Remerciement

La conférence de M. Screiber a été rendu possible grâce à
une aide financière **du programme Innov'action agroalimentaire**
du **ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec**
dans le cadre de **l'Accord Canada-Québec** de mise en œuvre du **Partenariat canadien pour l'agriculture**.

PARTENARIAT CANADIEN pour l'AGRICULTURE

Canada Québec

PRODUCTEURS DE GRAINS LANAUDIÈRE

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

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:$

=$$

Courge 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

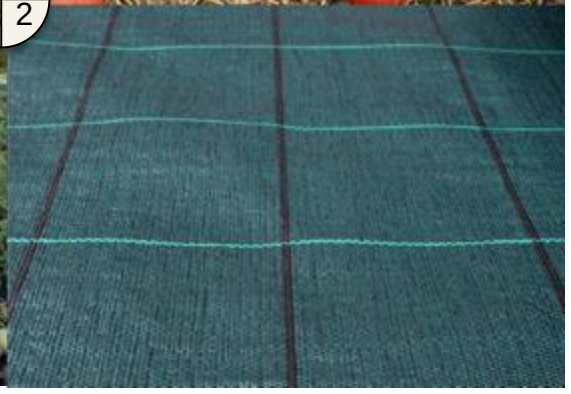
4) Rendement : 30-50 tonnes/ha
Fort taux de sucre,
bonne conservation

$$$$$
$$$$$
$$

Possibilité de monoculture
plusieurs années de suite

Marge:$

=$$$$
$$$$



1 4
3 2

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:$

=$$$$$

Reconstruire un sol progressivement : recharger en carbone en MSV*

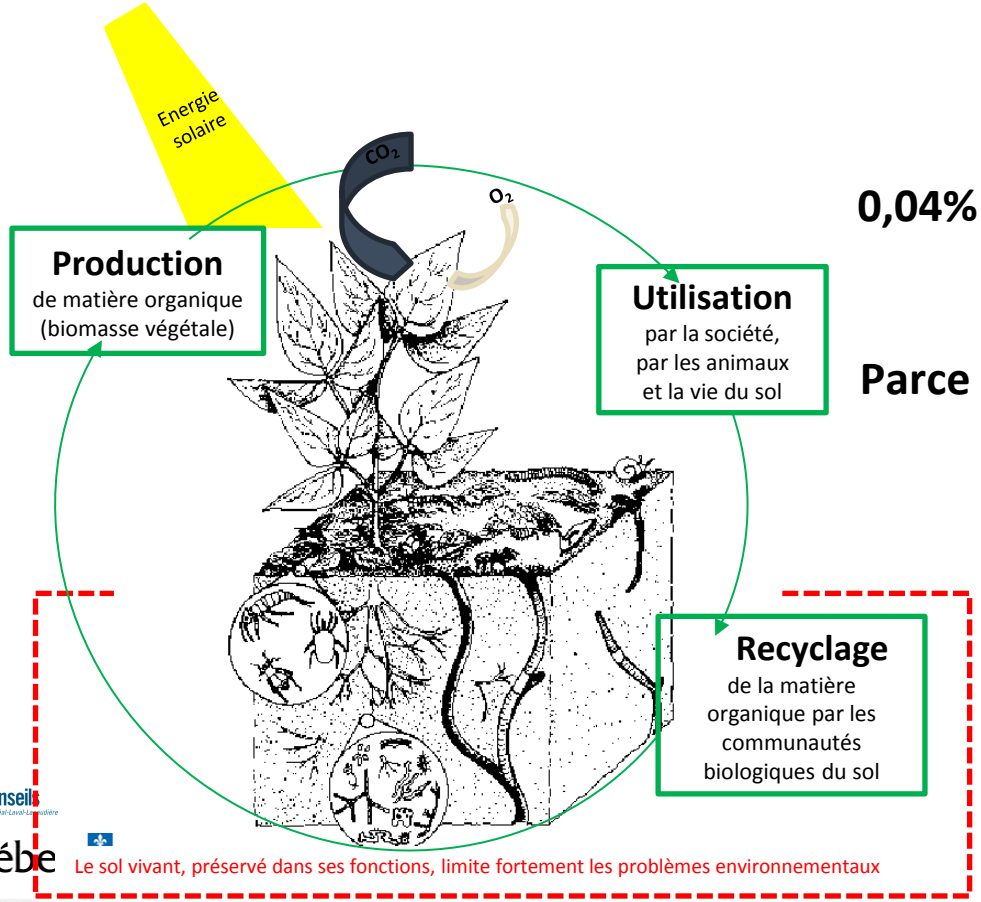
*MSV : Maraichage sur Sol Vivant

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

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 !



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

AVEC RIEN, JE SAIS TOUT FAIRE !

0,04% CO_2 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

Source: www.attra.ncat.org – By Preston Sullivan, NCAT Agriculture Specialist, September 2001

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

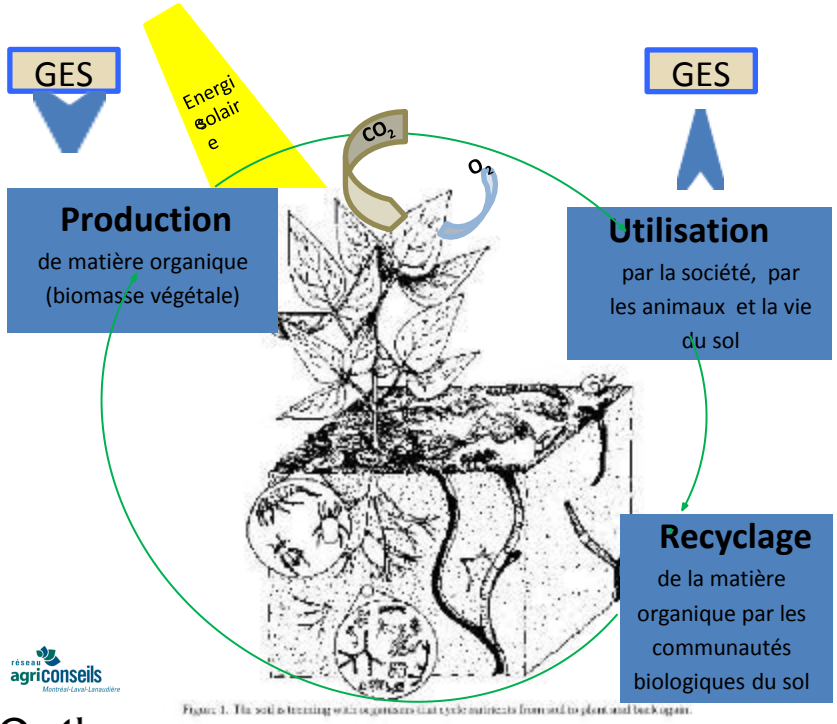


Figure 1. The soil is teeming with organisms that cycle nutrients from soil to plant and back again.

