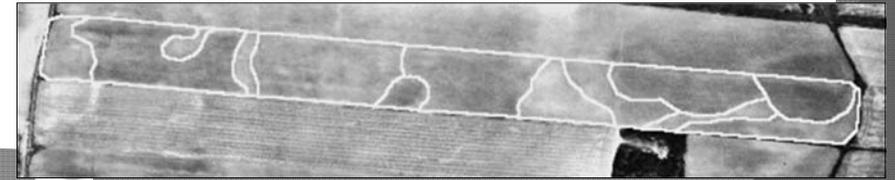


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

La méthode

Profil de sol – localisation

- **Localisation** : idéalement le producteur devrait être présent
 - selon documents de base et observations terrain
 - baissière, coteau, bas de pente
 - zones de mauvais et de bons rendements
 - différents types de sols
 - éviter les entrées et les bords de champs



La méthode

- Trous de 80 à 120 cm de profond
- Description de chacune des couches



Photo : Agriculture Canada



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Le diagnostic

Profil de sol - paramètres à décrire

- Épaisseur et profondeur de chacune des couches
 - Vérifier la profondeur du travail du sol

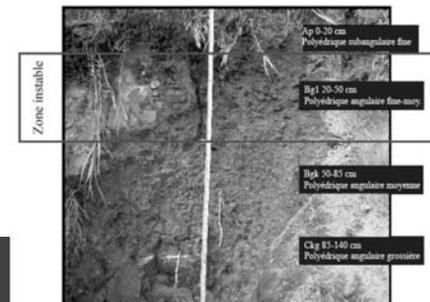
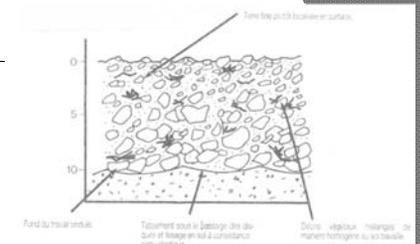


Photo : André Weil

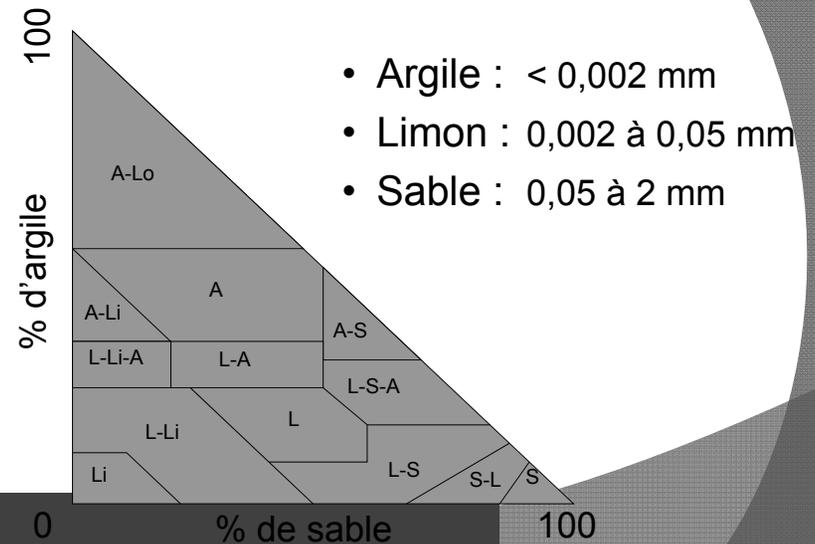
Le diagnostic

Profil de sol - paramètres à décrire

- Texture
(loam sableux, argile, loam limoneux, etc.)



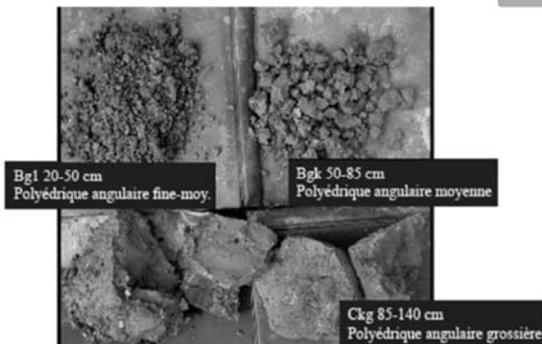
La texture



Le diagnostic

Profil de sol - paramètres à décrire

- Structure
 - Type : granulaire, polyédrique, lamellaire, massive, etc.
 - Stabilité des agrégats
 - Taille des agrégats
 - Principal indice de problèmes de compaction



Types et classes de structures du sol

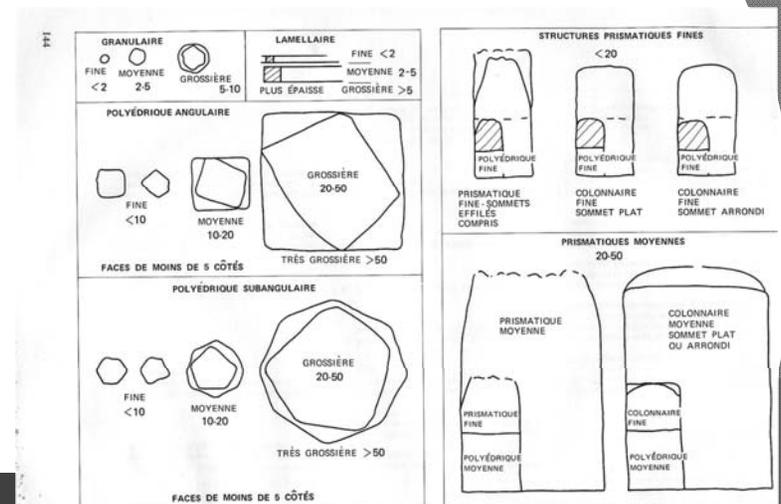


Fig. 38 Types, sous-types et classes de la structure du sol



Le diagnostic

Profil de sol - paramètres à décrire

- Couleur (code Munsell)
 - attention aux zones ou couches bleutées
- Marbrures (taches rouilles dans le profil)
 - zones aérées
 - très répandues (bonne aération du sol)
 - très localisée, autour des pores (problème d'aération)
- Odeur (œuf pourri)
 - résidus de culture qui se décomposent en milieu anaérobie

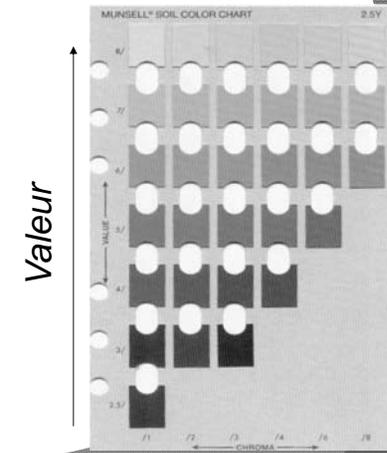


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

La couleur

Code MUNSELL

- Teinte (hue)
 - rouge R
 - jaune Y
 - orangé YR
- Valeur (value)
 - noir 0
 - blanc 10
- Saturation (chroma)
 - peu 0
 - beaucoup 10



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Saturation

La couleur

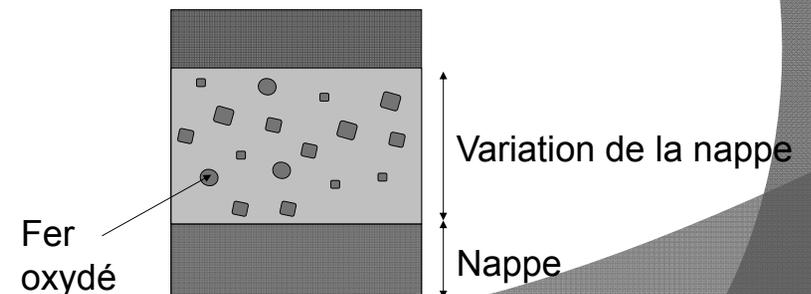
- Drainage
 - air vs eau dans le profil
- Matière organique
 - peu vs beaucoup de M.O. dans le profil
- Roche-mère
 - grise vs rouge



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Les marbrures

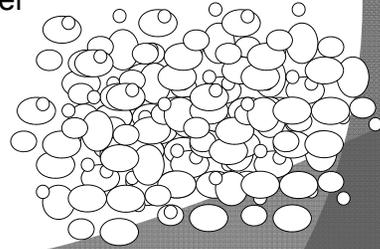
- Variation de la nappe phréatique
- Autour des racines : cas type du fer



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Le degré d'effervescence

- Utilisé pour déterminer la nature du sol ou de la roche mère
- Évaluation de la présence de carbonate de calcium
- Bonne évaluation du pH naturel du sol



Le diagnostic

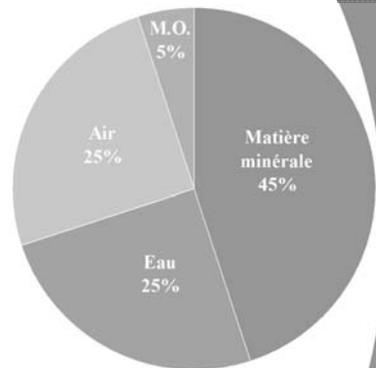
Profil de sol - paramètres à décrire

- Porosité



La porosité

- Macro et micro porosités
- Relation avec la compaction
- Relation avec l'activité biologique du sol



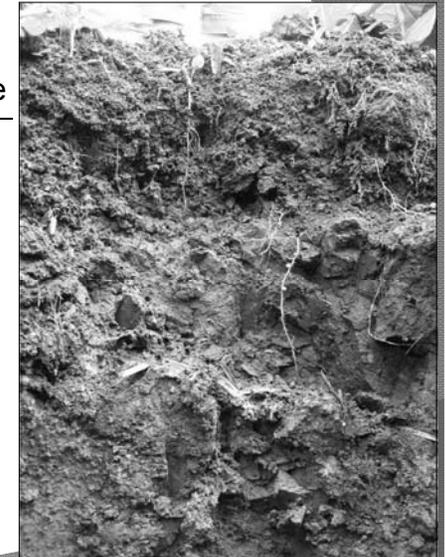
Composantes du sol



Le diagnostic

Profil de sol - paramètres à décrire

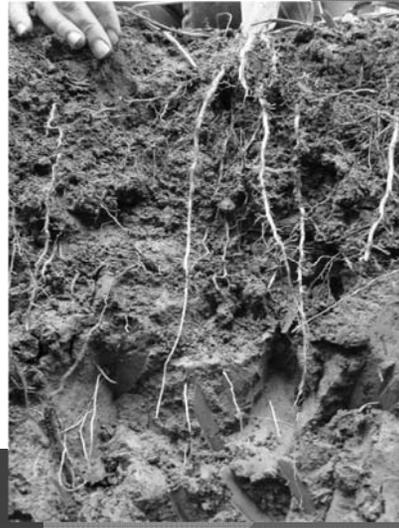
- Évaluation de la décomposition des résidus de cultures
 - Résidus mal décomposés dans le temps = problème



Le diagnostic

Profil de sol - paramètres à décrire

- Évaluation du système racinaire
 - abondance
 - profondeur
 - disposition (forme d'assiette)
 - déformation



Le diagnostic

Profil de sol - paramètres à décrire

- Hauteur de la nappe
 - présence d'une nappe perchée ?



