



Comment Développer la fertilité des Sols ?

Le cas de l'Azote dans la Nature et pour l'Agriculture

Québec 

 Votre
gouvernement

 réseau
agriconseils
Montréal-Laval-Lanaudière

 UPA
POUVOIR NOURRIR
POUVOIR GRANDIR
Lanaudière

 PRODUCTEURS DE
GRAINS
LANAUDIÈRE

 LVH
LA VACHE
HEUREUSE
www.lvh-france.com

05 Février 2020

Journée Grandes Cultures Lanaudoise (Canada)

Konrad Schreiber – Agronome – LVH-France.com

Des sols toujours couverts

Pour une agriculture régénérative et climatique

Le cas Azote

Konrad Schreiber,
Agronome des sols vivants



Plan de la Présentation

Résultats de terrain : les plantes poussent toutes seules grâce au carbone

Hypothèse de travail : l'Azote vient de l'air, le carbone vient du sol



A close-up photograph of dark, rich soil. A single green plant stem is visible in the upper left corner, extending diagonally across the frame. The soil is textured and appears to have some small holes or air pockets. A dark grey rectangular box is overlaid in the center, containing white text. There are white corner brackets on the left and right sides of the box. In the top right and bottom right corners of the image, there are faint, stylized icons that look like film strips or frames.

Quels résultats à la production?

Courge sur prairie: ITK classique, travail du sol et fertilisation + irrigation + phyto

1) Prairie vivante, sol vivant
Forte AB, bonne structure

2) 2 à 5 outil de travail du sol
Destructuration du sol, de l'AB,
des VDT,
Lessivage N, baisse rapide de la
MO.

3) Sol nu
Surchauffe du sol, perte de l'eau,
pas de nutrition de l'AB, érosion,
perte de fertilité

Plan de potimarron

Arrosage et phyto

Enracinement difficile, désherbage,
maladies

Rendement : 20-40 tonnes/ha

Travail du sol obligatoire et
fertilisation tous les ans.

Charges : \$

\$\$

\$\$

\$\$

\$\$

\$\$\$\$\$

\$\$\$\$\$

Marge:\$

=\$\$



Course sur prairie: ITK Sol Vivant, sans travail du sol + litière nutritive

Charges : \$

1) Prairie vivante, sol vivant

Forte AB, bonne structure

1) MO fort C/N 20-40 tonne/ha

Nutrition du sol. Maintient de la MO

2) Bâche tissé 130 gr/m²

Désherbage total, protection du sol

3) Plan de potimarron Peu

ou pas d'arrosage

Peu ou pas de maladie

4) Rendement : 30-50 tonnes/ha

*Fort taux de sucre,
bonne conservation*

Possibilité de monoculture
plusieurs années de suite

\$

\$

\$\$

\$\$\$\$\$

\$\$\$\$\$

\$\$

Marge:\$

=\$\$\$\$

\$\$\$\$



Monoculture de maïs grain en SCV : ITK Sol Vivant + litière nutritive + désherbage + irrigation

1) Couvert végétal méteil, sol vivant

Forte AB, bonne structure

2) Semis dans MO à 8 tonneMS/ha

Mélange graminée + légumineuses,

Nutrition du sol. Maintient de la MO

4 t MS de racine + rhizodépot

3) Semis serré + phyto

Désherbage total, protection du sol

phyto/2 et + selon biomasse de litière

Semences maïs + méteil

Désherbage/2 et +

Pas de fertilisation

Irrigation -30%

4) Rendement : 11 tonnes grain/ha

Fort taux de sucre, bonne conservation,

10 t MS de paille

+ 13 t MS racines + rhizodépot

Monoculture sans soucis

Ration du sol : 35 t MS/ha/an

Ration du sol : 14t MS de carbone

Ration du sol : 200 UN/ha (couvert)

Besoin du maïs : 300 UN/ha

Charges : \$

\$

\$

\$

\$\$

\$

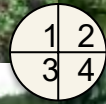
\$

\$\$\$\$\$\$

\$\$\$\$\$\$

Marge:\$

=\$\$\$\$\$



réseau
agric

Qu

Reconstruire un sol progressivement : recharger en carbone en MSV*

*MSV : Maraichage sur Sol Vivant

20 - 40 de paille enfoui sur 10-20cm

2 années de suite

Augmentation du taux de fécondité des VDT

Arrêt du travail du sol

Nutrition forte du sol
pour remonter la MO

20-40 tonnes MS/ha/an = Ration du sol
Apport de litière à fort ISB

Fertilisation N à 100% des besoins des
plantes (2,3 ans) puis sevrage de l'azote
jusqu'à 0



réseau
agriConseils
Montréal-Laval-Lanaudière

Québec

LVH
LA VACHE
HEUREUSE

PRODUCTEURS DE
GRAINS
LANAUDIÈRE

POUVOIR NOURRIR
POUVOIR GRANDIR
Lanaudière

Votre
gouvernement

La fertilité des sols et l'azote dans la nature – K.Schreiber – 05 février 2020 – (Québec)



La terre Fertile : de quoi parlons nous ?

C'est la plante qui produit la terre fertile sur laquelle elle prolifère pour pousser toute seule



Le modèle qui produit la terre fertile grâce auquel les plantes poussent toutes seules !

AVEC RIEN, JE SAIS TOUT FAIRE !

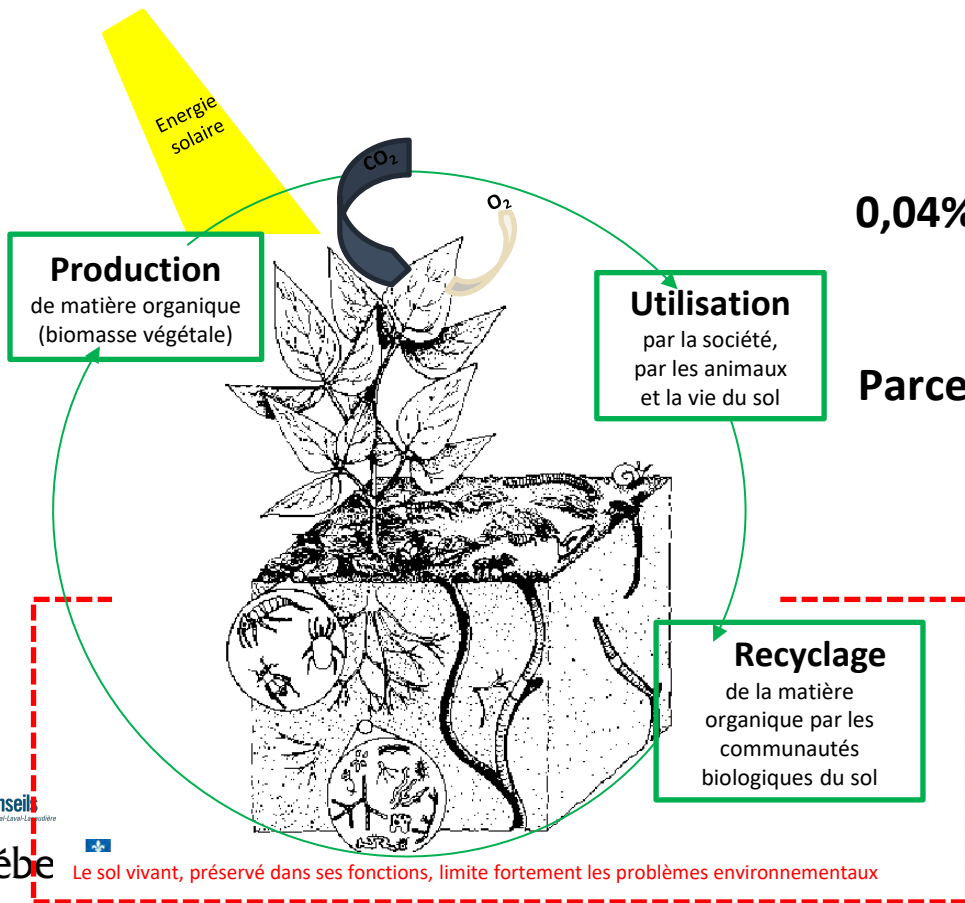
0,04% CO₂ dans l'air génère toute la vie sur terre
Mais également 80% d'azote !

Parce que je recycle tout, je ne manque de rien !

Dans l'atmosphère : 750 GT de carbone
La photosynthèse : 62 GT de carbone/an

http://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_du_carbone

Produire / Consommer / Recycler
Les 3 fonctions fondamentales de
l'écosystème, base de toute durabilité



Québec

Le sol vivant, préservé dans ses fonctions, limite fortement les problèmes environnementaux

⇒ La durabilité est dans cycle du couple sol/plante
 ⇒ Dans la nature, les plantes poussent toutes seules ...