réseau agriconseils Montréal-Laval-Lanaudière

Québec

Nourrir 3 fois :

Le sol

La société

L'énergie

Copier la nature en agriculture : principes

1) <u>Conservation des sols</u>

-- Le sol puit de carbone --

a) couverture permanente

b) intervention minimum

2) <u>Le rendement carboné</u>

-- Rendement maximum du végétal –

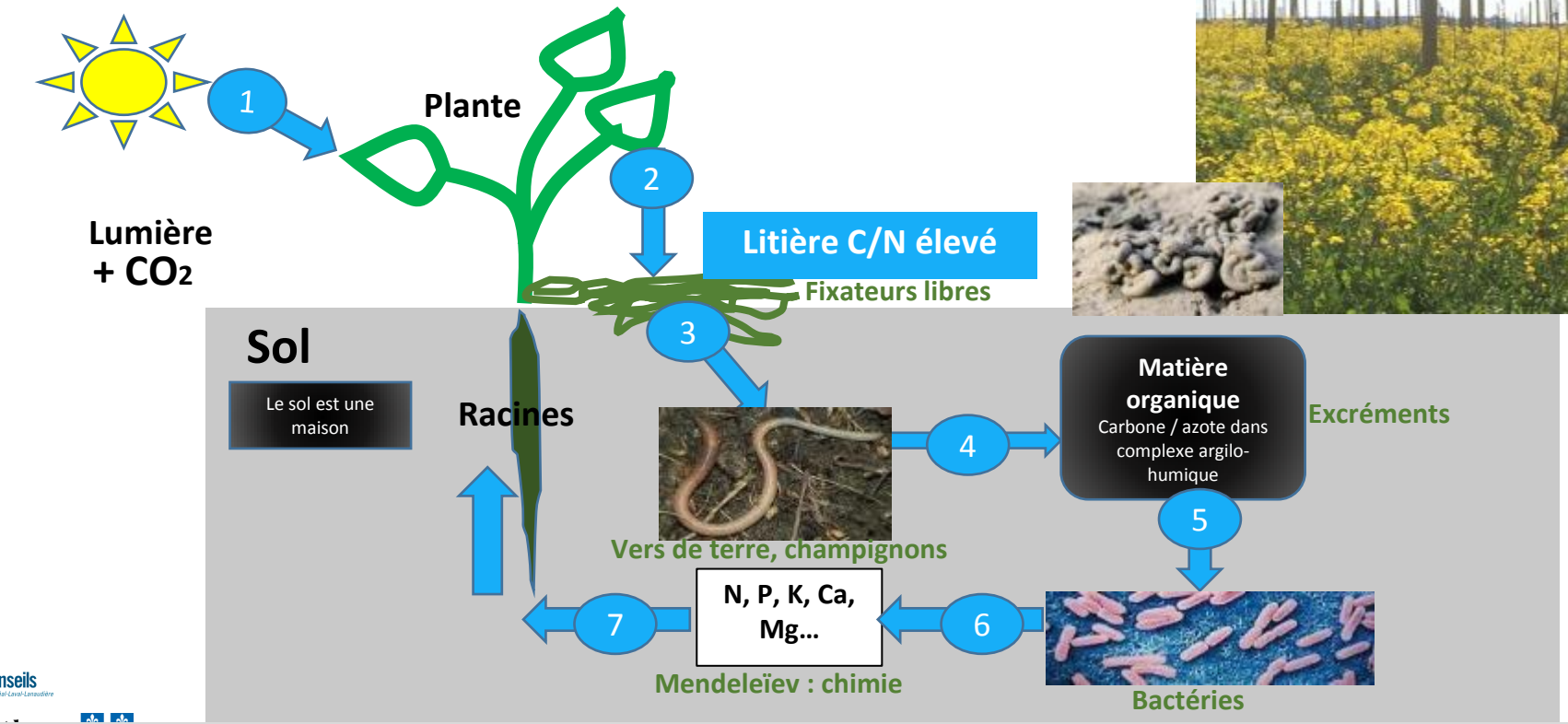
a) forte production de biomasse

b) biodiversité

c) recyclage maximum

LVH LA VACHE HEUREUSE · PRODUCTEURS DE GRAINS LANAUDIÈRE · UPA POUVOIR NOURRIR POUVOIR GRANDIR Lanaudière · Votre gouvernement

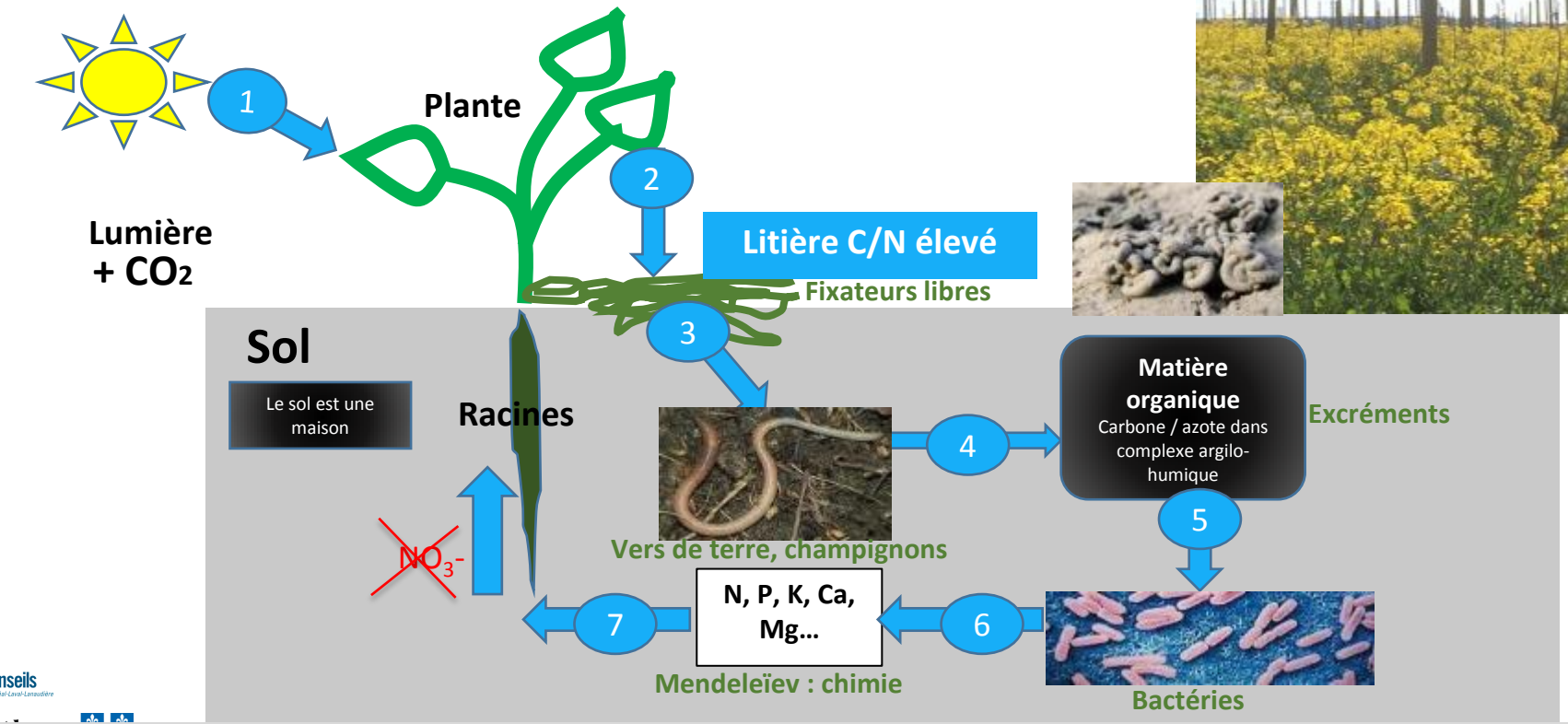
Les sols fertiles : comment ça marche ?