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

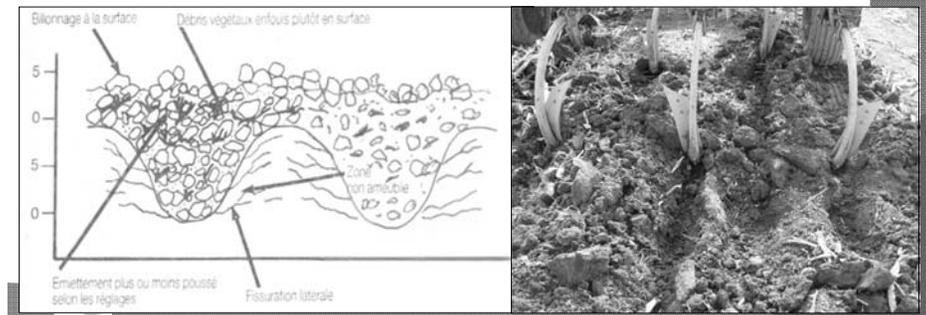
Cas spécifiques

- Compaction de surface (moins de 20 cm de profondeur)
 - préparation du lit de semence en condition humide
 - travail superficiel trop profond au printemps
 - profondeur du travail de surface insuffisante à l'automne
 - travail du sol trop intense (destruction de la structure)



Cas spécifiques

- Compaction de surface (moins de 20 cm de profondeur)
 - passage trop superficiel d'un chisel ou dents trop espacées
 - passage d'un chisel en condition trop humide
 - sols travaillés en condition trop humide avec herse à disque



Cas spécifiques

- Compaction profonde (20 à 50 cm de profondeur)
 - passage de la machinerie lourde en condition humide
 - passage répétitif de la machinerie (charrue, disques lourds, etc.)
 - sols mal drainés
 - sol à potentiel limité (sous-sol naturellement massif, couche indurée, couche naturelle très peu perméable)
 - baissière, bas de pente (écoulement hypodermique)
 - drainage de surface ou souterrain inefficace



Cas spécifiques



Sous-soleuse

Attention à l'humidité du sol



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

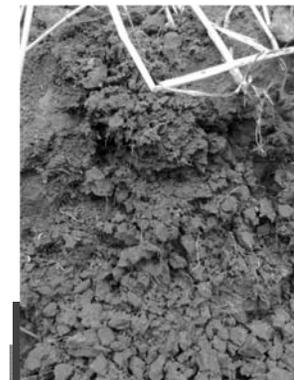
Cas spécifiques

- Les tills
 - structure lamellaire et lenticulaire
 - texture mixte
 - perméabilité lente
 - difficile à drainer souterrainement



Cas spécifiques

- Les argiles
 - St-Urbain – dépôt marin calcaire,
 - Ste-Rosalie – dépôt marin acide
 - Providence, Du Jour – dépôt fluvial



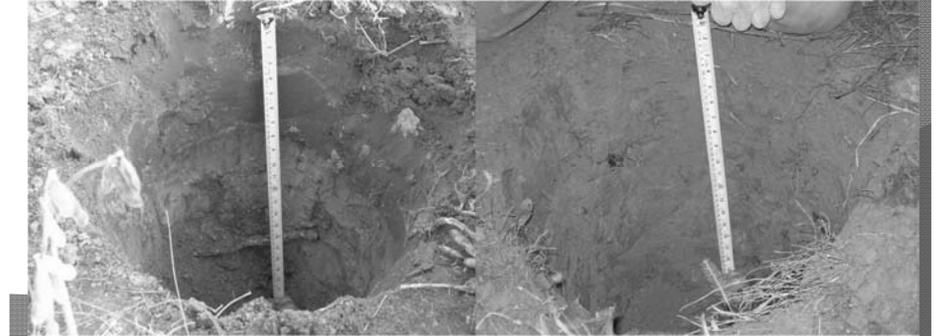
Cas spécifiques

- Argile dans les drains
 - dans série Ste-Rosalie
 - lessivage de l'argile et M.O. de surface vers le sous-sol
 - par les pores et entre les agrégats



Cas spécifiques

- Les sols légers à textures fines
 - loam limoneux, loam sableux très fin
 - problème de compaction
 - nappe perchée
 - battance



Cas spécifiques

- Les sol légers à textures fines...

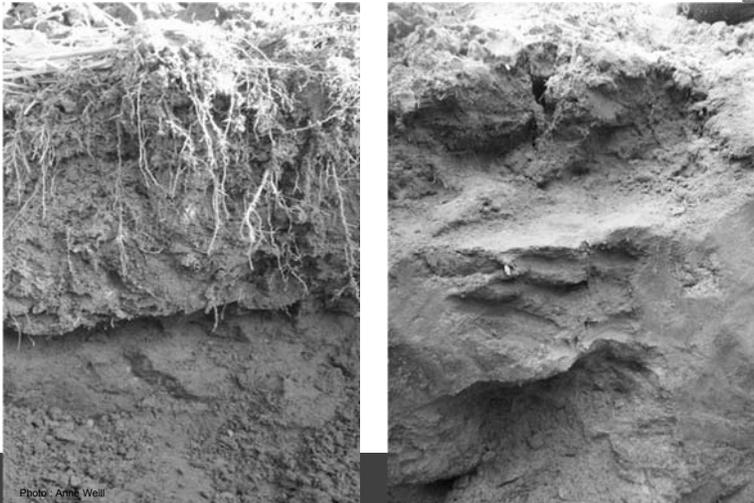


Photo: Anna Weill

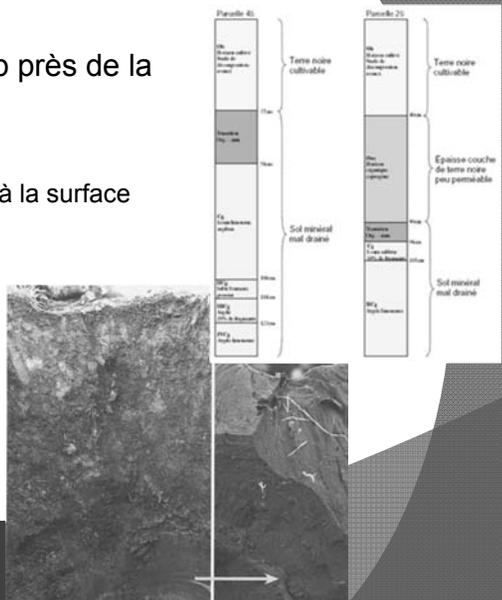
Cas spécifiques

- Les horizons indurés
 - durique, placique, orstein
 - brun rougeâtre foncé à noir
 - cimenté souvent imperméable
 - Fe, Al et complexes organiques oxydés
 - surtout dans les podzols



Les sols organiques - particularités

- Horizon « coprogène » trop près de la surface
 - limite la circulation de l'eau
 - augmente la quantité d'eau à la surface
- Horizon « Oh » trop mince
 - profondeur de travail insuffisante
 - mauvais drainage



Les sols organiques - particularités

- Décomposition trop importante du sol
 - poudreux lorsque sec
 - instable lorsque humide
 - aucune cohésion entre les particules
 - structure en bloc lorsque compacté
 - Migration de matière organique et création d'une couche imperméable



Conclusion



Éric Thibault, agr.

Club Techno-Champ 2000

PleineTerre senc.