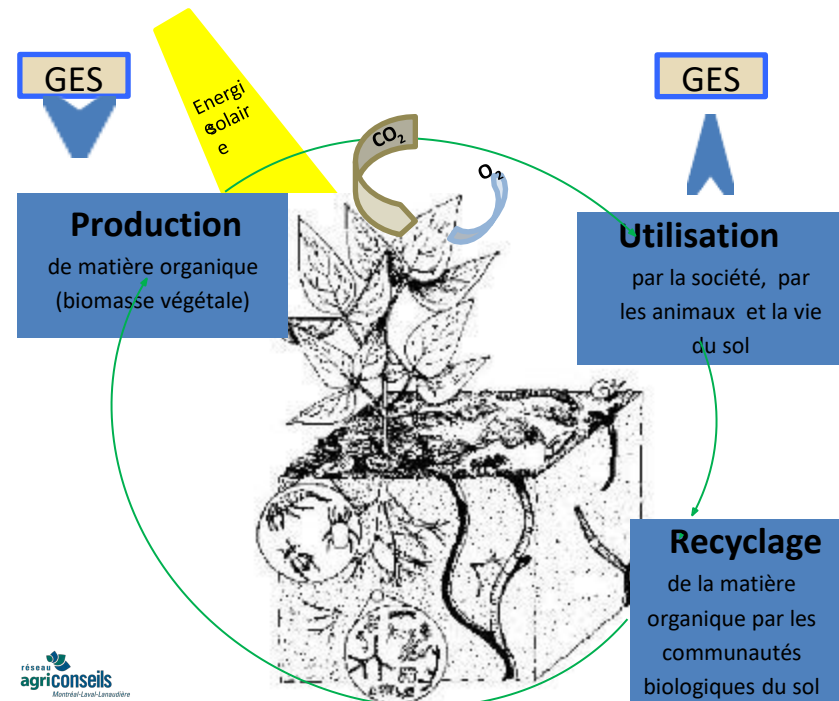


Figure 1. The soil is recycling with organisms that cycle nutrients from soil to plant and back again.

Nourrir 3 fois :



Copier la nature en agriculture : principes

1) Conservation des sols

-- **Le sol puit de carbone** --

- a) couverture permanente
- b) intervention minimum

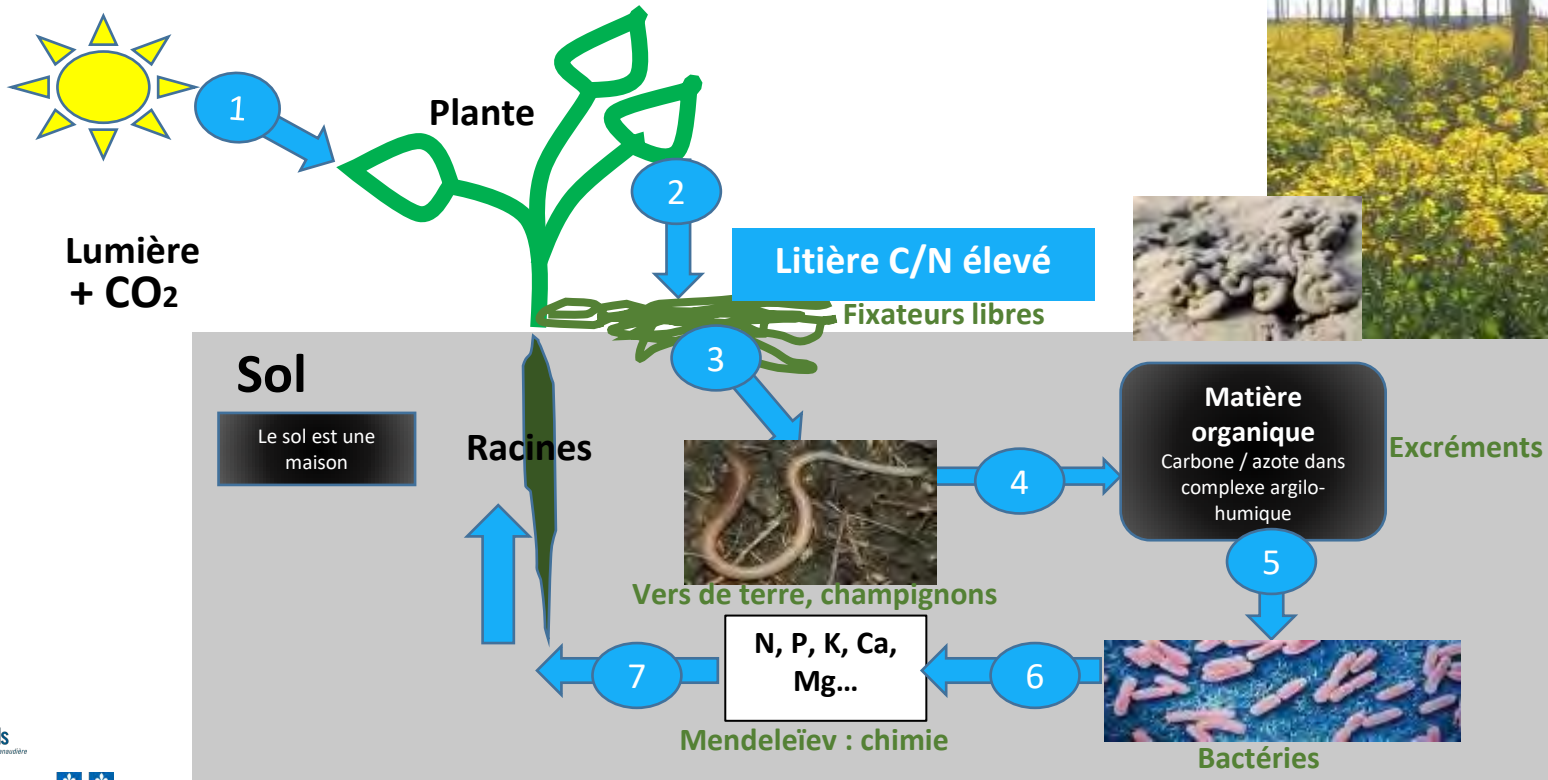
2) Le rendement carboné

-- **Rendement maximum du végétal** --

- a) forte production de biomasse
- b) biodiversité
- c) recyclage maximum

Québec

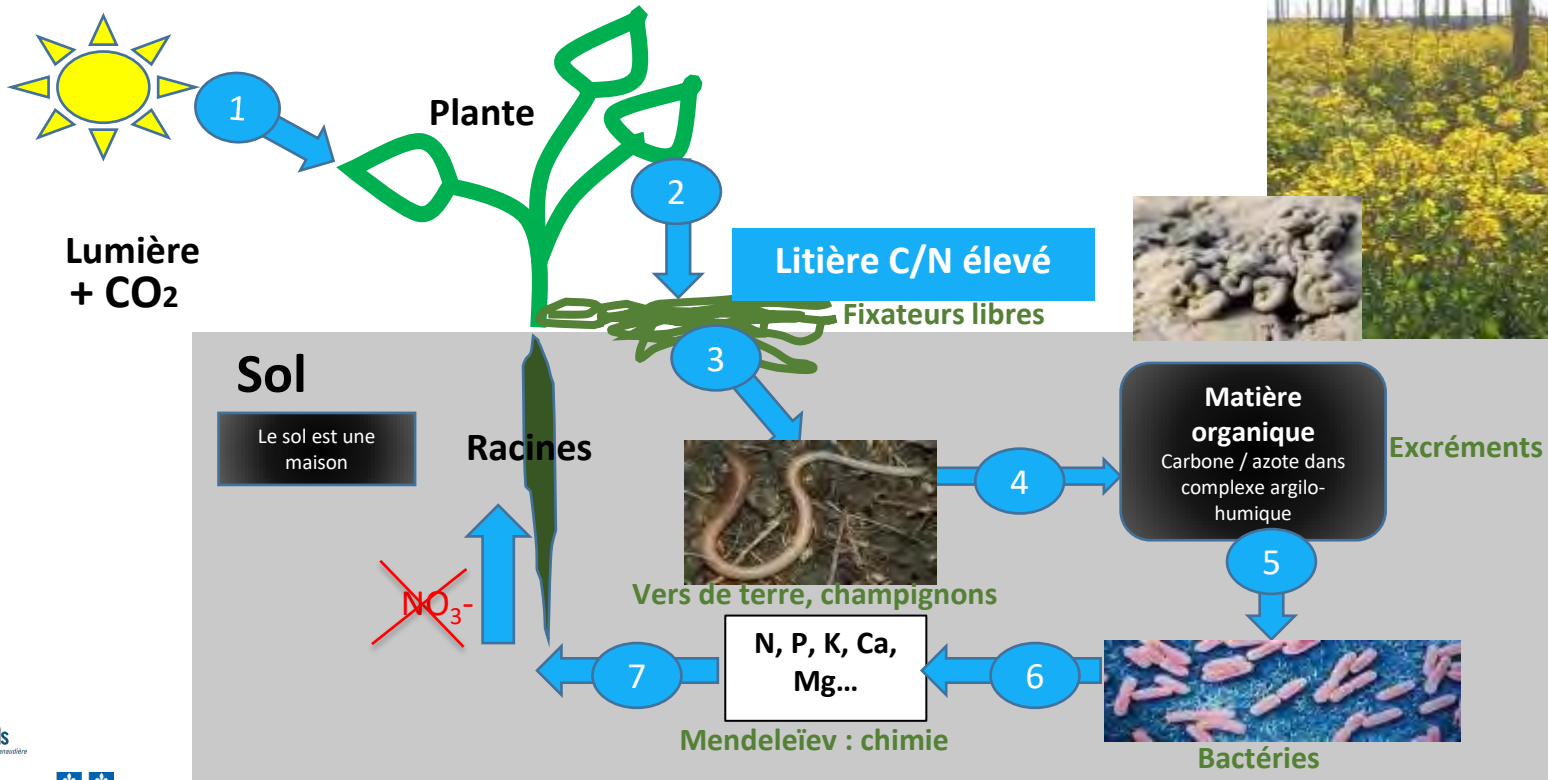
Les sols fertiles : comment ça marche ?



