

Gestion durable de la fertilité des sols en Agriculture Biologique

Antoine Versini & Matthieu Bravin

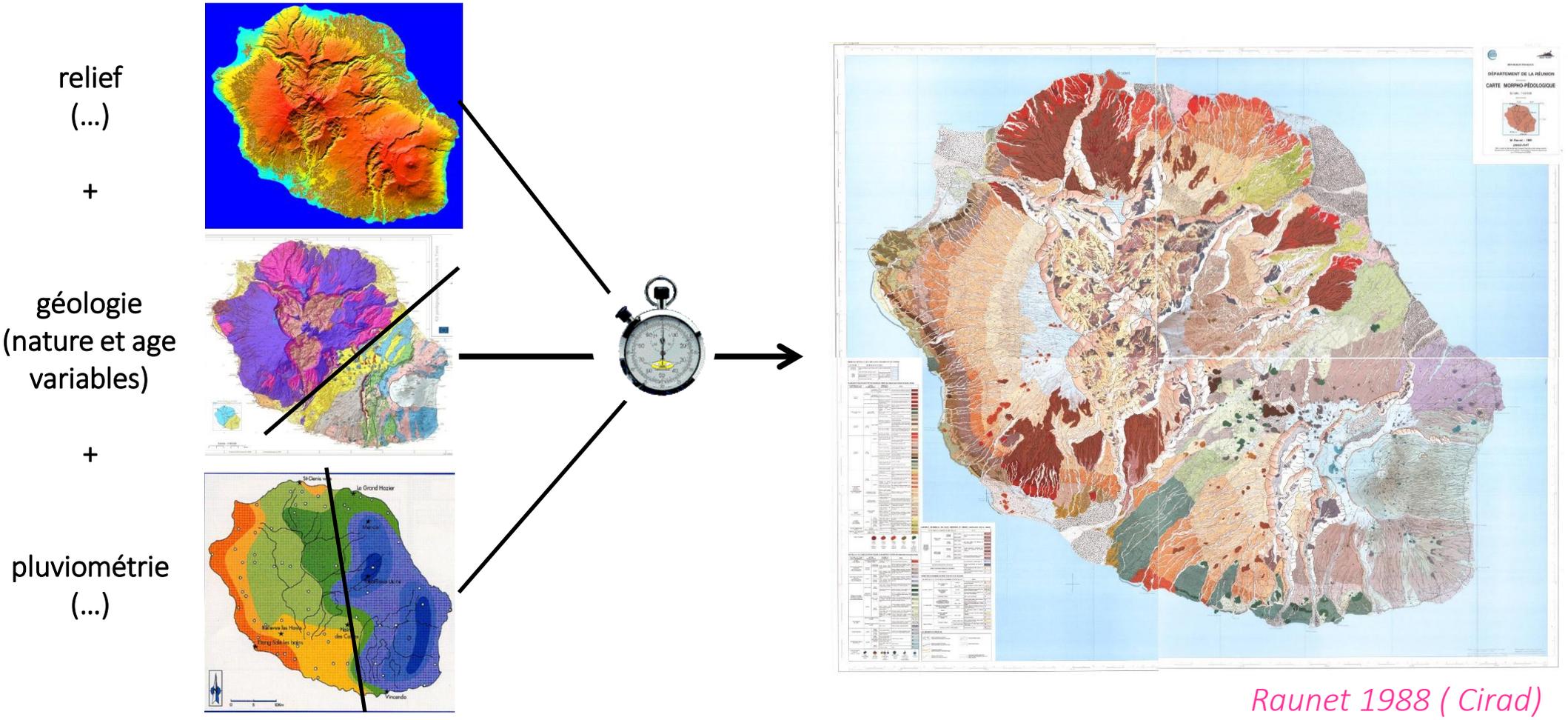
*Formation Maraichage Agriculture Biologique,
Saint-Denis, La réunion*