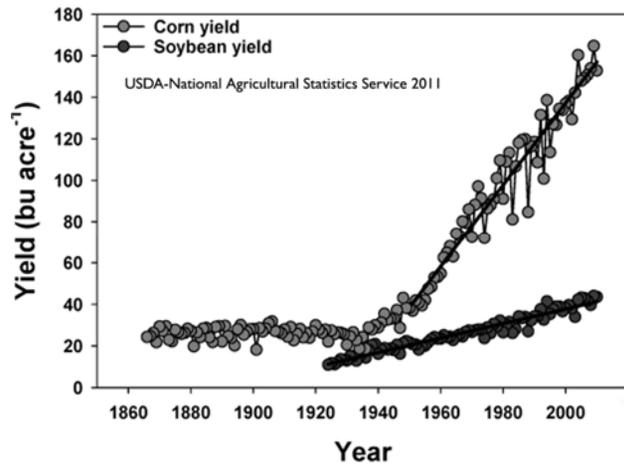
Assessing Fertility & Soil Health

Évaluer la fertilité et la santé du sol

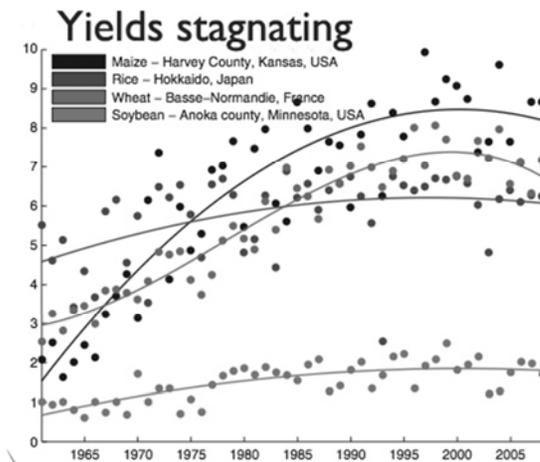
PRESENTER: William F Brinton
Woods End Soil Laboratories inc.
& Faculty Associate, University of Maine



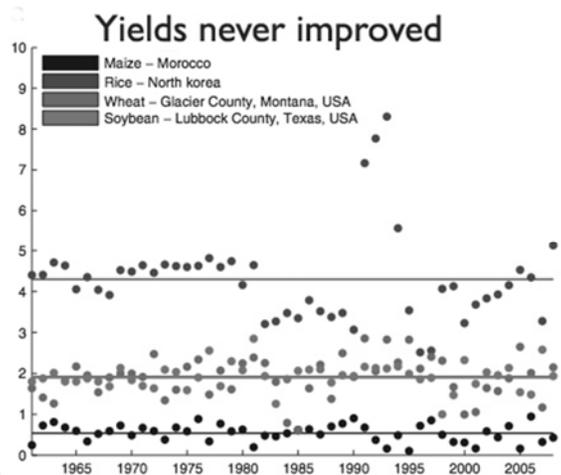
Colloque Santé des Sols



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Source: Ray et al (2012) NATURE COMMUNICATIONS 3:1293 Published 18 Dec 2012



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

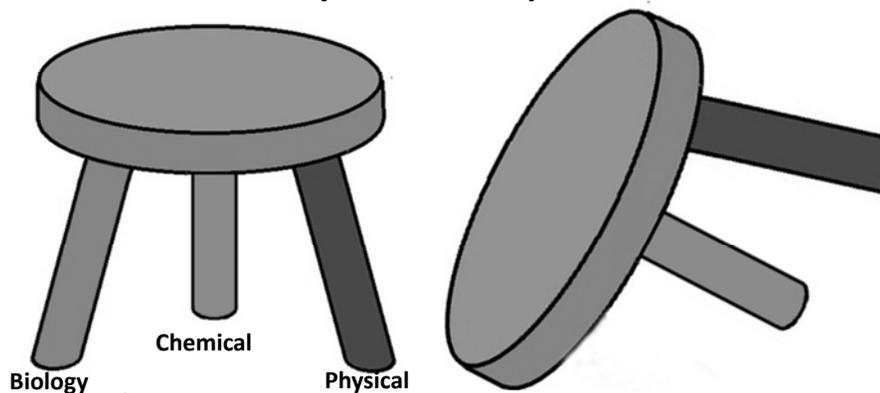


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Source: Ray et al (2012) NATURE COMMUNICATIONS 3:1293 Published 18 Dec 2012

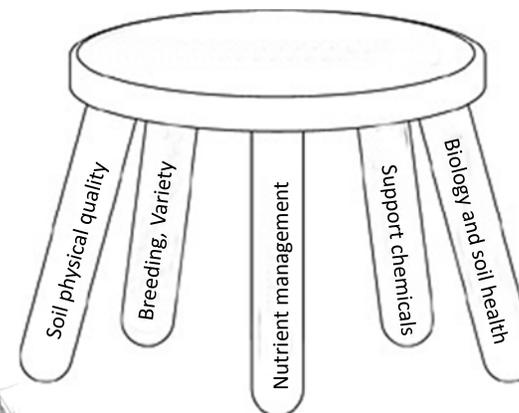
7

Theory of Collapse



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

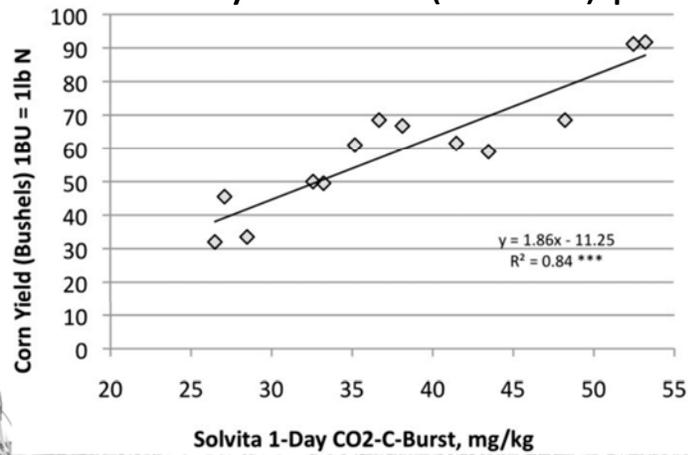
Complexity adds to stability



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

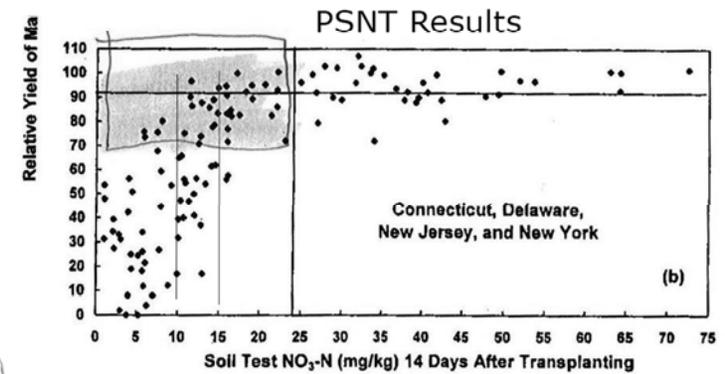
8

Biological underpinnings of yield revealed by Control (Zero-N) plots



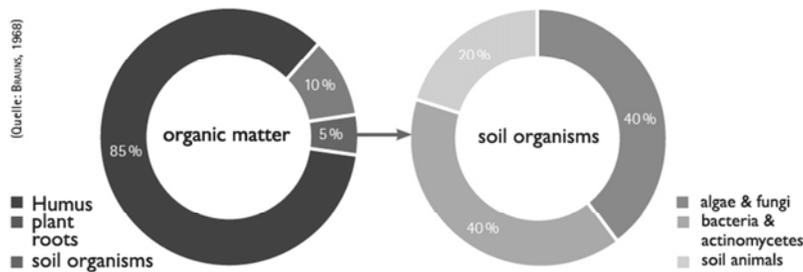
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Soils that perform well but soil tests predict N-need



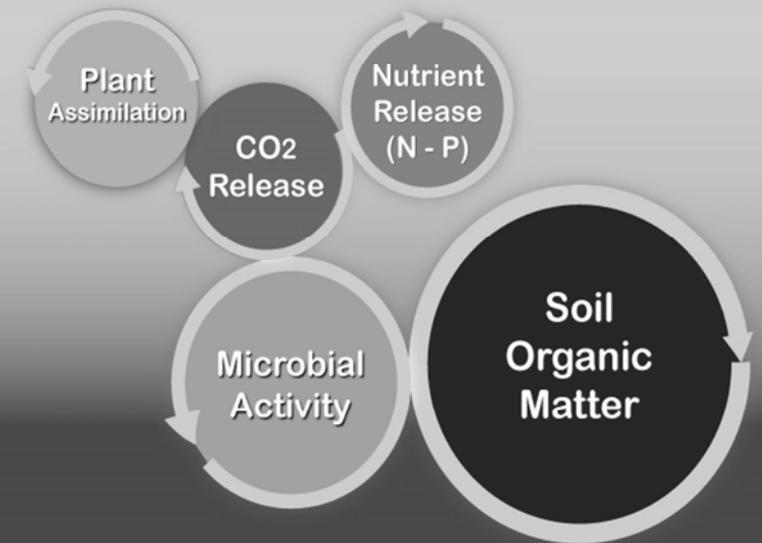
Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

The basis of soil life (and the source of soil respiration)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

The soil biological cycle

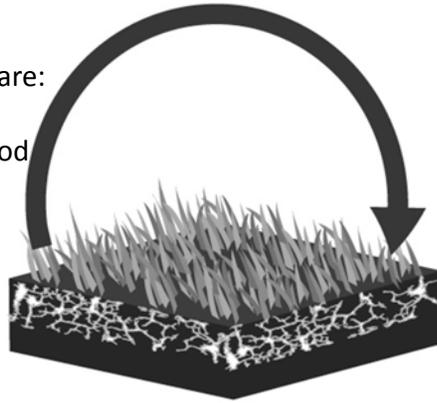


Big Picture

Soil biology (CO₂) transactions are:

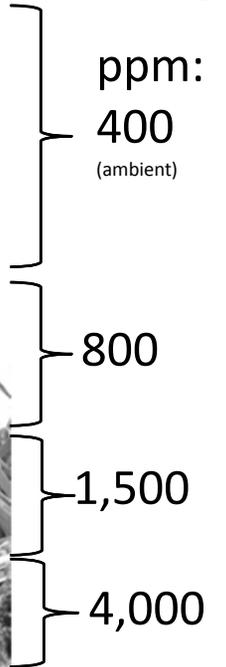
- Furnishing soil animals with food
- Sequestering CO₂
- Meeting plant needs for CO₂
- Releasing available N and P
- Dissolving soil minerals