Un sol fertile : plus je nourris, plus je produis !

Attention, produits frais obligatoires (résidus de couverts en fleurs, paille, feuilles, bois, racines)

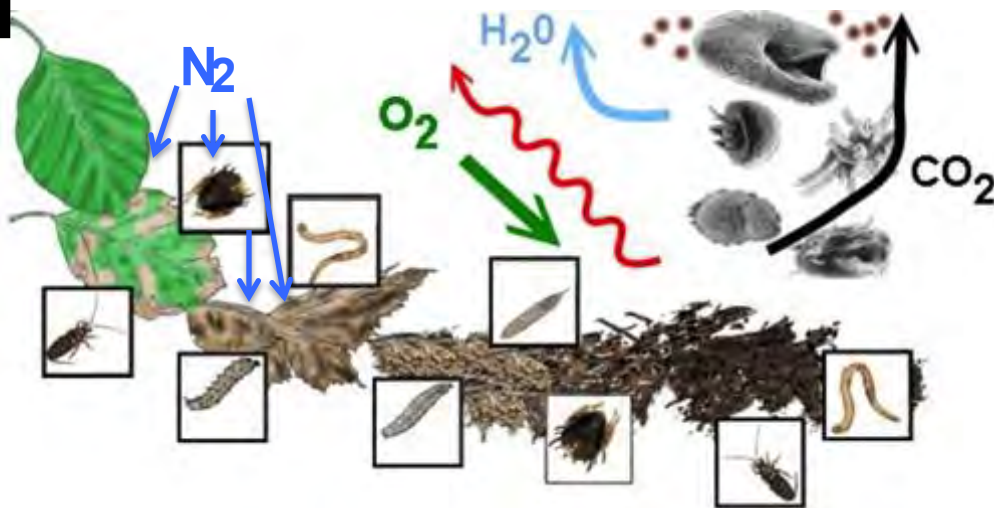
Les sols fertiles : comment ça marche ?



Un sol fertile : plus je nourris, plus je produis !

Attention, produits frais obligatoires (résidus de couverts en fleurs, paille, feuilles, bois, racines)

L'activité biologique du sol travaille à sa fertilité... ... en recyclant continuellement la matière organique



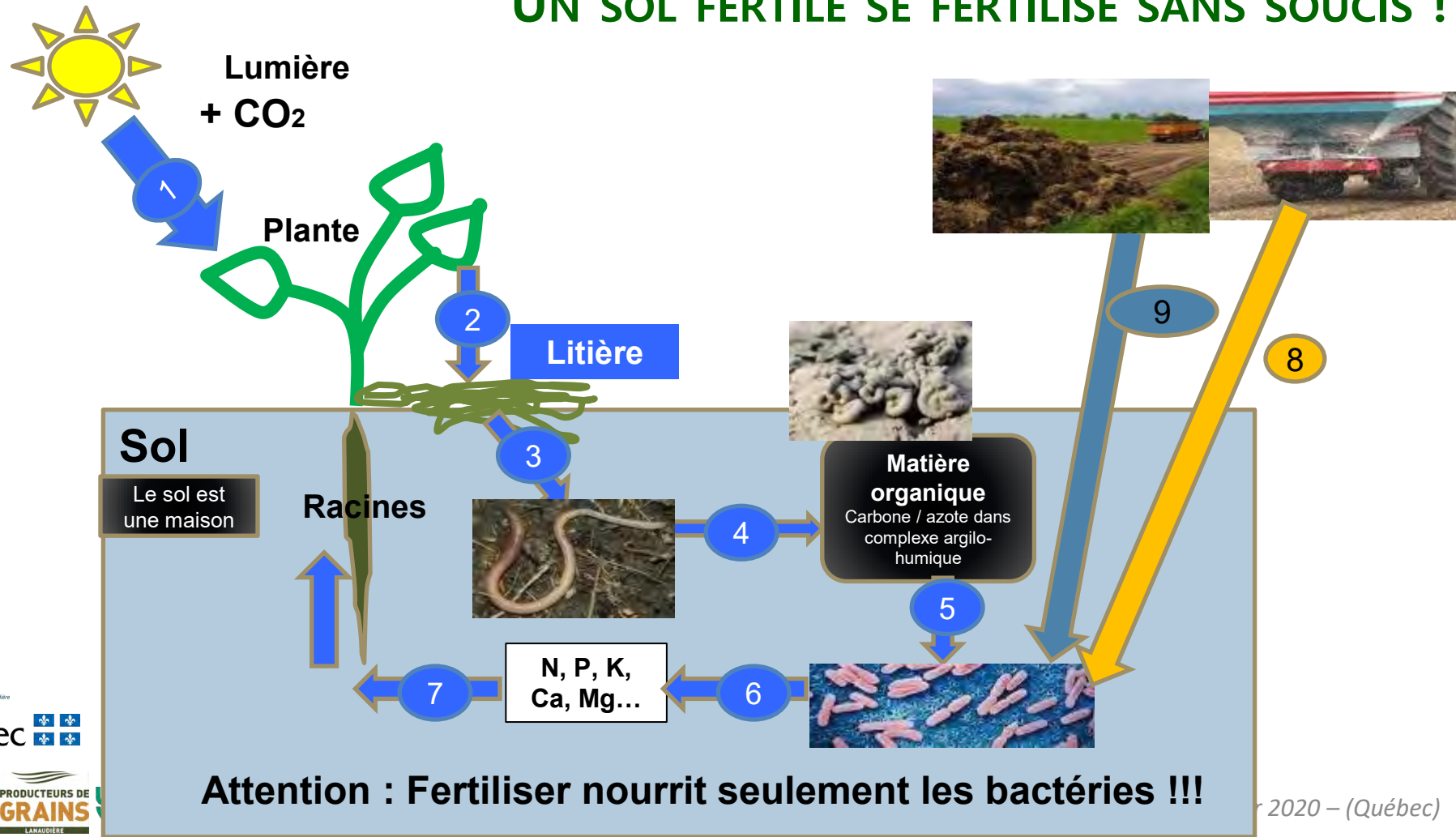
- Un cortège vivant à la fois :
- ❖ Nourrit par du carbone
 - ❖ Capteur d'azote N_2
 - ❖ Constitué de carbone et de protéines
 - ❖ Diffuseur de carbone et d'azote.

« Ça pousse tout seul ! »

Fertiliser ≠ Fertilité !

On peut fertiliser un sol qui possède un cycle de fertilité

UN SOL FERTILE SE FERTILISE SANS SOUCIS !



1) Stade azote // légumineuse // C/N faible



Dans le nature, d'où vient l'azote ?