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

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

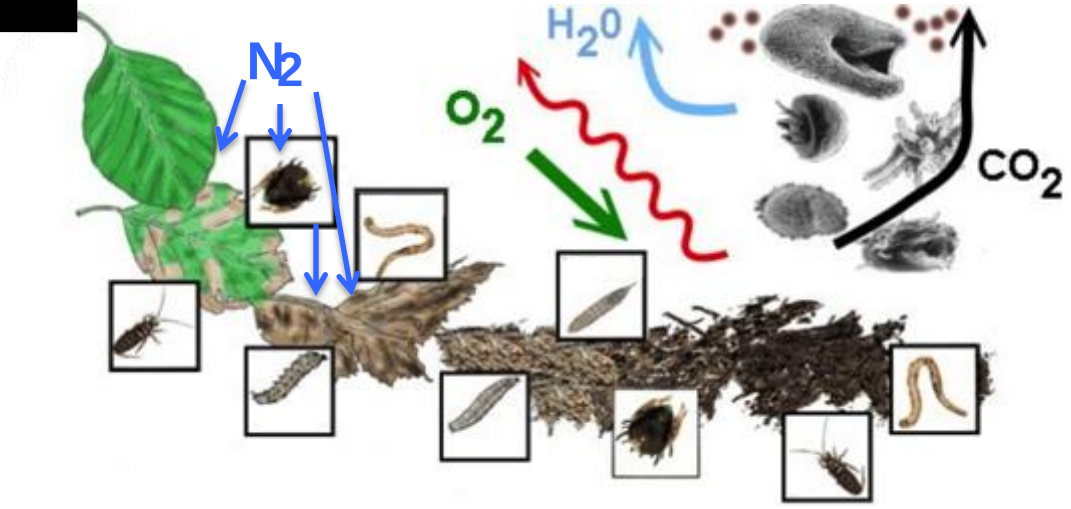
Les sols fertiles : comment ça marche ?



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 !

Lumière
+ CO_2

1

Plante

2

Litière

9

8

Sol

Le sol est une maison

Racines

3

4

Matière organique
Carbone / azote dans complexe argilo-humique

5

6

N, P, K, Ca, Mg…

7

Attention : Fertiliser nourrit seulement les bactéries !!!

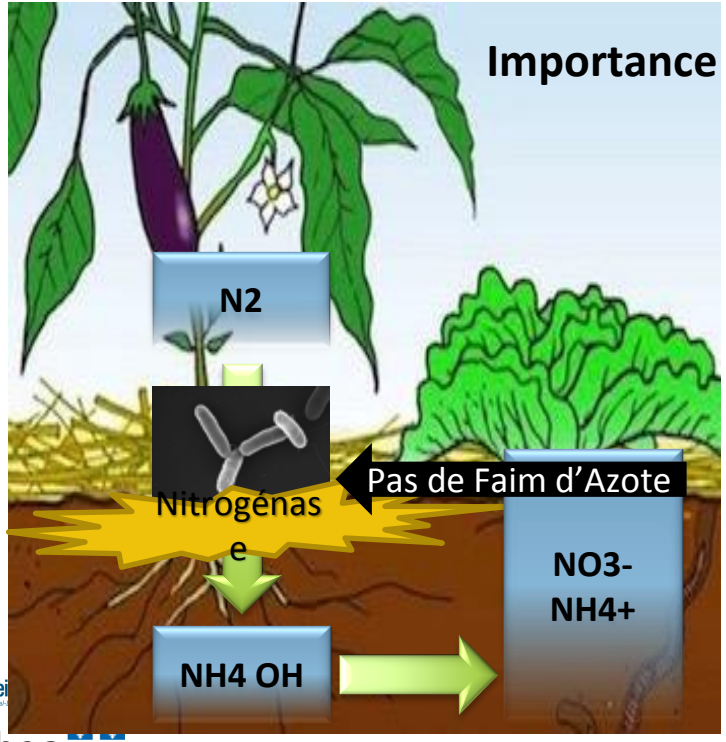
1) Stade azote // légumineuse // C/N faible

Dans le nature, d'où vient l'azote ?

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

Ça pousse tout seul : Rendement conventionnel en MSV*

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



Importance de l'azote atmosphérique : 80 000t/ha !