Nature is balancing several equations simultaneously



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

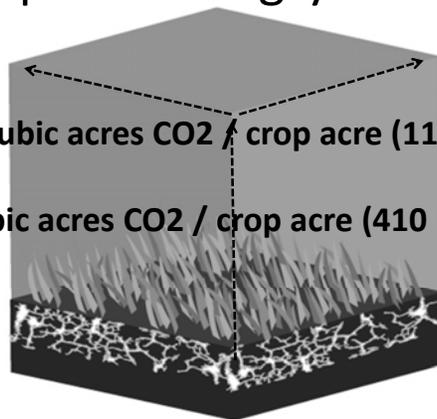
Where's all the CO₂ ? (from soil biological activity)



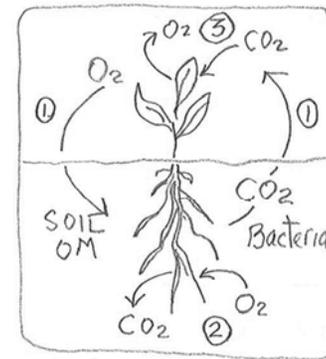
Crops are hungry for CO₂

Wheat – 10 cubic acres CO₂ / crop acre (110 lb CO₂/day)

Corn – 38 cubic acres CO₂ / crop acre (410 lb CO₂ / day)



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



3 forms of respiration

1. Soil biological food web: consumes soil organic matter, requires O₂ and produces CO₂
2. Plant root metabolism requires O₂ and releases CO₂
3. Plant above-ground photosynthesis absorbs CO₂ and produces O₂



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

WORMS = ROOTS

- Worms/roots transport OM, provide aeration & H₂O channels
- Earthworm canals enriched with C, NO₃ and avail. Phosphate
- Worms stimulate other fauna and microbial CO₂ respiration



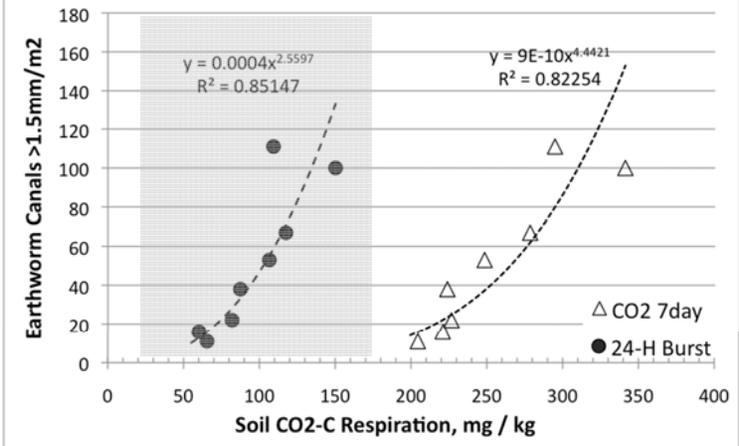
17

Photo: W. Brinton, Fairhope Farms PA 2014



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Relation of 24h & 7d CO₂-Respiration to Earthworm Canals in Long Term Field Studies



Source: Brinton et al. (1981) Swedish 17-yr Field Plot Studies: CO₂ Rates vs Earthworm Canals



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

A multitude of (excellent, impractical) CO₂ methods.

- Base-Trap potentiometric titration
- IRGA Pulse Infrared method
- CO₂-Train – flow & IR capture
- GC- Gas Chromatography
- CO₂-Manometry
- Flux chamber



Base-Trap titration
Early 1900's



IRGA system - 3 day
1980's technology



CO₂-Flux chamber –
since 1970's



Manometer
since 1860



GC – since
1950



CO₂-Train for long term tests
1995 era

18

Solvita® Mission: scaling soil biology as practical for soil labs & farms



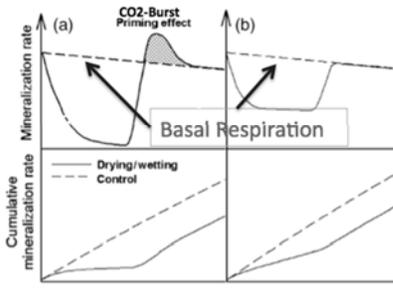
SOLVITA®

20

Solvita Soil Respiration for Soil Labs "CO₂-Burst" (drying-rewetting) (LAB USE)



40g soil pre-dried at 45C and water added at start of test

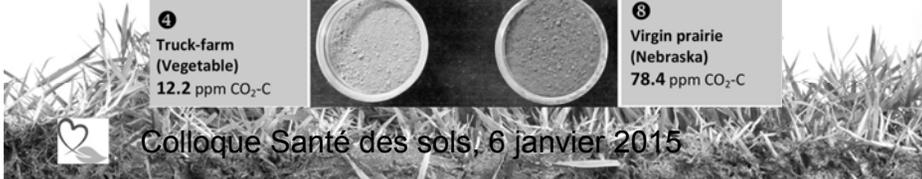
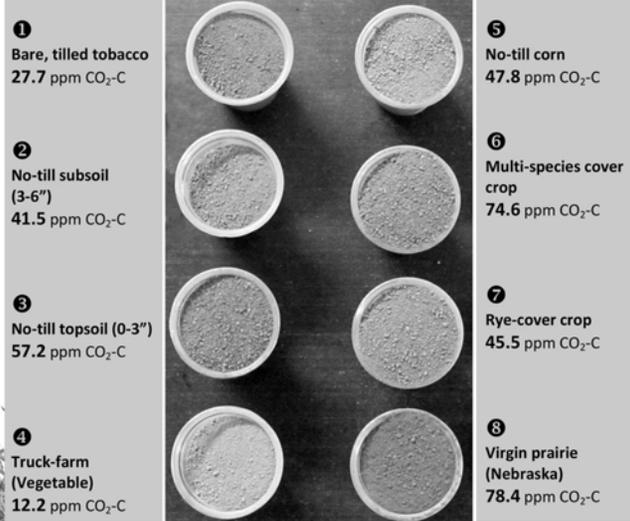


Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Commercial soil labs offering soil biology (Solvita) tests

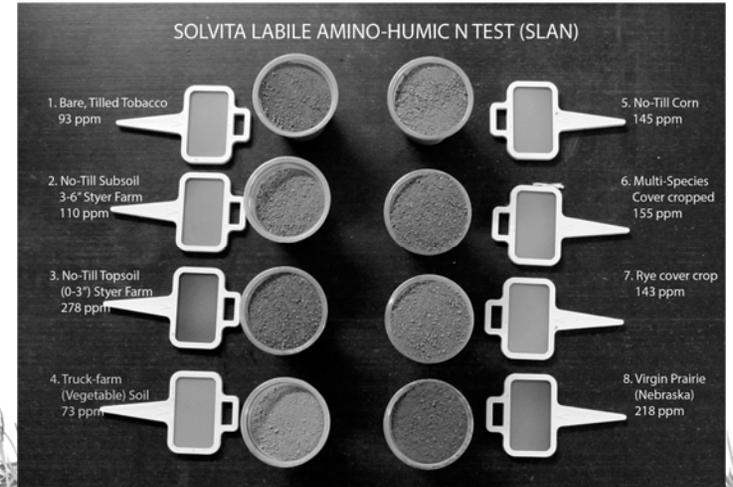


SOIL RESPIRATION RESULTS



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Humus-bound (organic) N pool



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Winter cover crops (improving soil biology, increase in soil organic-N)

Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

A Field Soil CO2 Test

- “Undisturbed” soil Basal-Respiration
- 24-hr test is simple to set up
- Reports lb/a CO₂-C release from soil over range 1 - 200



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Ways of reporting results



Ray Styer, No-Till Zero inorganic-N, Med-High CO₂ rate; high SLAN

- Index of soil biological activity
- Monitor soil improvements
- Compare to yield/strip plot results
- Show field-level soil CO₂ output
- Integrate into “soil health” lab tests
- Indicate potential N-mineralization
- SLAN: responsive/non-responsive indicator

Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Examples of Interpretation

Soil Status	SLAN Humus Amino-N	Lab CO ₂ -C Burst Respiration	Field Soil respiration
Very Low Biology	<80 ppm	0-20 ppm	0 – 15 lb/acre
Moderate Biology	100-160	20-60	15 - 30
Very High Biology	>160	60-175	30-100

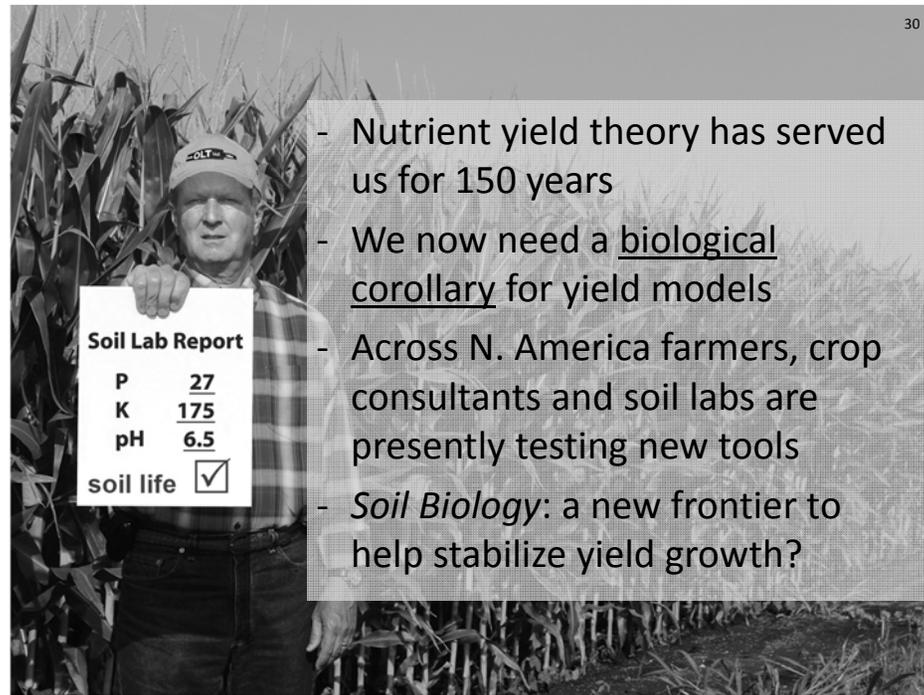
- Uses of results:
- Very low biology indicative of biologically exhausted soils
 - Moderate category – soils at balance between depletion and improvement
 - Very high results suggest reduced need for N (and other) fertilizers.

Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Integrate into any soil lab report



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

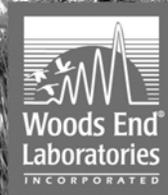


- Nutrient yield theory has served us for 150 years
- We now need a biological corollary for yield models
- Across N. America farmers, crop consultants and soil labs are presently testing new tools
- *Soil Biology*: a new frontier to help stabilize yield growth?



Merci beaucoup!

For information on Solvita tests, contact your soil lab
 Or visit solvita.com/soil/map
 Author's email: will.brinton@woodsendlab.com



Photos: W. Brinton, S. Troisi 2014

Questions?



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

agriculture intensive basée sur la santé du sol

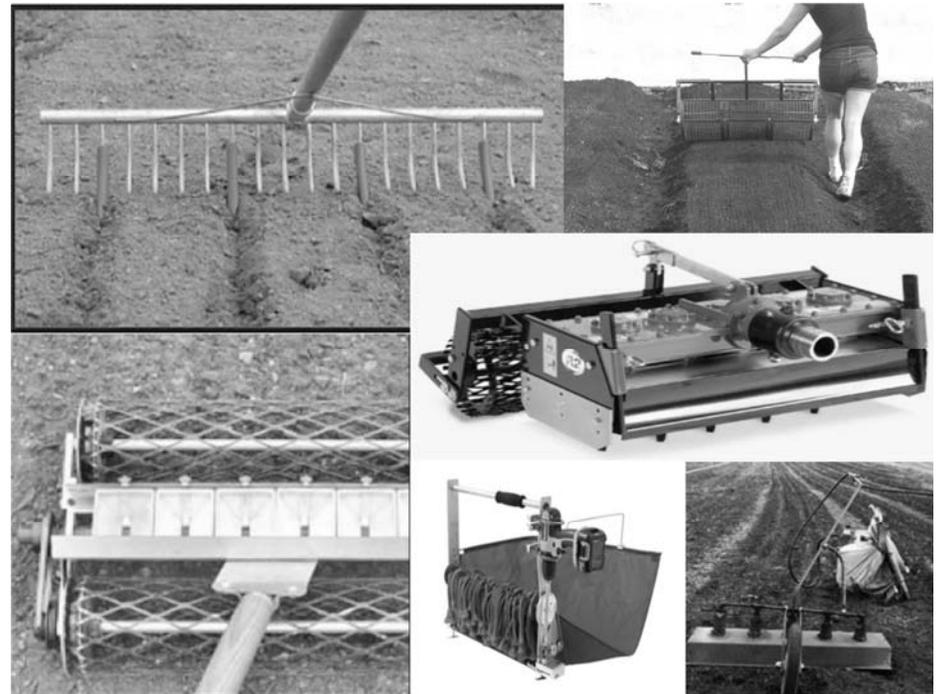
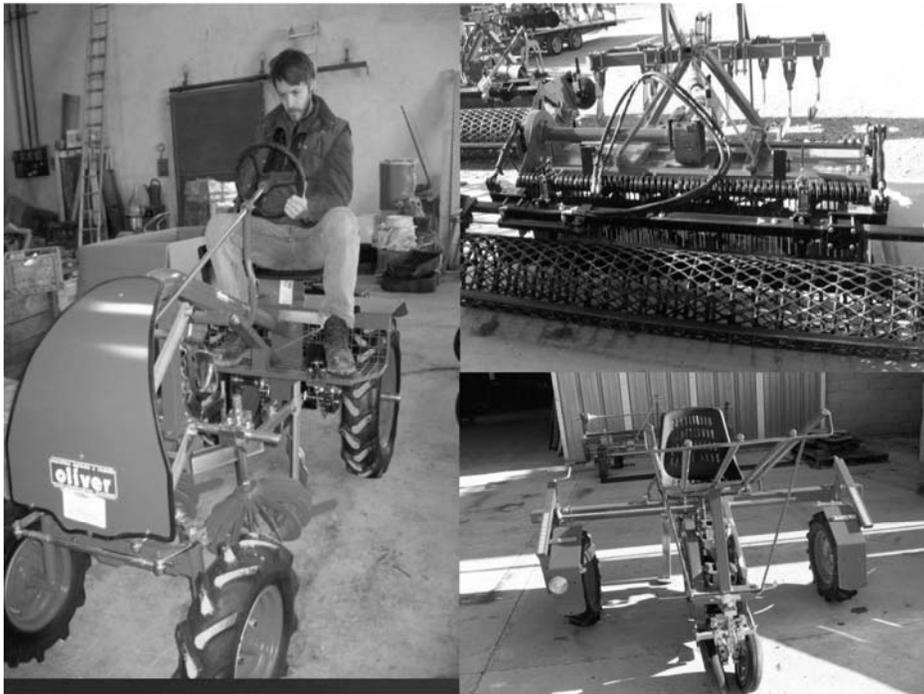
l'expérience aux Jardins de la Grelinette



Les Jardins de la Grelinette : Fermoscopie

- ⊗ Cultive 0.8 hectare en "bio-intensif"
- ⊗ 140 familles ASC (21 semaines) et 2 marchés fermiers
- ⊗ Vente de légumes produits en 2013 : 140 000\$
- ⊗ Main d'oeuvre : 2 fermiers -2 employé temps
- ⊗ En production de mars à décembre (9 mois)
- ⊗ Agriculture sans tracteur, peu de carburants fossils (3 200 \$ diesel, 2 600\$ propane, 260\$ essence)
- ⊗ 45% de marge net sur le chiffre d'affaire....







Professional 853
Differential Drive for
"turn-on-a-dime"
maneuverability!

BERTA flail mower

8 500\$
Vs
30 000\$



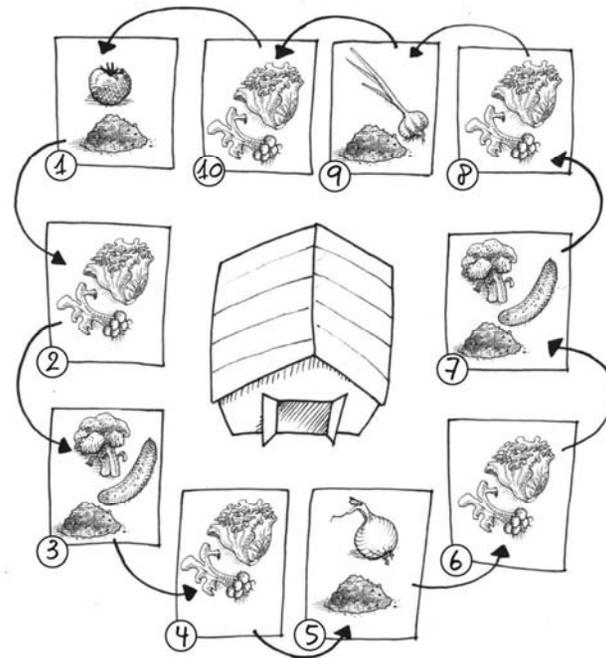
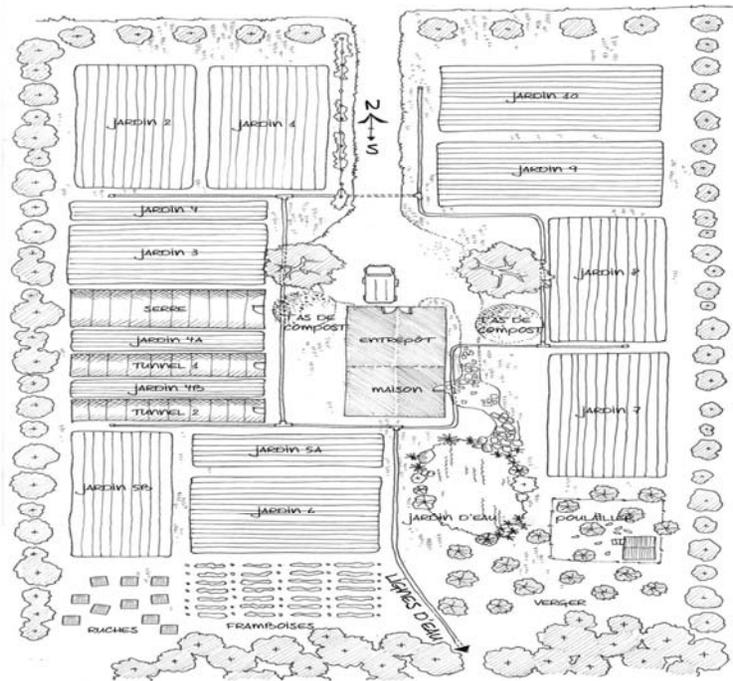
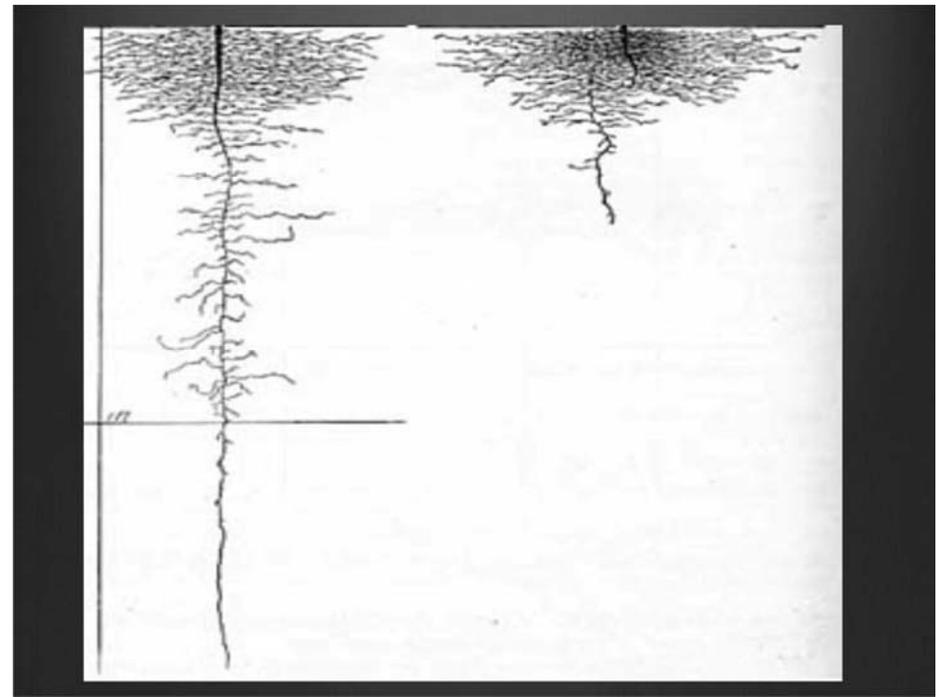
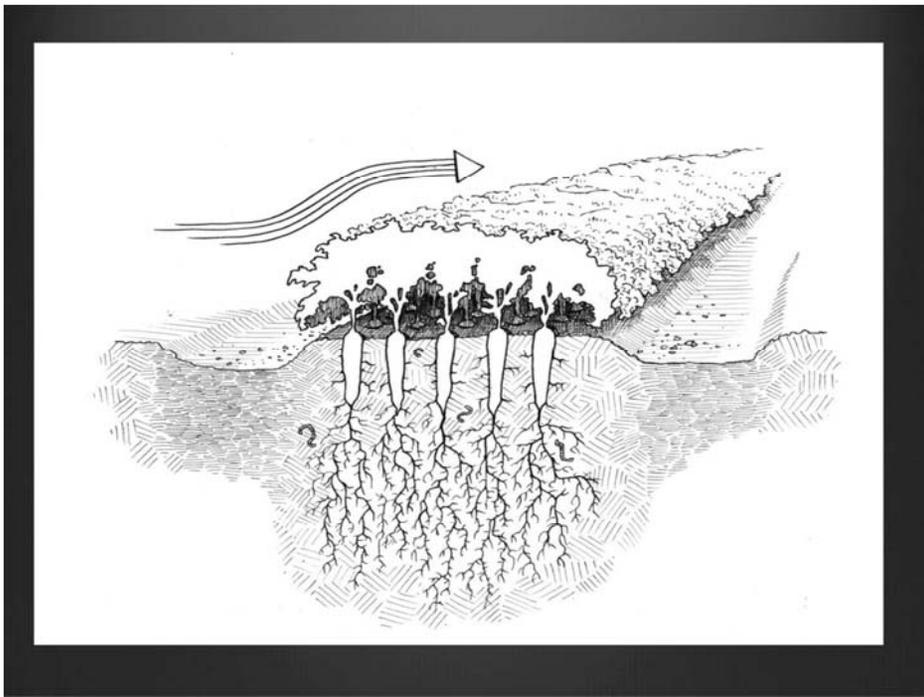