2) Stade carbone // Cellulose, lignine // C/N fort

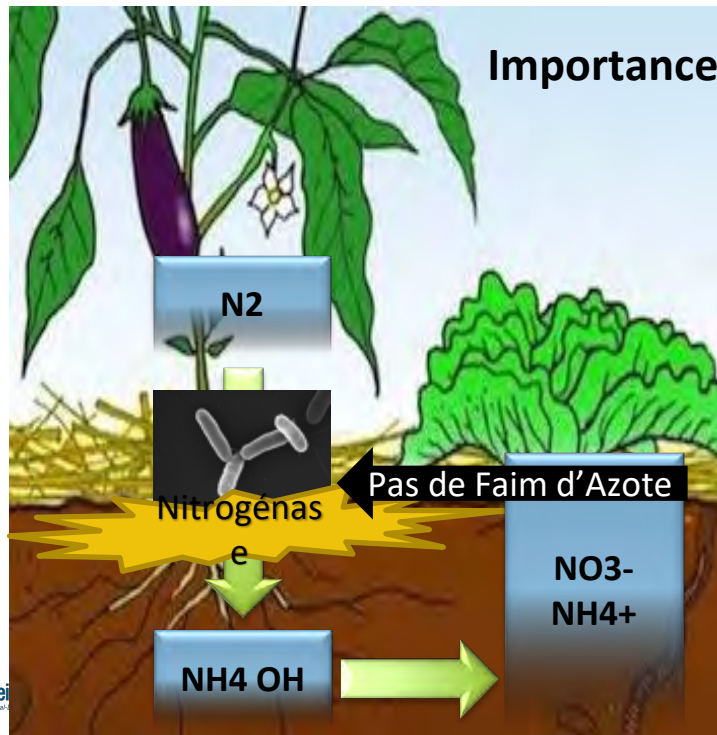


Ça pousse tout seul : Rendement conventionnel en MSV*

“Je mange du carbone et je produis de l'azote !”

François et Daniel MULET, Breteuil (27)

RLH



Importance de positionner la MO en surface, dans l'azote.

Fixation biologique d'Azote depuis l'air (N_2)
 Pas de Faim d'Azote si MO en surface
 Il y a assez d'azote dans l'air !

Minéralisation de l'humus

Succion d'azote dans la rhizosphère

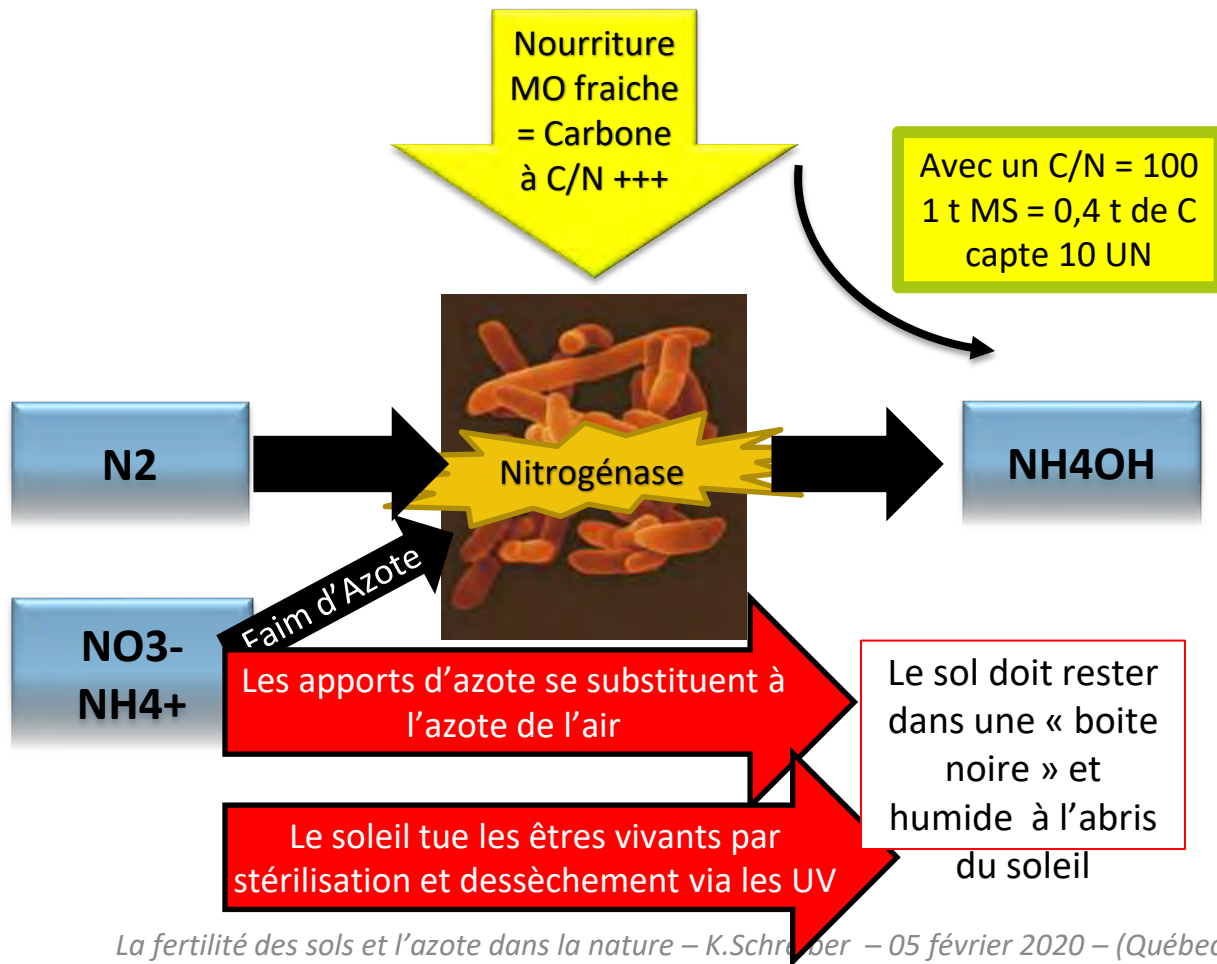


Le sol digère de la paille (feuilles mortes, branches, bois, racines)

Les fixateurs libres comprennent des genres très divers :

Azotobacter, Nitrobacter, Azospirillum, Acetobacter, Diazotrophicus, Clostridium, Klebsiella, Bacillus, Pseudomonas, Rhodobacter, Rhodospirillum, Synechococcus.

Dynamique des populations conditionnée par la nutrition carbonée, l'humidité, l'abris de la lumière.



réseau **agriConseils**
Références:
Lydie Styr, Les végétaux, Les relations avec leur environnement
Québec

Quelques notions sur l'azote dans la nature

Dans la nature, le carbone se présente sous une forme organique que l'on peut assimiler à « urée »

Urée comme urine.

- La paille est digérée par un cortège d'êtres vivants qui tous urinent et défèquent
- L'azote se trouve dans un métabolisme d'excrément :
 - Urée (urine)
 - Ammoniac (déjection, par de l'azote issu de l'anaérobiose du tube digestif)
 - Organique
- L'urée est soluble mais non lessivable
- L'ammoniac est volatilisable à partir de 15°C. A 20°C, il se perd rapidement (qq heures)

Dans la nature, l'azote n'est jamais perdu :

- Soit il se trouve sous la litière (les excréments et l'urine de l'A.B.) qui sert de couvercle régulateur
- Soit il se trouve dans le sol (déjection des vers de terre et autre), auquel cas il n'y a plus aucun problème de volatilisation et de perte

réseau
agri

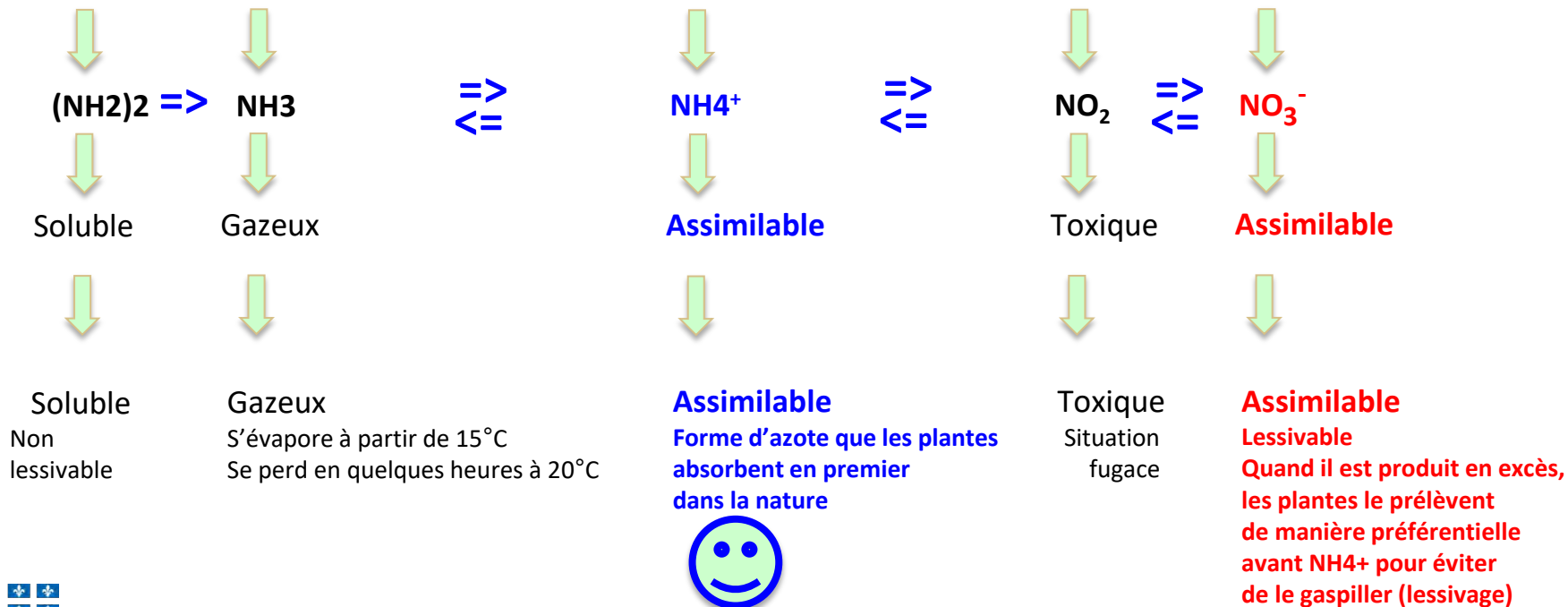
Qu...