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

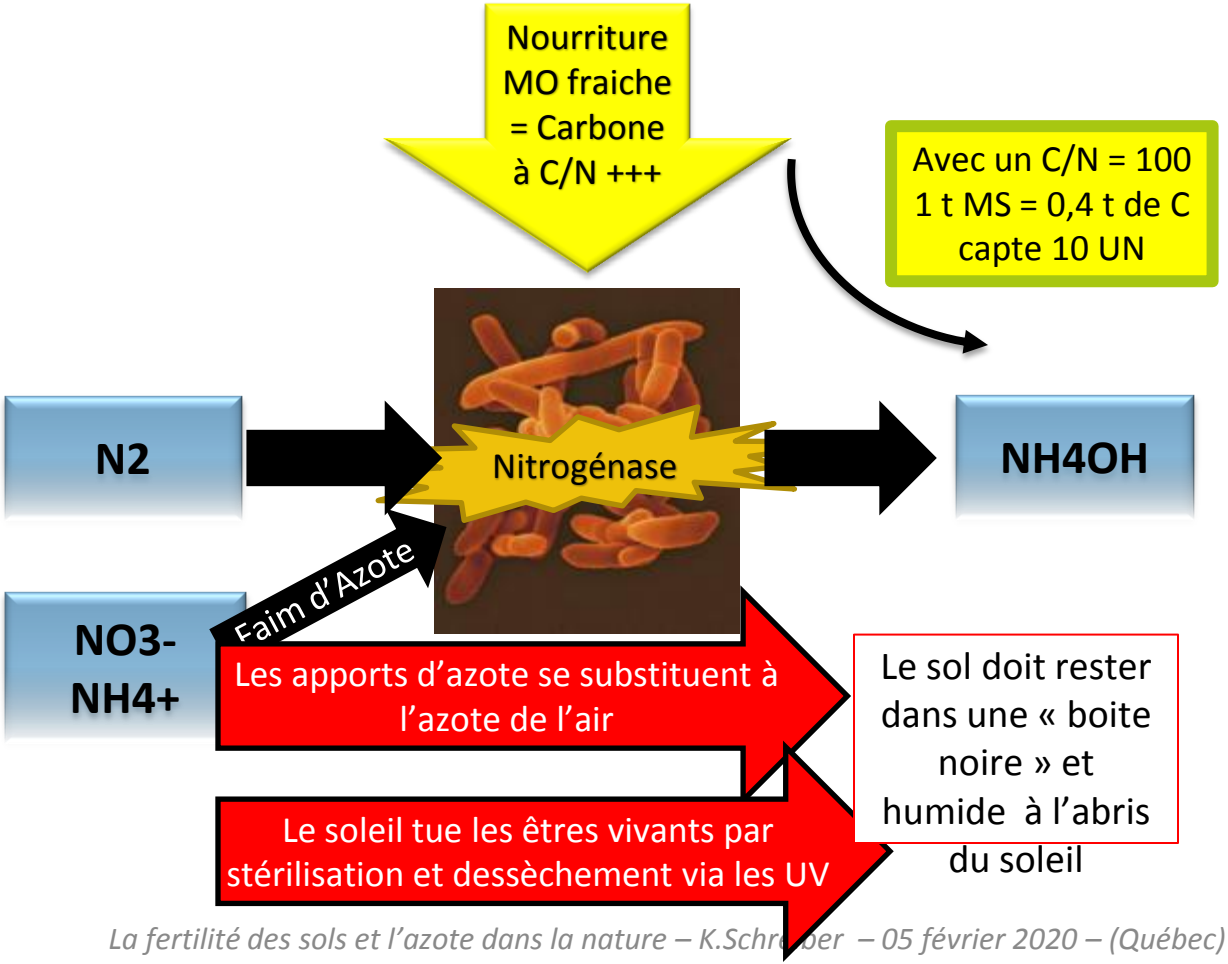
Fixation biologique d'Azote depuis l'air (N_2)
Pas de Faim d'Azote si MO en surface
Il y a assez d'azote dans l'air !

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.



Références:
Lydie Sauv: Les végétaux, Les relations avec leur environnement

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'anaérobie 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)

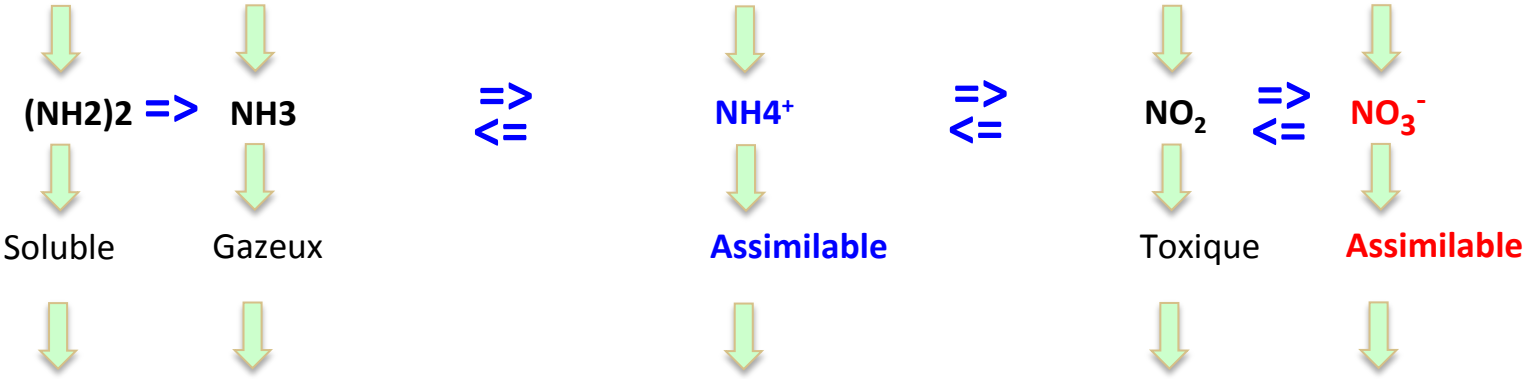
Dans la nature, l'azote n'est jamais perdu :

- 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

Quelques notions sur l'azote dans la nature

Transformation de l'azote dans le nature

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



Soluble
Non lessivable

Gazeux
S'évapore à partir de 15°C
Se perd en quelques heures à 20°C

Assimilable
Forme d'azote que les plantes absorbent en premier dans la nature

Toxique
Situation fugace

Assimilable
Lessivable
Quand il est produit en excès, les plantes le prélèvent de manière préférentielle avant NH4+ pour éviter de le gaspiller (lessivage)

Quelques notions sur l'azote dans la nature

Devenir de l'azote dans la plante

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

Ammonium

N

H_4^+

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

N

O_3^-

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

L'oxygène sera recombiné avec de 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 entraine 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

N

H_4^+

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)