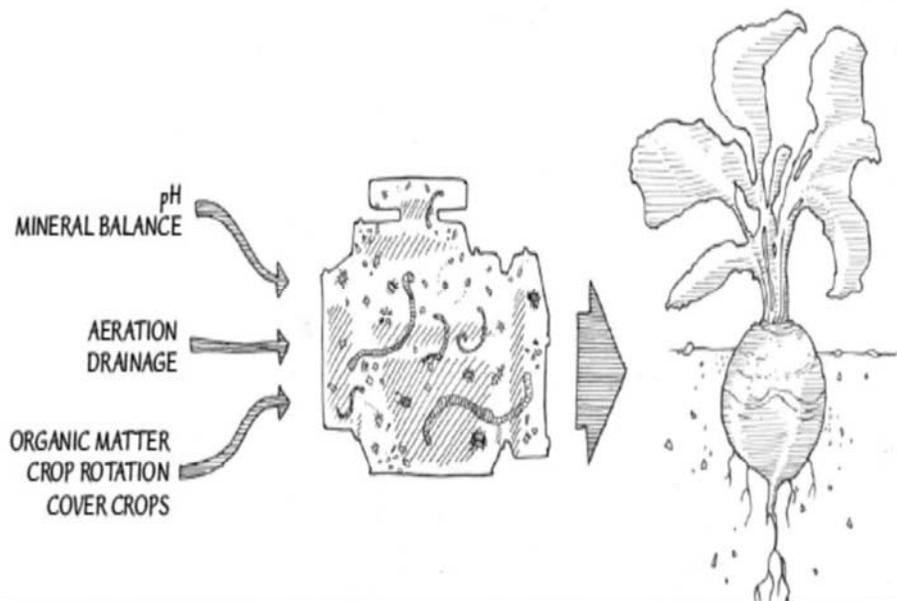
TABLEAU DE ROTATION 4

	Jardin 1	Jardin 2	Jardin 3	Jardin 4	Jardin 5	Jardin 6	Jardin 7	Jardin 8	Jardin 9	Jardin 10
Année 1	Solanacées Compost	Verdures Racines	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines	Liliacées Compost	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines	All Compost	Verdures racines
Année 2	Verdures racines	Solanacées Compost	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères	Verdures racines Compost	Liliacées Compost	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères	Verdures racines Compost	All Compost
Année 3	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines	Solanacées Compost	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines	Liliacées Compost	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines
Année 4	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines	Solanacées Compost	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines	Liliacées Compost	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères Compost
Année 5	Liliacées Compost	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines	Solanacées Compost	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines	Liliacées Compost	Verdures racines
Année 6	Verdures racines	Liliacées Compost	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines	Solanacées Compost	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines	Liliacées Compost
Année 7	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines	Liliacées Compost	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines	Solanacées Compost	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines
Année 8	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines	Liliacées Compost	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines	Solanacées Compost	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères Compost
Année 9	All Compost	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines	Liliacées Compost	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines	Solanacées Compost	Verdures racines
Année 10	Verdures racines	All Compost	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines	Liliacées Compost	Verdures racines	Cucurbitacées Crucifères Compost	Verdures racines	Solanacées Compost

«bio-intensive»







ratios if you plan to implement these recommendations on plots that differ in size from ours.

HEAVY FEEDERS (Solanaceae, Cucurbitaceae, some Brassicaceae)

Granulated poultry manure	0.7 short tons/acre or 1.6 gallons/bed
Compost	36 short tons/acre or 5 wheelbarrows/bed

ONIONS (including leeks and green onions)

Granulated poultry manure	1.1 short tons/acre or 2.6 gallons/bed
----------------------------------	--

LIGHT FEEDERS (root vegetables, mesclun [salad mix], lettuce, and greens)

Granulated poultry manure	0.9 short tons/acre or 2.1 gallons/bed
----------------------------------	--

PEAS AND BEANS receive no fertilizer.

GARLIC is fertilized in the fall as a heavy feeder with 36 short tons/acre (5 wheelbarrows/bed) of compost. Our fertilization plan accounts for the mandatory alternation between heavy and light feeders from year to year. In our rotation, each bed in the garden is treated with compost once every two years.

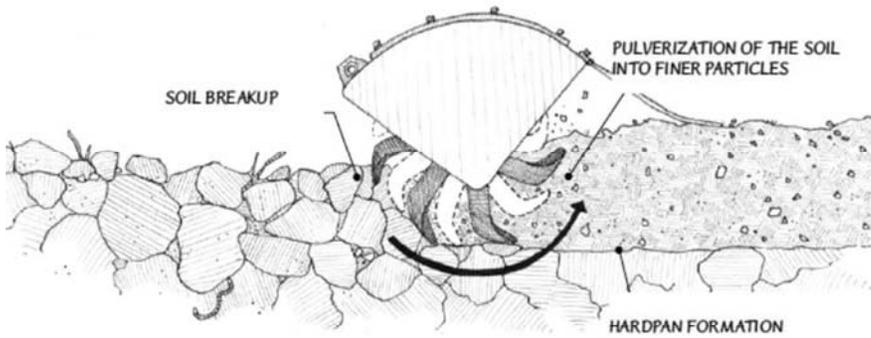
If a heavy feeder comes after a leguminous green manure in the rotation, we reduce its dose of granulated poultry manure by half.

NOTE:

- ☛ We have a separate fertilization plan for greenhouse tomatoes and cucumbers.
- ☛ Our wheelbarrows hold 5 cu. ft. of compost and weigh about 100 pounds when full.



We use 40 tons of compost spread on half the garden ±80 tons a acres !









Le jardinier-maraîcher
Manuel d'agriculture biologique sur petite surface

Auteur : Jean-Martin Fortier
Préface : Laure Waridel

Éditions **Écosociété**

Le Jardinier-Maraîcher

Manuel d'agriculture biologique sur petite surface

Auteur : Jean-Martin Fortier
Préface : Laure Waridel

Éditions écosociété

visitez nous sur facebook

Les Élevages R. Cadorette Inc.

par: Régis Cadorette, producteur-agronome



Élevages porcins naisseur/finisseur



Grandes cultures en rotation

sur 1850 acres



Gestion Ordonnée des cultures

- Fertilisation avec des engrais organiques
- Travail minimum du sol
- Application réduite de pesticides
- Cultures en rotation
- Semis direct







Gestion de nos lisiers en multi-strates
2014: 80 échantillons



Nos sites d'élevages et nos sites de cultures sont dans un rayon de 6 kilomètres.