Quelques notions sur l'azote dans la nature



Transformation de l'azote dans la nature

Urée => Ammoniac => Ammonium (ou azote ammoniacal) => Nitrites => **Nitrates**

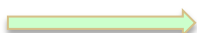
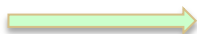


Quelques notions sur l'azote dans la nature

Devenir de l'azote dans la plante

Ammonium (ou azote ammoniacal) et **Nitrates**

Ammonium



Sert à la production de protéines = MAT ou protéines brutes => MAT/6 = N minéral du sol

L'hydrogène est injecté dans la rhizosphère avec des pH entre 4 et 5,5

L'acidification de la rhizosphère permet à la plante d'absorber le phosphore, la potasse, le calcaire et tous les autres éléments minéraux du sol. Cette situation permet de produire des sèves brutes et élaborées de bonnes qualités et équilibrées. **La plante sera en bonne santé !**



Nitrate



Sert à la production de protéines = MAT ou protéines brutes => MAT/6 = N minéral du sol

L'oxygène sera recombinaé avec de l'hydrogène ce qui produit des OH⁻ qui seront injectés dans la rhizosphère et produiront des pH > 8

La rhizosphère aura un pH au dessus de 8 ce qui ne permet plus à la plante d'absorber le phosphore, la potasse, le calcium et tous les autres éléments minéraux du sol. Cette situation entraîne des carences dans l'élaboration des sèves brutes et élaborées qui seront finalement déséquilibrées.

La plante sera anémiée, c'est à dire malade !

Quelques notions sur l'azote dans la nature

Conclusion sur l'azote



Ammonium



La consommation d'ammonium garde les plantes en bonne santé.

La sève sera équilibrée !

L'urée est la bonne forme d'azote à apporter si l'on utilise de l'azote de synthèse. Attention aux conditions d'utilisation

Tous les apports organiques sont bénéfiques (effluents = forme urée + ammoniac + organique)



Nitrate

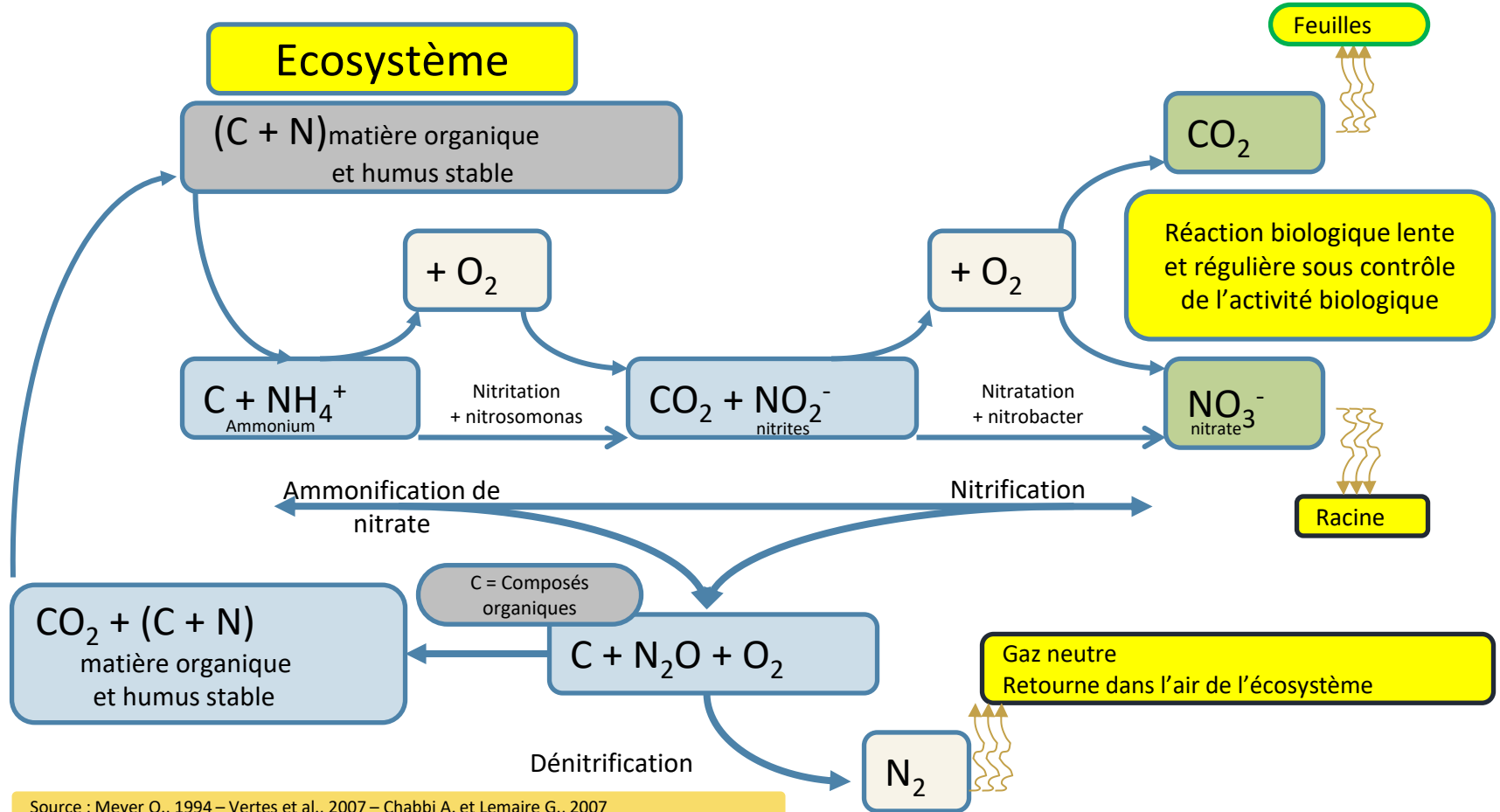


La consommation exclusive de nitrates rend la plante malade !

La sève sera déséquilibrée, la plante sera anémiée !