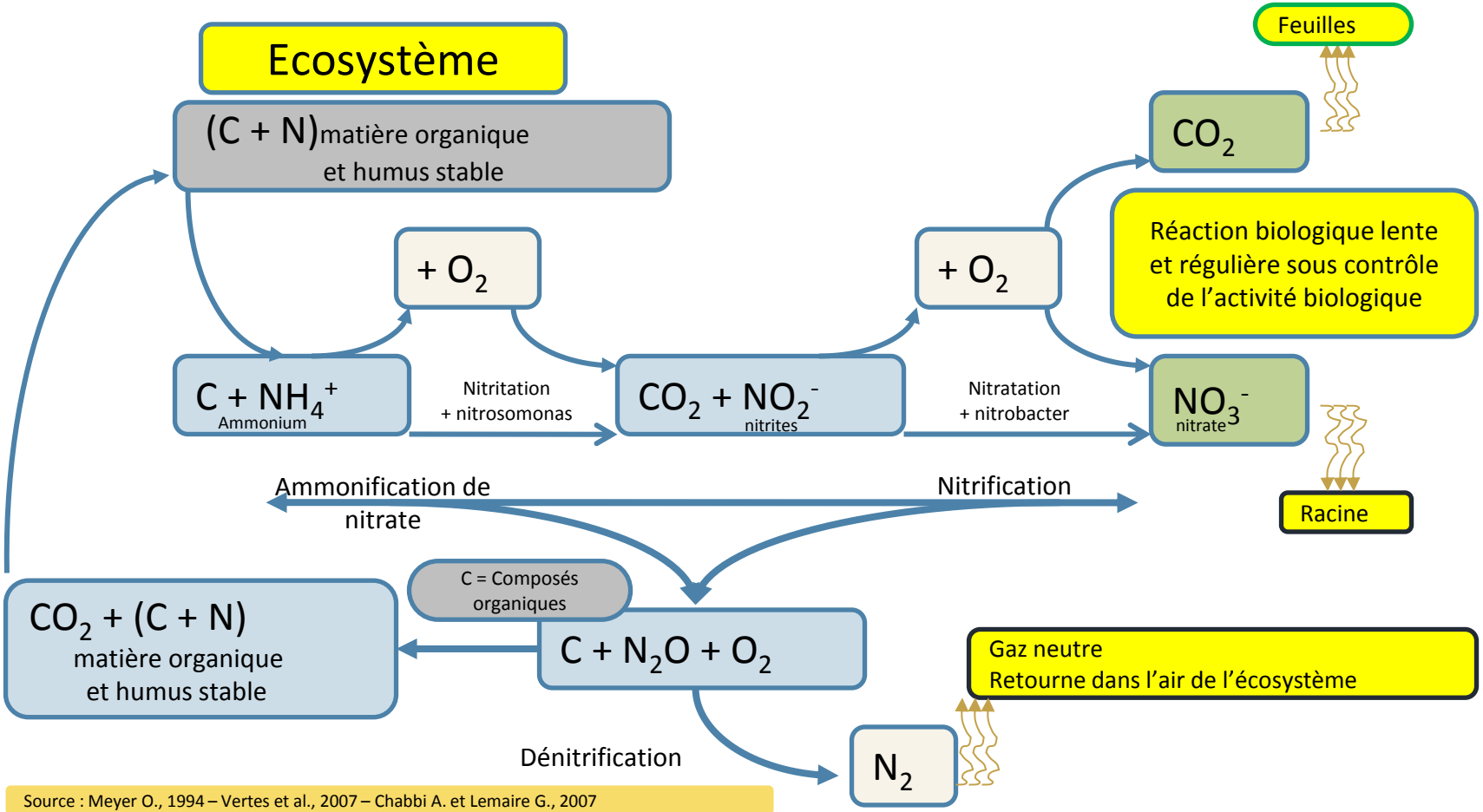
Nitrate

N

O_3^-

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)

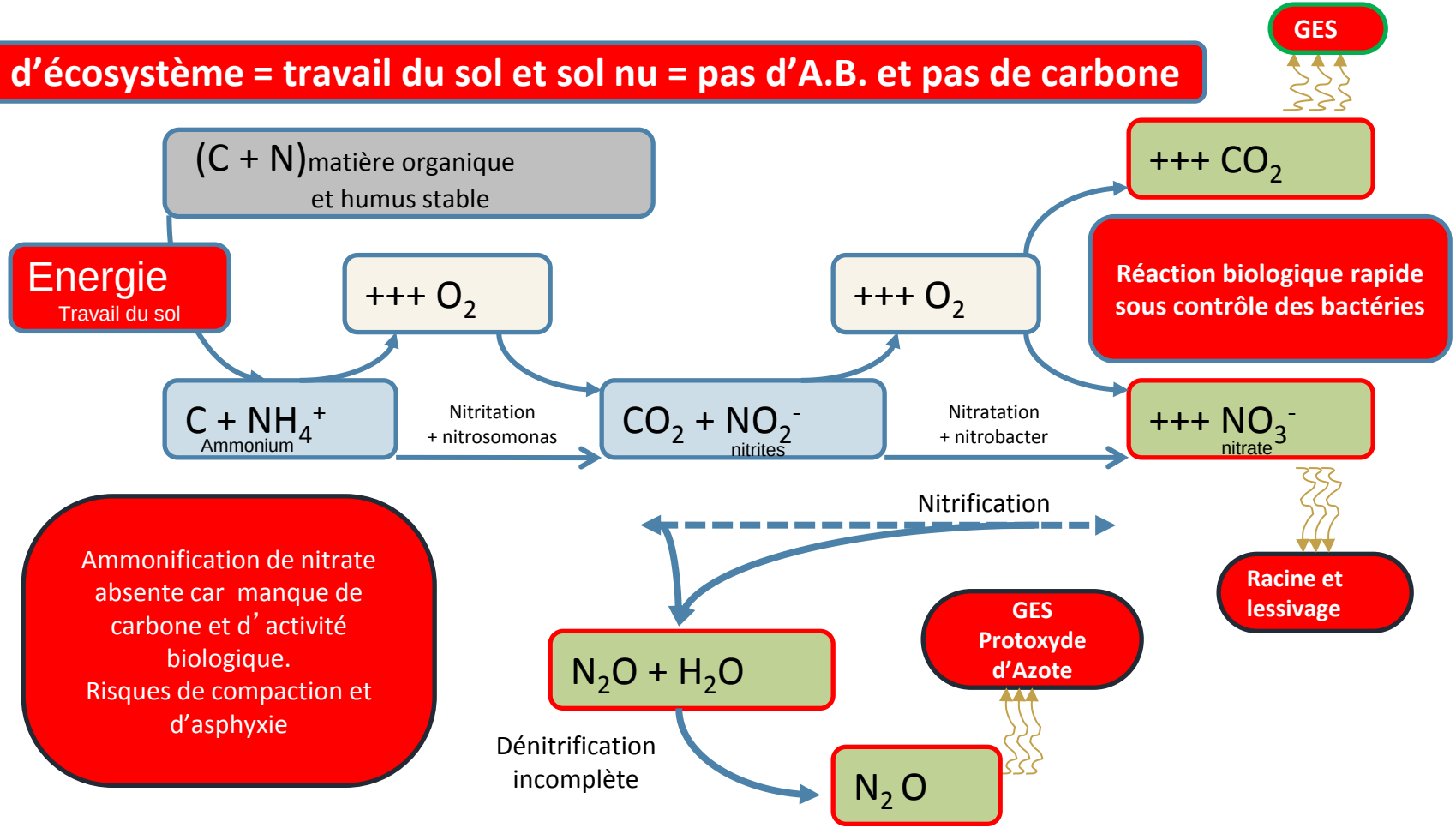
RELIQUATS D'AZOTE : ÉVITER LE LESSIVAGE



Source : Meyer O., 1994 – Vertes et al., 2007 – Chabbi A. et Lemaire G., 2007

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.