L'application uniforme du lisier
production annuelle: 25 000 m³



Plan de travail aux champs

Nos alliés, les vers de terre



Notre premier semis du printemps: le blé



Début de levée du blé



Calibration avant le semis du trèfle Incarnat



**Application du trèfle Incarnat sur
nos semis de blé**



Blé en pleine croissance



Le résultat !



Observez, la pousse du trèfle Incarnat!



Récolte de paille intéressante



Jeunes pousses de canola



Canola en floraison



Bientôt la récolte...



**Récolte en cours...
observez le trèfle Incarnat!**



**L'emploi du trèfle Incarnat sur
nos semis de canola.**



Notre trèfle au meilleur de sa floraison



**Le soya, une culture très
avantageuse dans nos rotations**



**Été 2014: problème de maïs volontaire
dans les champs de soya**



**Infestation majeure de maïs volontaire
chez certains producteurs**



Soya prêt à récolter



**L'avantage d'avoir nos propres silos
d'entreposage**



**Notre premier essai de semis de trèfle Incarnat
dans le maïs.**



Notre essai semble concluant





**Évitons les temps d'attente
aux champs!**



**Utilisation de 3 batteuses pour nos
récoltes**

**Prises d'échantillonnages de sol
après la récolte de maïs**



**Identification de chaque cueillette
Saison 2014: 105 prélèvements**



Blé d'automne sur un semis de canola



Semis de blé d'automne: octobre 2014



Réveil du blé d'automne en avril



**Réalisé par:
Régis Cadorette, agr.**

**Montage:
Maude Cadorette, agr.**



Balancement du tracteur et ajustement de la pression des pneus

Résumé des données

Puissance P Hp
 KW

Rapport Charge/puissance Kg/HP
 Lb/HP

Maximum 72,5
 145

Type de tracteur 2 + 2
Type équipement semi portée

Poids équipement plein e

Poids équipement à vide e1

Type de pneu arrière

Poids total

Distance en m f

Poids pneu arrière Par kg lb

Vitesse km/h

Pression en PSI arrière int

Les poids sont en Kg

Poids ajouté c

Objectif 65

Répartition

Arrière x

Avant y

Poids ajouté i

Objectif 35

Type de pneu avant

Poids essieu b

Poids essieu h

Empattement en m a

Distance en m l

Poids pneu avant Pav kg lb

À vide Pav

Rayon minimum

Pression en PSI avant int

données physiques ext

Pression avant gauche	<input type="text"/>
Pression avant droit	<input type="text"/>
Pression arrière gauche	<input type="text"/>
Pression arrière droit	<input type="text"/>

k

Données physiques

Données calculées

Données des chartes

Objectif

Données physiques		Données calculées	
Puissance Hp	P	kW	
Données arrière			
Empattement (m)	a		
Poids arrière (kg)	b		
Poids roues (kg)	c		
		Poids arrière (kg)	d = b + c
Poids déporté (kg)	e		
Déportation (m)	f		
Poids déporté à vide	e1	Rapport arrière	g = f / a
Données avant			
Poids avant (kg)	h		
Poids roues (kg)	i		
		Poids avant (kg)	j = i + h
Poids déporté (kg)	k		
Déportation (m)	l		
		rapport avant	m = l / a
Calcul du poids de transfert avant et arrière			
Poids en moins sur les roues arrière (kg)		q	= k * m
Poids en plus sur les roues arrière (kg)		r	= e + (e * g)
Poids en moins sur les roues avant (kg)		s	= e * g
Poids en plus sur les roues avant (kg)		t	= k + (k * m)
Calcul du poids et de la répartition			
Poids total arrière (kg)		u	= d + r - q
Poids total avant (kg)		v	= j + t - s
Poids total (kg)		w	= u + v
Répartition arrière		x	= u / w * 100
Répartition avant		y	= v / w * 100
Charge/puissance (kg/HP)		z	= w / p
Charge/puissance (lb/HP)		z1	= z * 2,2
Constante R pour calculer la charge par pneu			
1) Si roue simple	2		
2) Si roue double	4 * 0,88		
3) Si roue triple	6 * 0,82		
Choix avant	1		
Choix arrière	1		
		Calcul du poids par pneu	
		Poids par pneu arrière (kg)	Poids arr = u / R
		Poids par pneu avant (kg)	Poids avant = v / R
<i>Aller dans une charte avec ce poids et la vitesse d'opération pour trouver la pression du pneu</i>			
Vérification dans les chartes de compagnies de la pression et du rayon minimum chargé			
Pression arrière psi ou kPa		0	
Pression avant psi ou KPa		0	
Rayon minimum chargé arrière		0 po	
Rayon minimum chargé avant		0 po	

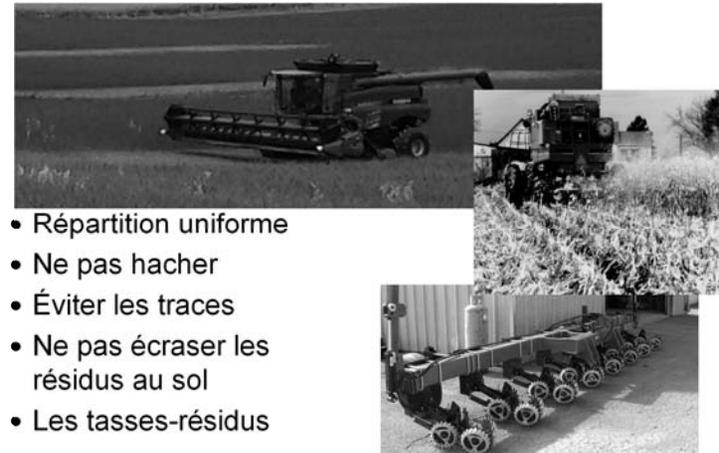
Ajustements semoirs à semis direct

Georges Lamarre, ing., et agr.
Conseiller conservation des sols et de l'eau
Mapaq, direction régionale de la Montérégie

1

À surveiller avant le semis

Gestion des résidus à la récolte



- Répartition uniforme
- Ne pas hacher
- Éviter les traces
- Ne pas écraser les résidus au sol
- Les tasses-résidus

2

À surveiller au moment du semis

Unité de fertilisation

Vis à engrais
Position de l'engrais

Coutre

Travail du sol
Positionnement
Profondeur de travail

Tasse-résidus

Pression sur les unités
Surface de contact entre les disques
Usure des disques

Unité de semis

Sabot
Position de la semence
Bague d'usure
Roues de caoutchouc
Tasse-semence
Système de distribution des grains

Fermeture du sillon

Roues plumbeuses

Pression des pneus
Vitesse d'avancement

3

Gestion des résidus

- Répartir uniformément
- Ne pas hacher
- Ne pas faire de trace
- Ne pas écraser les résidus au sol

4



**Roues
doubles**

5

Répartir uniformément et hacher les pailles

Choisir le bon moment, sol sec ou gelé



6

**soya semé dans une trace de
moissonneuse-batteuse**



7

Adaptation des équipements

- Dégagement des résidus
- Placement de la semence
- Fermeture du sillon
- Création d'un milieu propice au développement de la semence

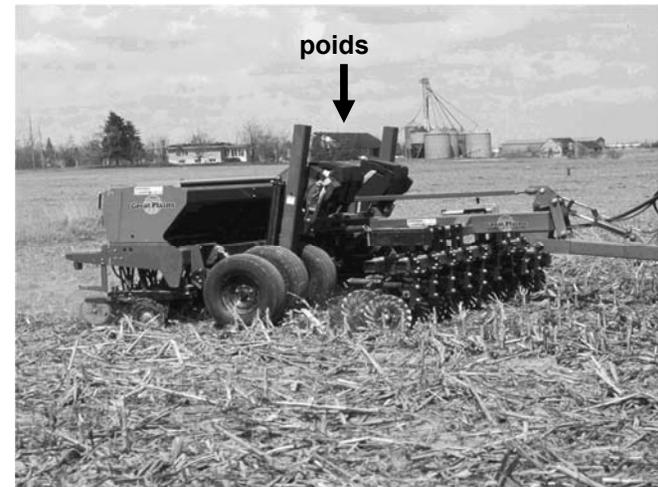
8

Semoirs à soya et céréales

- Semoirs conçus pour semis direct de céréales, plantes fourragères et soya
- Semoirs en rangs pour soya
- Pas nécessaire de dégager les résidus