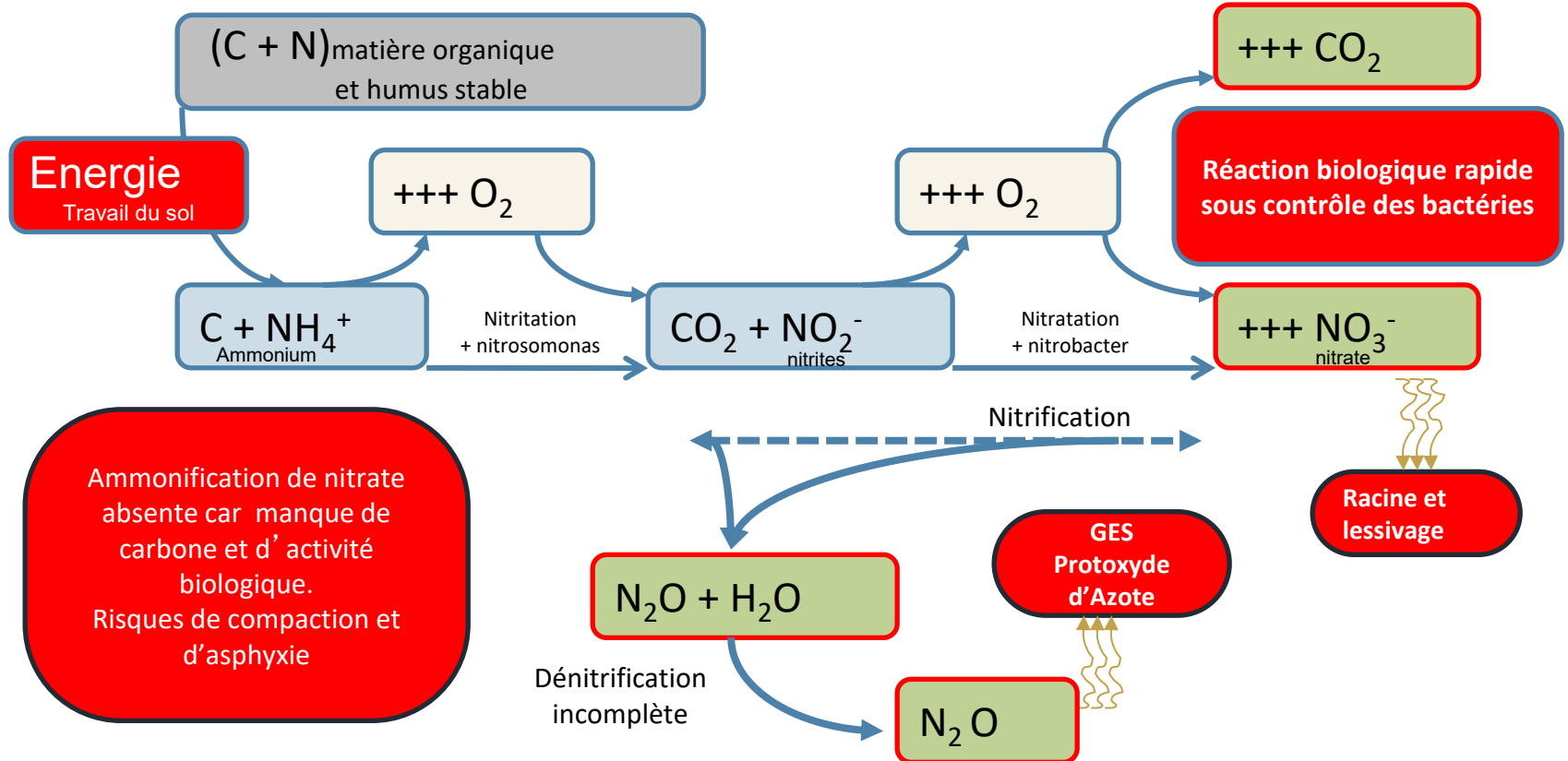
L'ammonitrate ne pourra qu'être un engrais starter, ou à utiliser dans des situations spécifiques (sols réduits, sortie hiver)

RELIQUATS D'AZOTE : ÉVITER LE LESSIVAGE

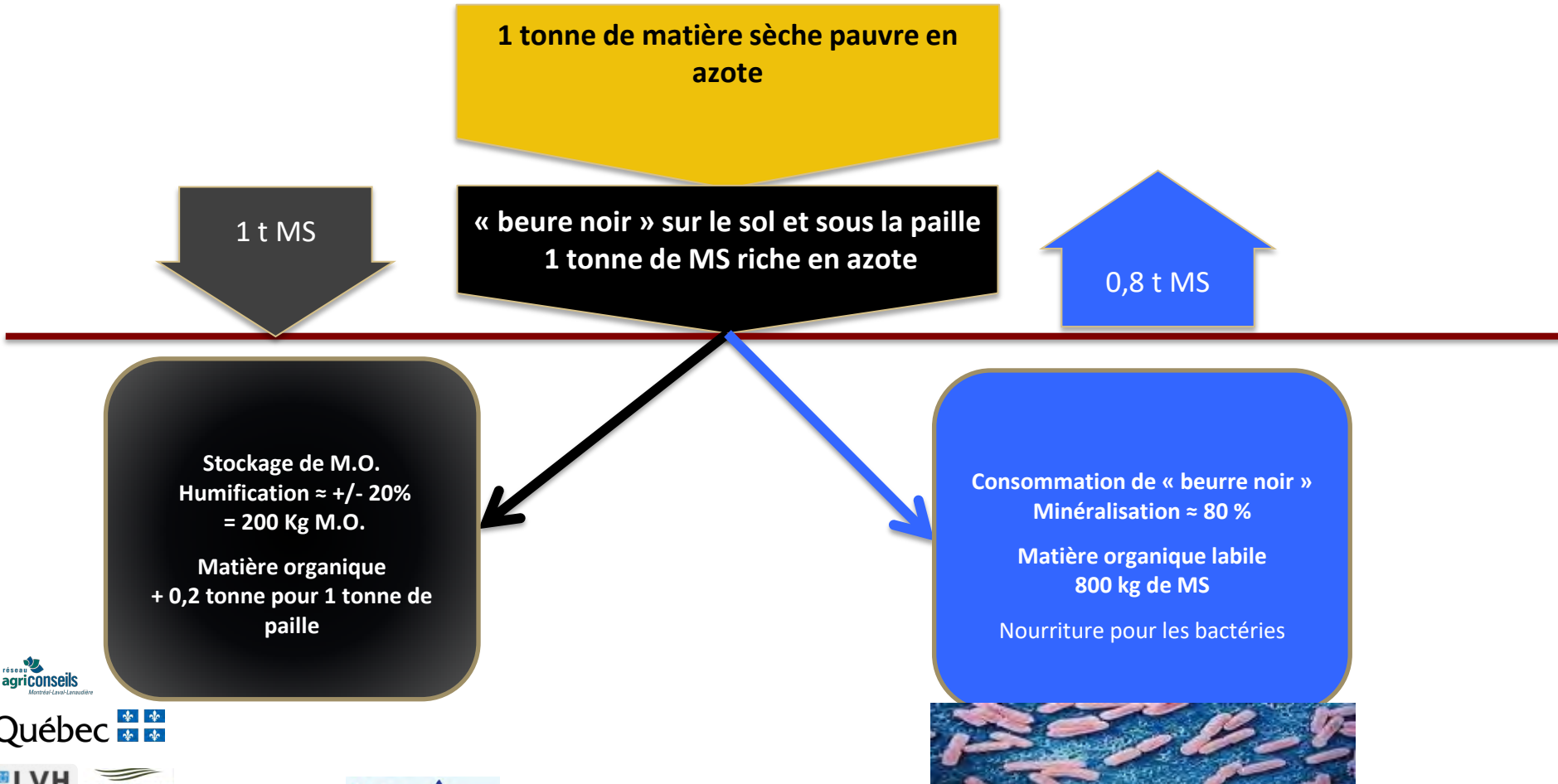


RELIQUATS D'AZOTE : FAVORISER LE LESSIVAGE et LA Pollution

Pas d'écosystème = travail du sol et sol nu = pas d'A.B. et pas de carbone



Sur le sol, dans la litière, que ce passe-t-il ? Flux de M.O.



Sur le sol, dans la litière, que ce passe-t-il ? Flux d'azote

Séquestration
d'azote

1 tonne de matière sèche pauvre en azote
C/N paille = 150 = 150 fois + de carbone que
d'azote
3 UN / tonne de paille



3 UN +
+ 13 kg N

« beurre noir » sur le sol et sous la paille
0,4 t de carbone => C/N = 24 (entre 20 et 30)
16 UN / tonne de « beurre noir » (3 + 13)

8 kg N

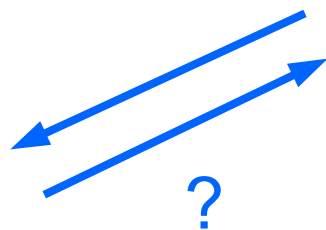
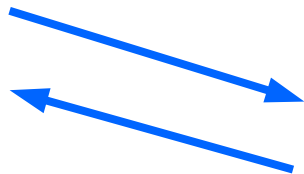
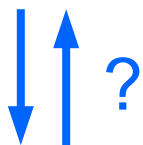
Stockage de carbone et d'azote
Humification \approx +/- 20% = 80 kg C
= + 8 UN en stock
Matière organique
C/N = 10
10 fois + de carbone que d'azote
Carbone / azote dans complexe argilo-humique
Travail des vers de terre et des champignons

Consommation de « beurre noir »
Minéralisation \approx 80 %
Matière organique labile
320 kg de carbone
= 8 UN à minéraliser
Nourriture pour les bactéries
Passage d'un C/N de 24 à C/N = 8
C/N + 8 => nourriture pour les
plantes





Plante autotrophe / plante hétérotrophe?



Quel est le flux de carbone entre le sol et la plante ?