1 tonne de matière sèche pauvre en azote

1 t MS

« beure noir » sur le sol et sous la paille
1 tonne de MS riche en azote

0,8 t MS

Stockage de M.O.
Humification ≈ +/- 20%
= 200 Kg M.O.

Matière organique
+ 0,2 tonne pour 1 tonne de paille

Consommation de « beurre noir »
Minéralisation ≈ 80 %

Matière organique labile
800 kg de MS

Nourriture pour les bactéries

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

Séquestration d'azote

3 UN +
+ 13 kg N

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

8 kg N

« beure 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)

Stockage de carbone et d'azote
Humification ≈ +/- 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 ≈ 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)**

REFERENCES

*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'Ecole 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.*

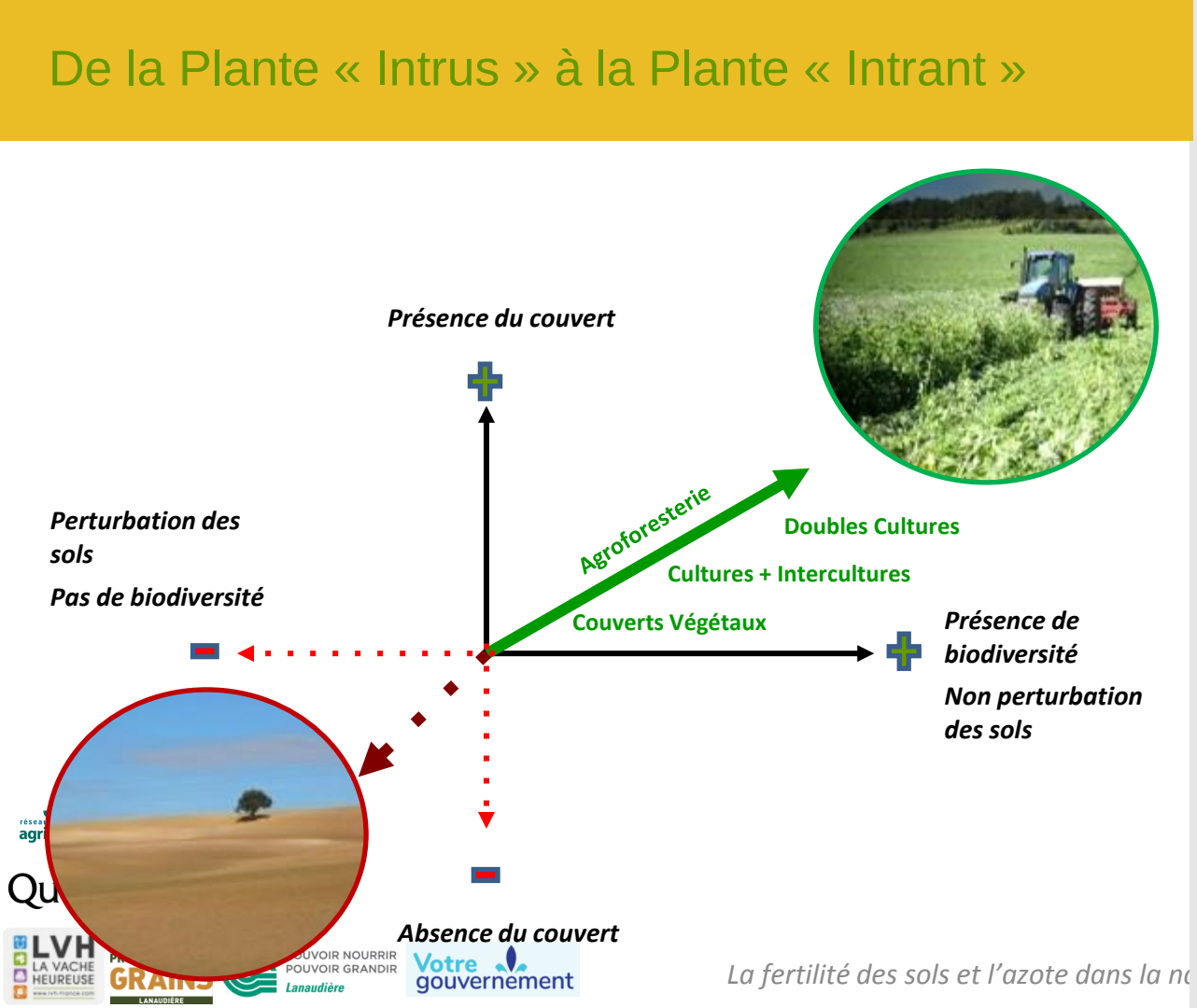
*D'après **Marcel B. Bouché**, Des vers de Terres et des Hommes. Acte Sud.*

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)

De la Plante « Intrus » à la Plante « Intrant »



Les résultats du programme Agr'eau

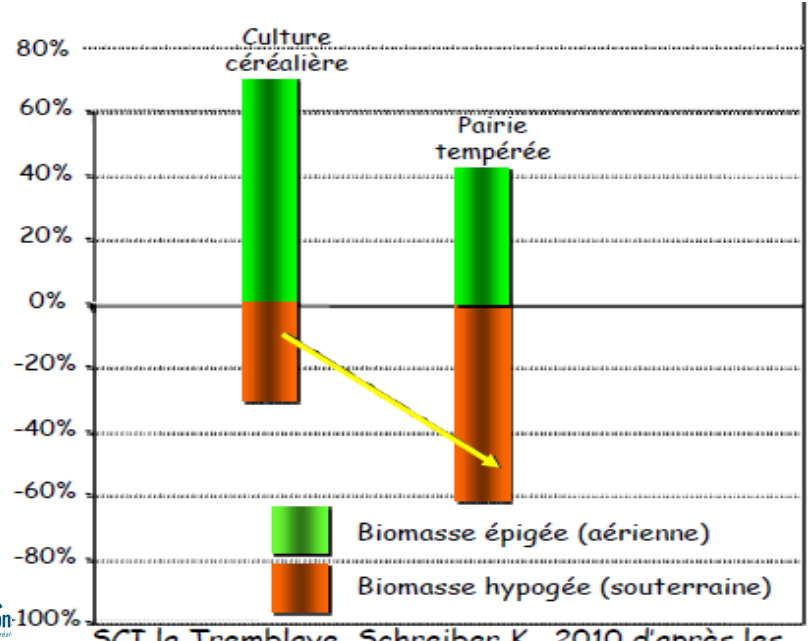
Agence de l'Eau Adour Garonne

Nourrir les hommes + le SOL !!!