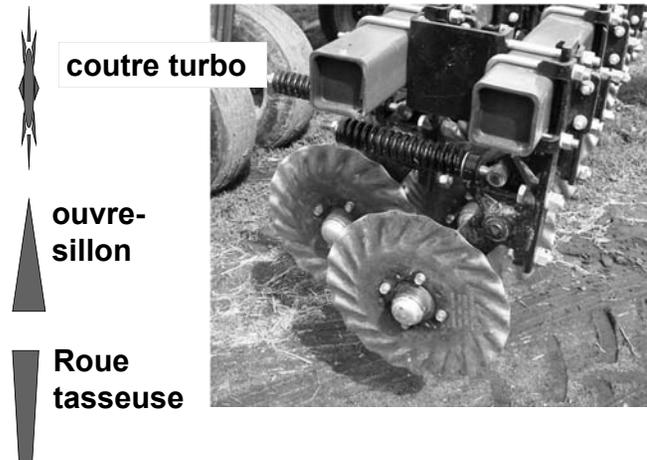
9

semoir avec coutres placés sur barre porte-outils



10

principe



11

disque à angle
sabot
roue tasseuse



12

Attention lors de virages:
les unités ne suivent pas les coutres



13

soya à 30 pouces (76 cm) :
semer près du rang de maïs

il faut du poids aussi



14

compaction des parois du lit de semence

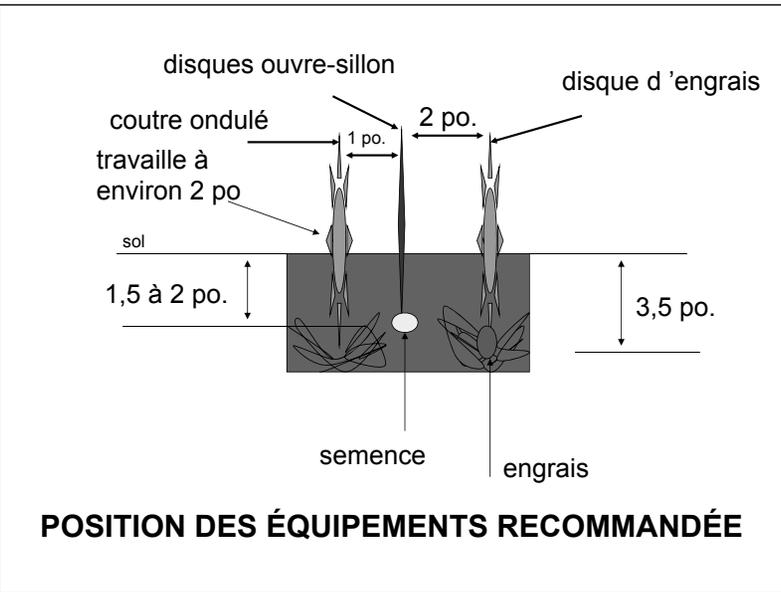


15

Semoirs à maïs

- Semoirs de conservation
- Modifications et adaptations
- Priorités:
 - Placement de l'engrais
 - Pression suffisante
 - Placement de la semence
 - Dégagement des résidus

16

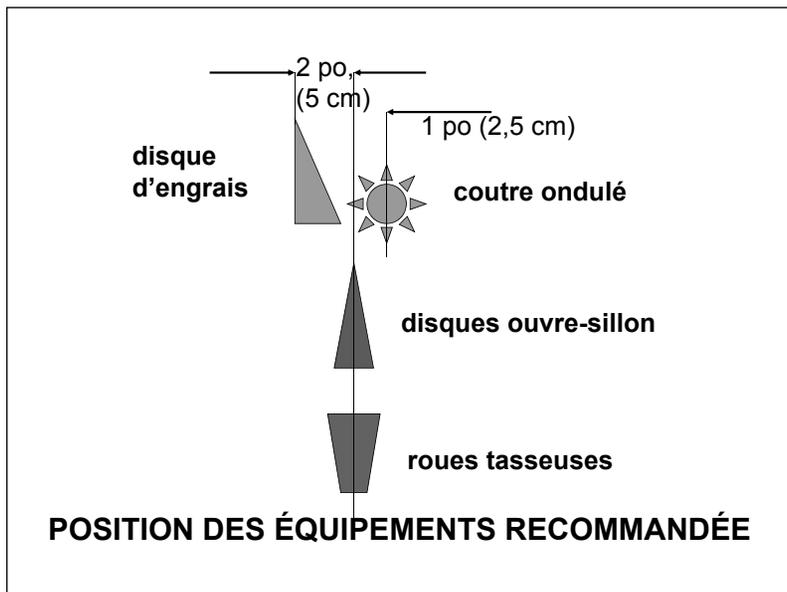


17

PRÉPARATION



18



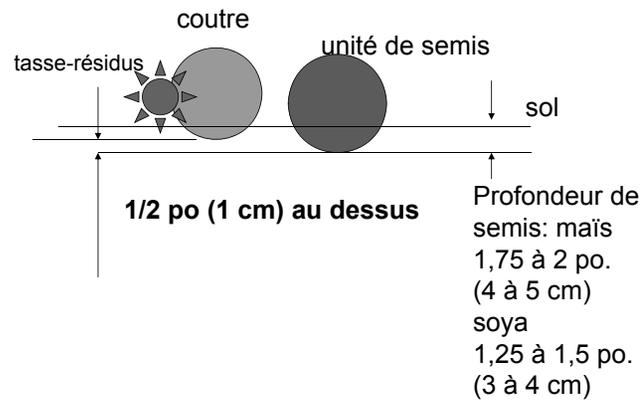
19

Position disque engrais en semis direct



20

PROFONDEUR DE TRAVAIL DU COUTRE PLACÉ DEVANT L'UNITÉ DE SEMIS



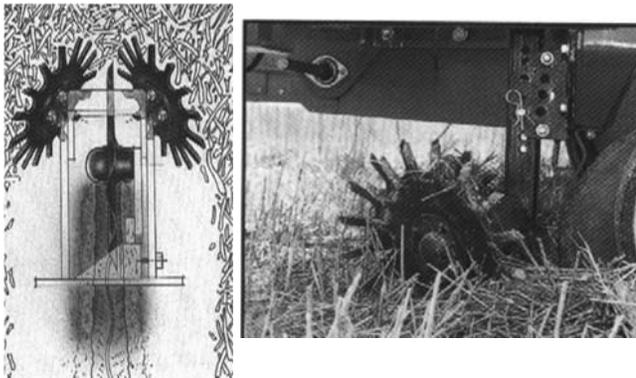
21

Placement de la semence

- Disques bien aiguisés et de bon diamètre
- Tasse-semence
- Sabot sauf dans les sols argileux
- Déplacement indépendant des roues de profondeur
- Assurer une bonne adhérence des roues de profondeur sur les disques ouvre-sillons

22

DÉGAGER LES RÉSIDUS



23

Vérification de l'alignement des roues tasseuses



24

40 conseils en 40 minutes

Mario Lefebvre
Pierre Bolduc
Marie-Claude de Martin
Wayne Stephenson

1. Avoir le désir de vouloir faire mieux
2. Cultive pas pour ta machine, elle ne cultive pas pour toi
3. Installer des haies brise-vent
4. Trouver une personne ressource... disponible en tout temps
5. Arrêter de travailler dans le sens de la pente
 - Travailler en bandes de cultures alternées, les différents stades de croissance permettent un meilleur contrôle de l'érosion



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

6. Avant de commencer à faire du semis direct, s'assurer de nettoyer les fossés
7. Prendre le 10 minutes à l'hectare pour ne pas avoir de remorques de grain dans le champ
8. Faire des profils de sols, les creuser soi-même
9. Ça prend de la matière organique
10. Travailler dans de bonnes conditions



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

11. Pas de travail de sol à l'automne
12. Aller chercher des amendements
13. Pas se décourager quand les résultats sont décevants, mais trouver pourquoi ça n'a pas marché
14. Toujours remettre en question
 - Soyez ado... quand vous prenez des décisions, et toujours se poser la question pourquoi?
15. Savoir 2 – 3 ans d'avance ce que tu vas mettre dans ton champ



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

- 16. Faire des analyses de sol et corriger le ph s'il y a lieu
- 17. Être ouvert
- 18. Faire des rotations
 - Avec du foin si possible, ça repose le sol
 - Compenser avec des cultures de couverture
- 19. Les analyses de sol, les faire soi-même
- 20. S'informer le plus possible



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

- 21. Moins de chimique, moins de chaux
- 22. Développer une vision à long terme
- 23. Réseauter, jaser avec les autres dans les corridors... aussi profitable que les conférences
- 24. Éviter les au cas ou...
 - Réfléchir sur les pourquoi
 - Le moins possible de traitements de semence
- 25. On s'en fout des tracteurs, parlons sols!
 - Arrêter de passer trop de temps dans l'atelier, il faut sortir dans les champs



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

- 26. Semer quand c'est le temps
- 27. Donner de la bouffe aux vers de terre
 - Le labour, c'est les vers de terre qui le font
- 28. Prendre le contrôle des forfaitaires
 - Savoir exprimer nos besoins... avec diplomatie
- 29. Faire l'amour à son sol, un sol c'est précieux
- 30. Pneus adéquats pour l'équipement et le travail



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

- 31. Pas rouler où tu sèmes
- 32. La place la plus importante quand tu sèmes ? À 4 pattes derrière le tracteur!
 - S'assurer que les résidus soient bien gérés
 - Prendre le temps d'ajuster le semoir
 - Tout repose sur le semis
- 33. Attention aux conditions d'épandage du fumier
- 34. Trouver des alternatives au chimique et au mécanique
- 35. Rouler moins vite au semis



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

- 
36. Récolter le plus possible dans de bonnes conditions
 37. Développer la tolérance aux autres plantes
 - Accepter la biodiversité
 38. Faire des tests chez soi
 39. Pratiquer la paresse
 - Économie de temps et d'énergie
 - Économie de carburant
 40. Prochain virage, les racines des plantes
 - Nourrir le sol
-



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Pratiquer la paresse

- Économie de temps et d'énergie
- Économie de carburant

Mario



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015



Prochain virage : la racines des plantes

- Nourrir le sol

Wayne



Colloque Santé des sols, 6 janvier 2015

Merci à nos commanditaires amis



□ - BASF



La Coop
 **Comax**



Desjardins & Cie

C'est tout Desjardins qui appuie les entreprises.



Desjardins, fier partenaire du Colloque Santé des Sols.

Desjardins croit à l'importance et à la vitalité du milieu agricole de la région. C'est pourquoi, chaque année, nous appuyons plus de producteurs agricoles que toute autre institution financière.

C'est aussi pourquoi Desjardins est fier de présenter le Colloque Santé des Sols.

Desjardins Entreprises
Vallée du Richelieu-Yamaska
Saint-Hyacinthe

450 261-8888
1 866 465-8888

Desjardins Entreprises
Haut-Richelieu-Yamaska
Granby et Saint-Jean-sur-Richelieu

450 770-7033
1 866 377-7033

Desjardins Entreprises
Drummond
Drummondville

819 395-2011
1 877 395-2011

Desjardins Entreprises
Sud-Ouest de la Montérégie
Saint-Rémi

450 454-3232
1 888 681-3232



Desjardins
Entreprises

Coopérer pour créer l'avenir