Le sol : « *Plus je mange de la paille, plus je capte de l'azote* »

Dans un écosystème naturel :

- 10% des apports d'azote proviennent des précipitations.
- 60 % des apports d'azote proviennent de la fixation biologique.
- 30% des apports d'azote proviennent du recyclage de la MO.
- **1,2 tonnes de vers de terre sécrètent 600 UN/ha (Marcel Boucher)**

Boucher)



*D'après la synthèse bibliographique de **Patricia Mérigout**, de l'Institut National Agronomique Paris – Grignon soutenue en 2006. Pour l'absorption de l'azote minéral (ammonium et nitrate) et ses mécanismes de régulation.*

*D'après la revue bibliographique de **Danièle Pro**, Docteur de L'École de Chimie de Renne (2011) . Pour le cycle de l'azote en agriculture intensive et les pertes de fertilisants.*

*D'après **Sergio Svistoonoff**, Docteur de l'Université Montpellier II en Physiologie Végétale. (2003). Pour la fixation biologique de l'azote.*

*D'après **Marcel B. Bouché**, Des vers de Terres et des Hommes. Acte Sud.*

réseau agricole Québec RÉFÉRENCES

Québec 



POUVOIR NOURRIR
POUVOIR GRANDIR
Lanaudière



Construire un sol vivant : équation de la fertilité

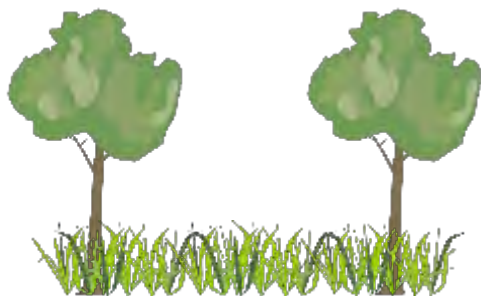
MAXIMISATION DE
LA BIOMASSE

+

ARRÊT DU TRAVAIL
DU SOL

=

FERTILITÉ



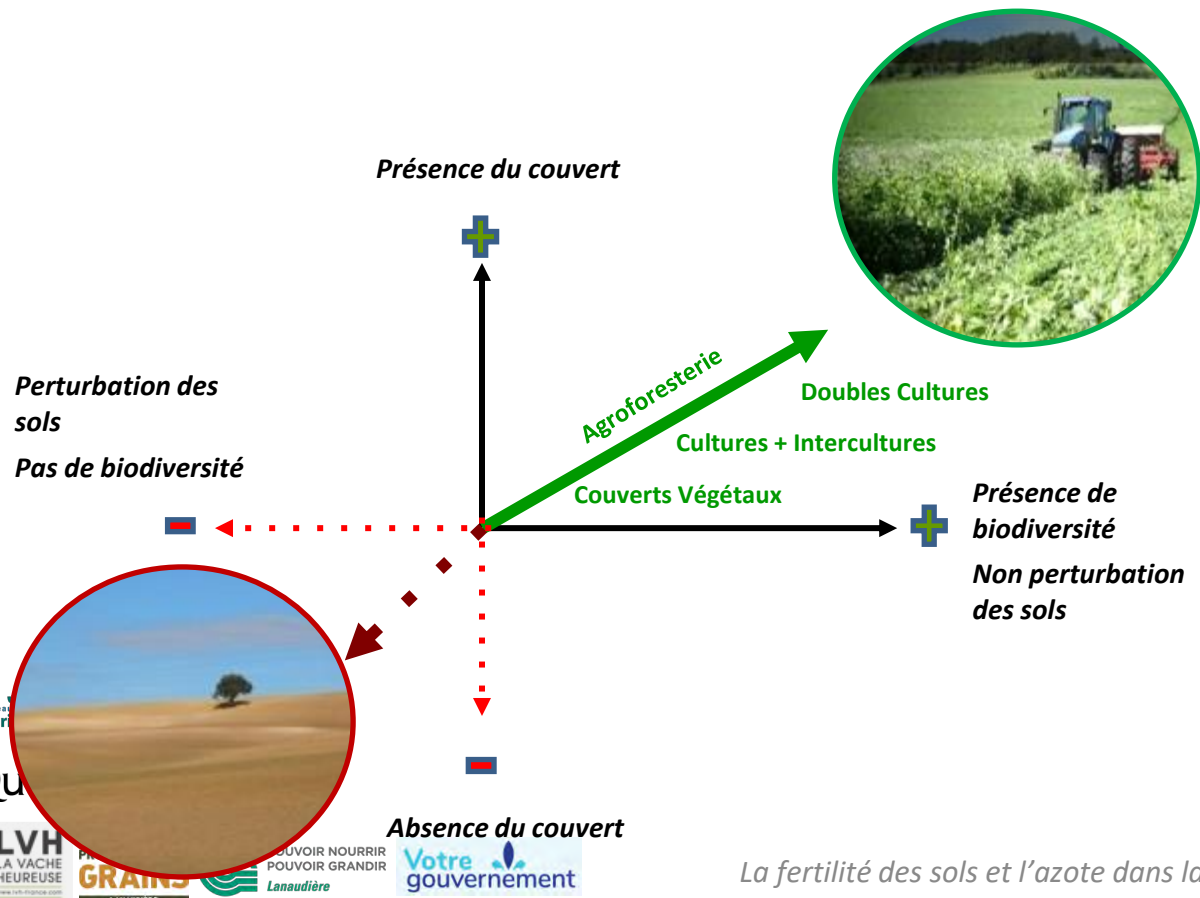
Séquestrer du Carbone dans le Sol (Gain d'Humus)

Québec



La fertilité des sols et l'azote dans la nature – K.Schreiber – 05 février 2020 – (Québec)

De la Plante « Intrus » à la Plante « Intrans »



Les résultats du programme Agr'eau Agence de l'Eau Adour Garonne



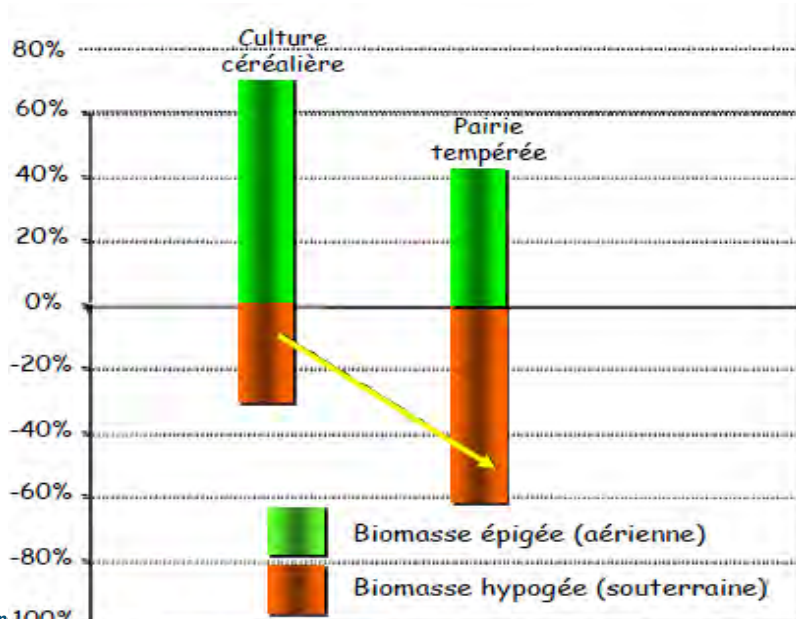
La fertilité des sols et l'azote dans la no

Nourrir les hommes + le SOL !!!

Il faut nourrir le sol avec une « Ration » équilibrée :

Carbone à l'automne (paille),

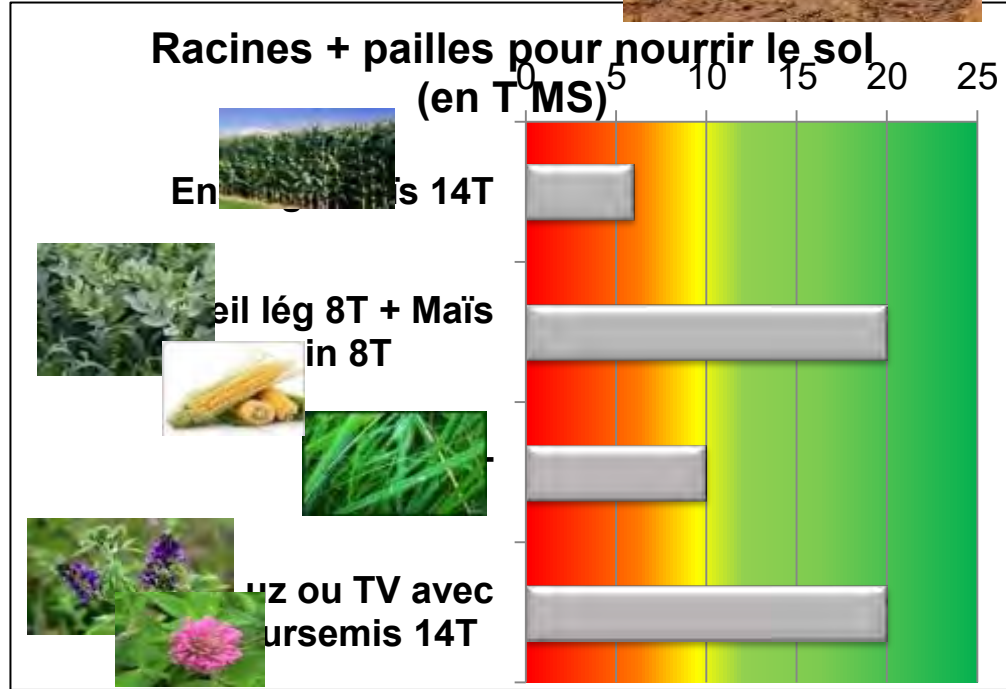
Azote et sucre solubles au printemps (légumineuses...)