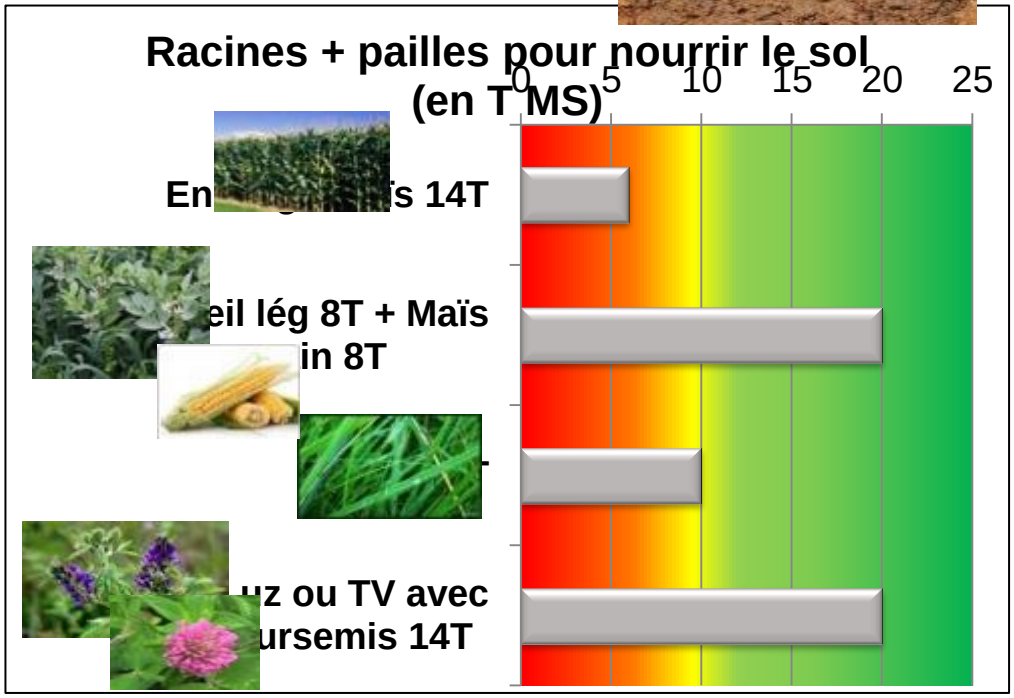
Il faut nourrir le sol avec une « Ration » équilibrée :

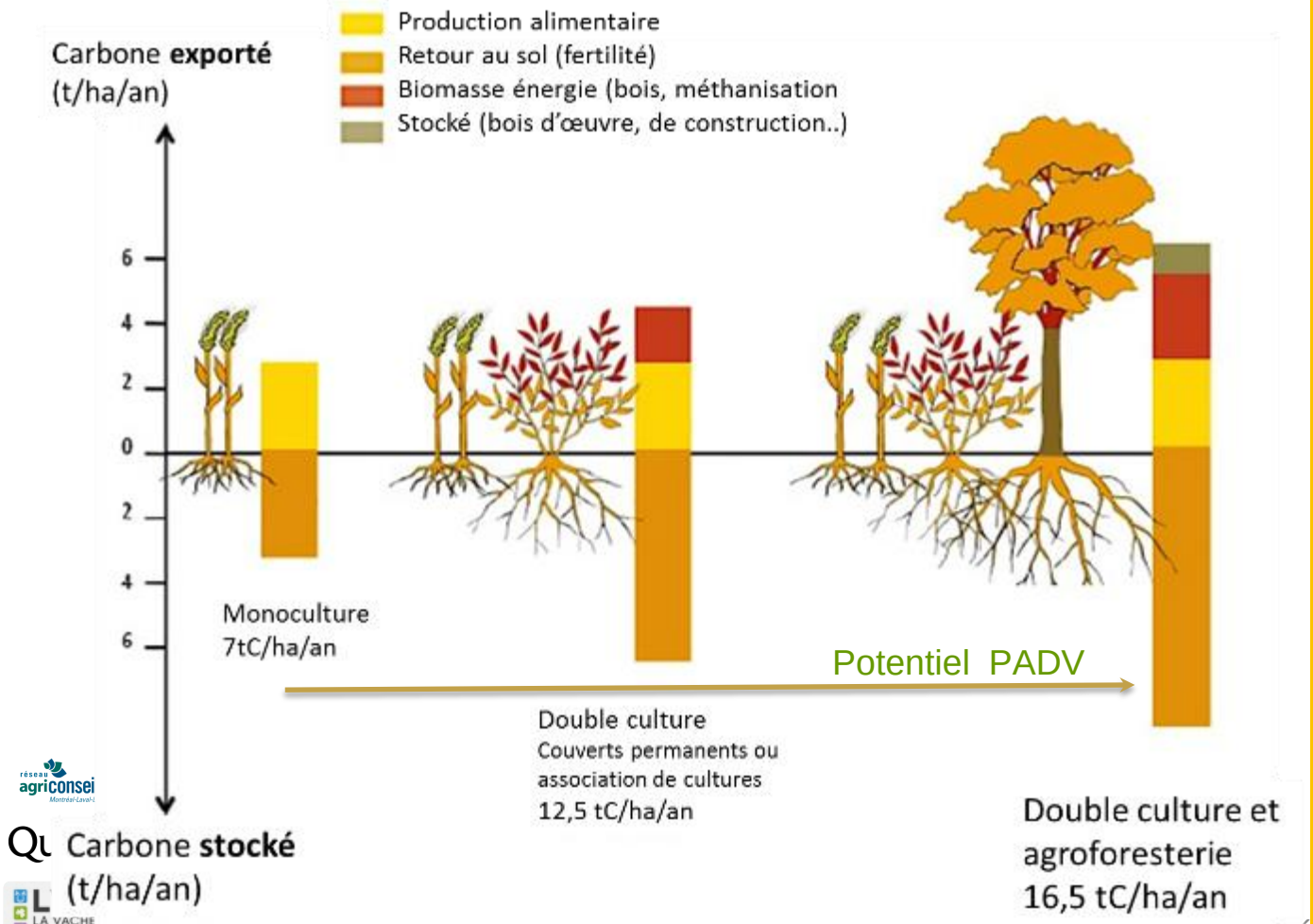
Carbone à l'automne (paille),

Azote et sucre solubles au printemps (légumineuses…)



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





Stocker du carbone pour améliorer l'outil de production

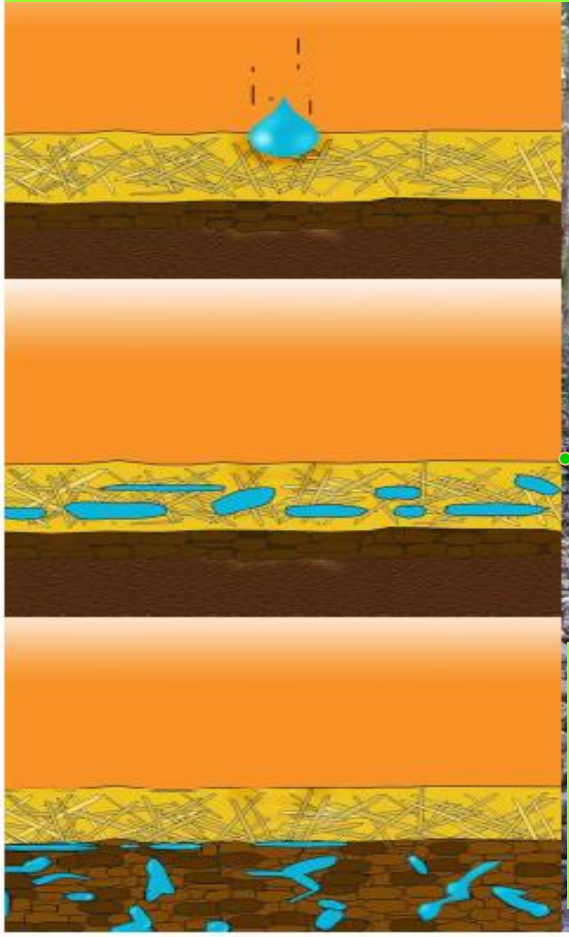
– – – – – – – – – – – –

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



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

90%

Agriculture conventionnelle

Sécurité alimentaire
Destruction environnementale

Le projet agricole pour 2050

5%

Agriculture biologique

Sécurité alimentaire non assurée
Dégradation environnementale

Démarche de progrès

90%

Agriculture conventionnelle

Sécurité alimentaire
Destruction environnementale

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

- Rendement
- Quantité

≈ Qualité

Le projet agricole pour 2050

5%

Agriculture biologique

Sécurité alimentaire non assurée
Dégradation environnementale

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

+ Rendement
+ Quantité

+ Qualité

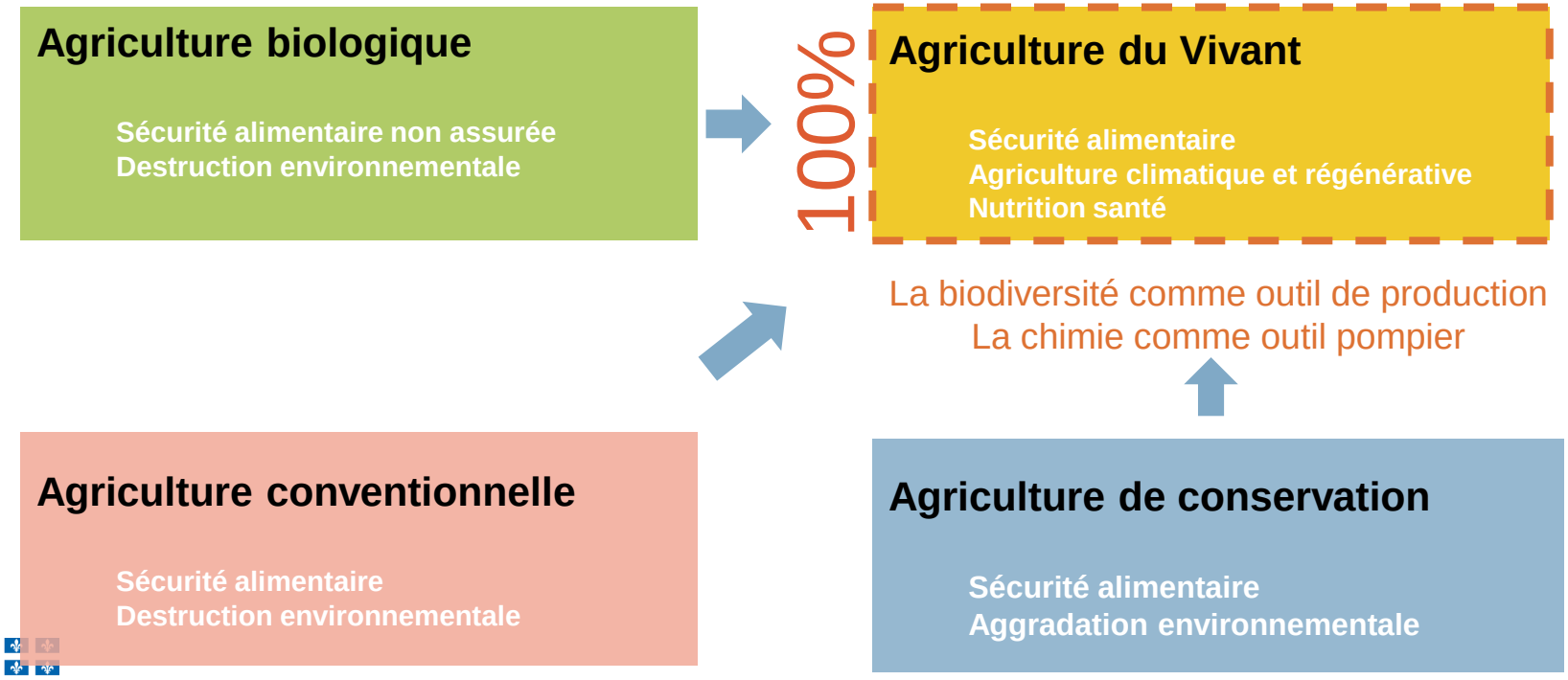
90%

Agriculture conventionnelle

Sécurité alimentaire
Destruction environnementale

Agriculture de conservation

Sécurité alimentaire
Aggradation environnementale

5%

Le projet agricole pour 2050