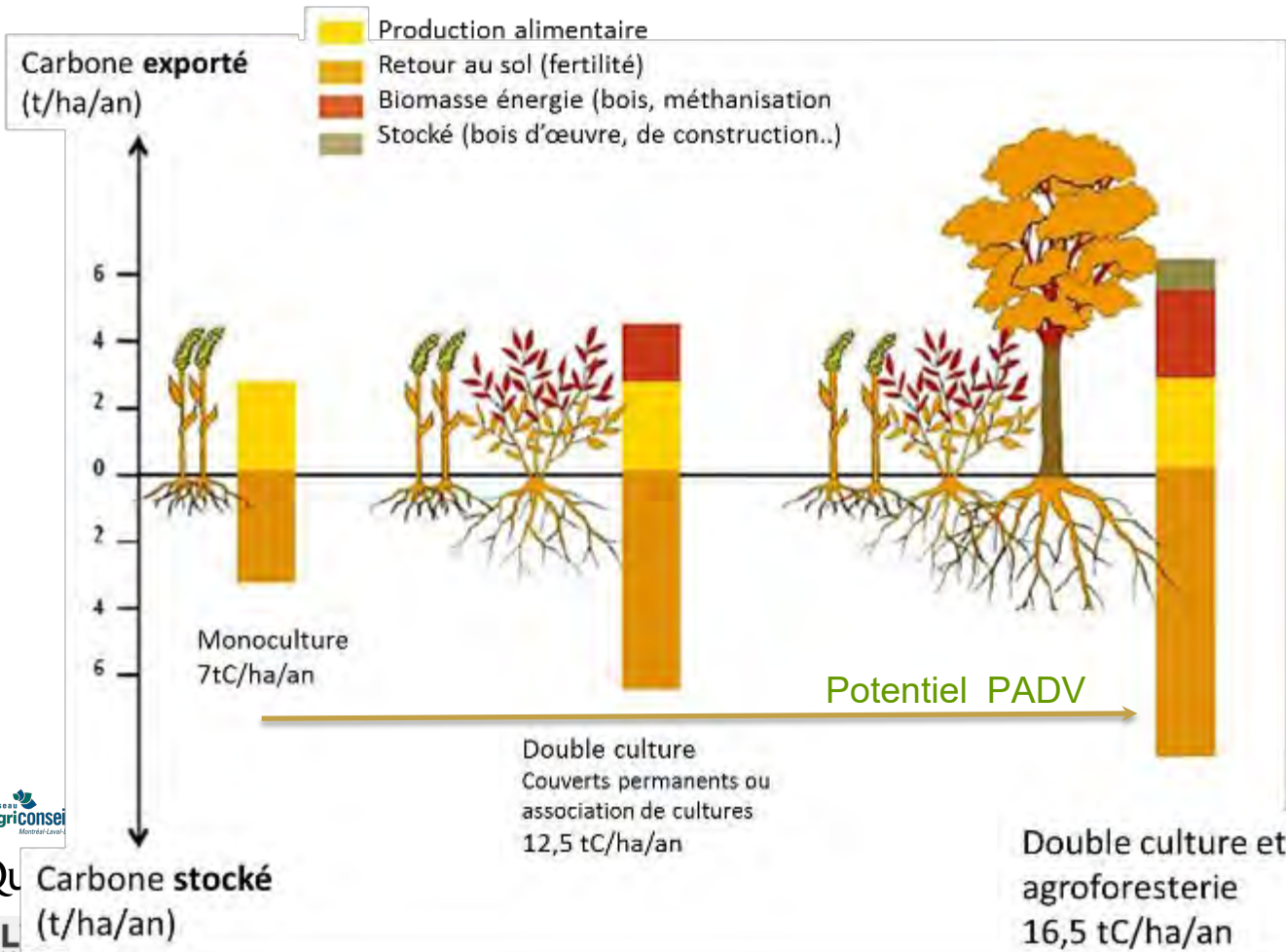
SCI la Tremblaye, Schreiber K., 2010 d'après les données de Bolin et Sukumar : 2000

Racines + pailles pour nourrir le sol

(en TMS) 5 10 15 20 25



Québec

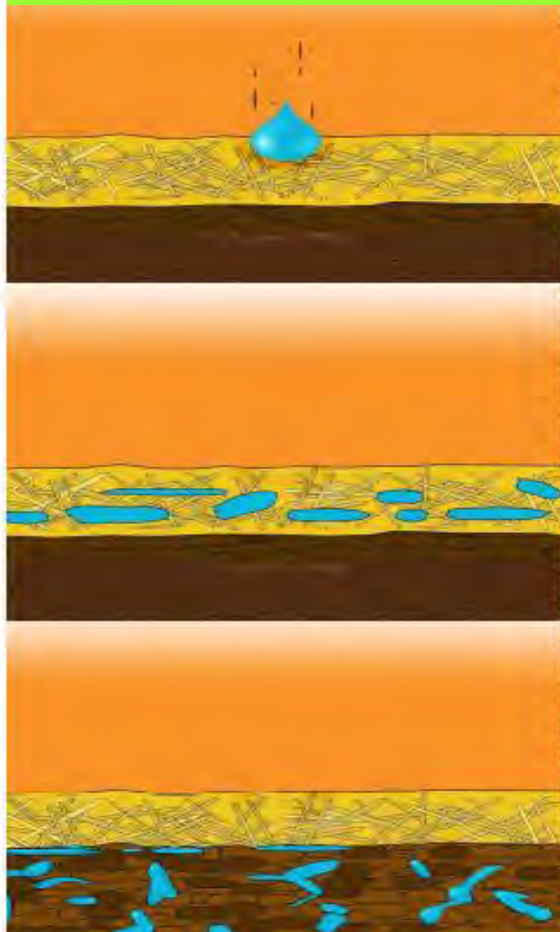


Stocker du carbone pour améliorer l'outil de production

Il est possible de x 2,5 fois la performance des systèmes de culture

L'agriculture est le seul outil d'ingénierie climatique rentable pour la société !

La forêt : litière et protection par la couverture



Il y a un secret dans la litière !

Il faudra en créer pour l'agriculture !

La forêt : litière et protection par la couverture du sol : l'eau pénètre lentement dans le sol après avoir été capté par une litière qui sert de diffuseur. Ainsi, elle ne ruisselle que très rarement.

Il en va de même pour l'azote : la litière se décompose dans l'air ce qui permet de capter de l'azote et d'en optimiser l'utilisation (pas de pertes par gazéification ni de lessivages).

C'est le même raisonnement pour le CO_2 : la litière empêche sa perte en régulant son flux vers les stomates

Le projet agricole pour 2050

- + Travail du sol
- + Chimie du carbone
 - + « Germinal »
 - Environnement
- + Rendement
- + Quantité
- ≈ Qualité

Agriculture conventionnelle

Sécurité alimentaire
Destruction environnementale

90%



Le projet agricole pour 2050

Agriculture biologique

5% Sécurité alimentaire non assurée
Dégradation environnementale

Démarche
de progrès



Agriculture conventionnelle

90% Sécurité alimentaire
Dégradation environnementale

- + Travail du sol
- + Chimie minérale
- +/- « Germinal »
- Environnement

- Rendement
- Quantité

- ≈ Qualité

Le projet agricole pour 2050

Agriculture biologique

5% Sécurité alimentaire non assurée
Dégradation environnementale



Agriculture conventionnelle

90% Sécurité alimentaire
Dégradation environnementale



Agriculture de conservation

Sécurité alimentaire
Aggradation environnementale

- Travail du sol
- + Chimie du carbone
- « Germinal »
- ++ Environnement

- + Rendement
- + Quantité

- + Qualité

50%

Le projet agricole pour 2050

Agriculture biologique

Sécurité alimentaire non assurée
Destruction environnementale



Agriculture du Vivant

Sécurité alimentaire
Agriculture climatique et régénérative
Nutrition santé

100%

La biodiversité comme outil de production
La chimie comme outil pompier



Agriculture conventionnelle

Sécurité alimentaire
Destruction environnementale



Agriculture de conservation

Sécurité alimentaire
Aggradation environnementale