Introduction

Formation et diversité des sols à La Réunion

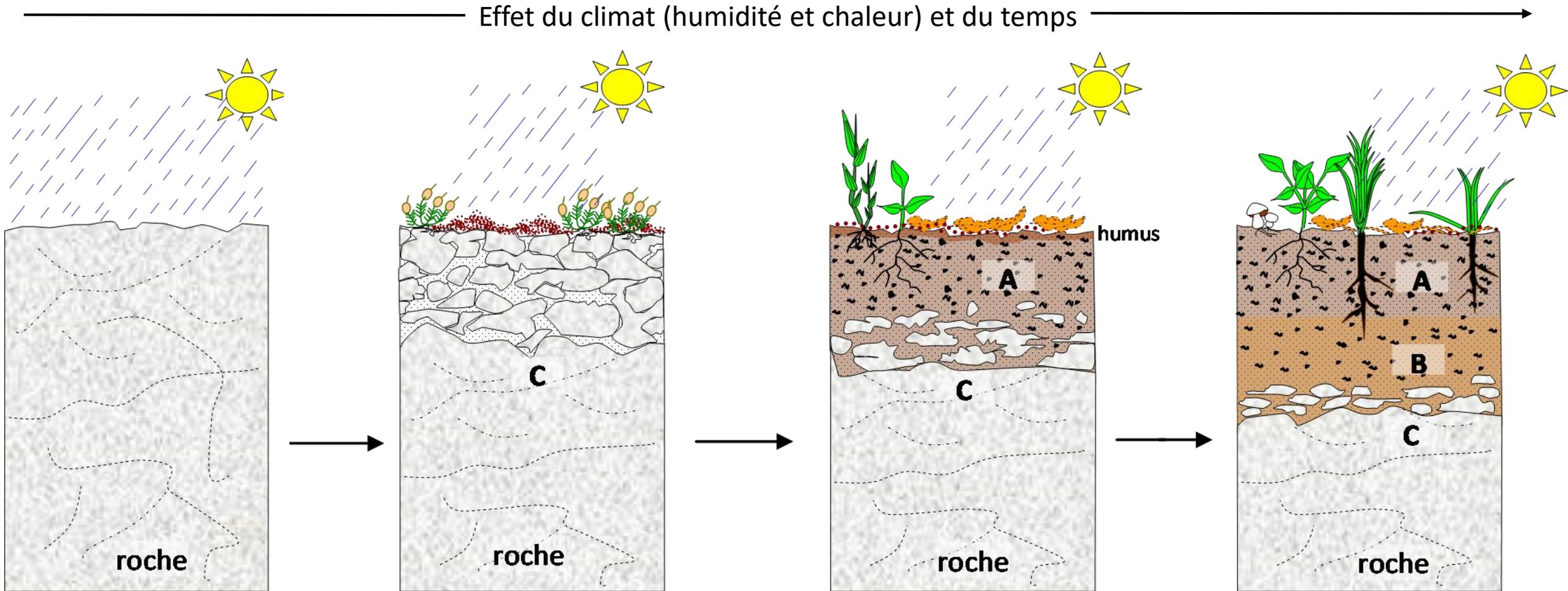
Matthieu Bravin

Comment se forme un sol ?



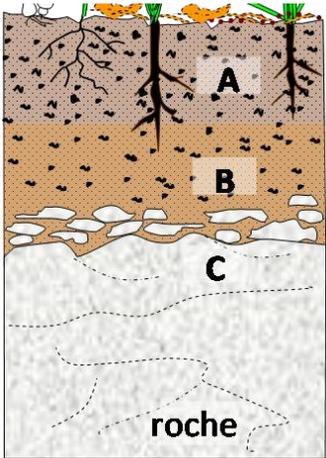
Raunet 1988 (Cirad)

Comment se forme un sol ?

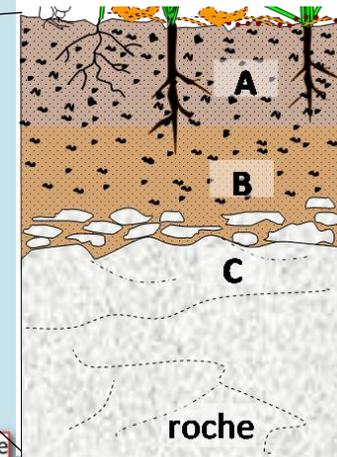


Carte simplifiée des sols de La Réunion

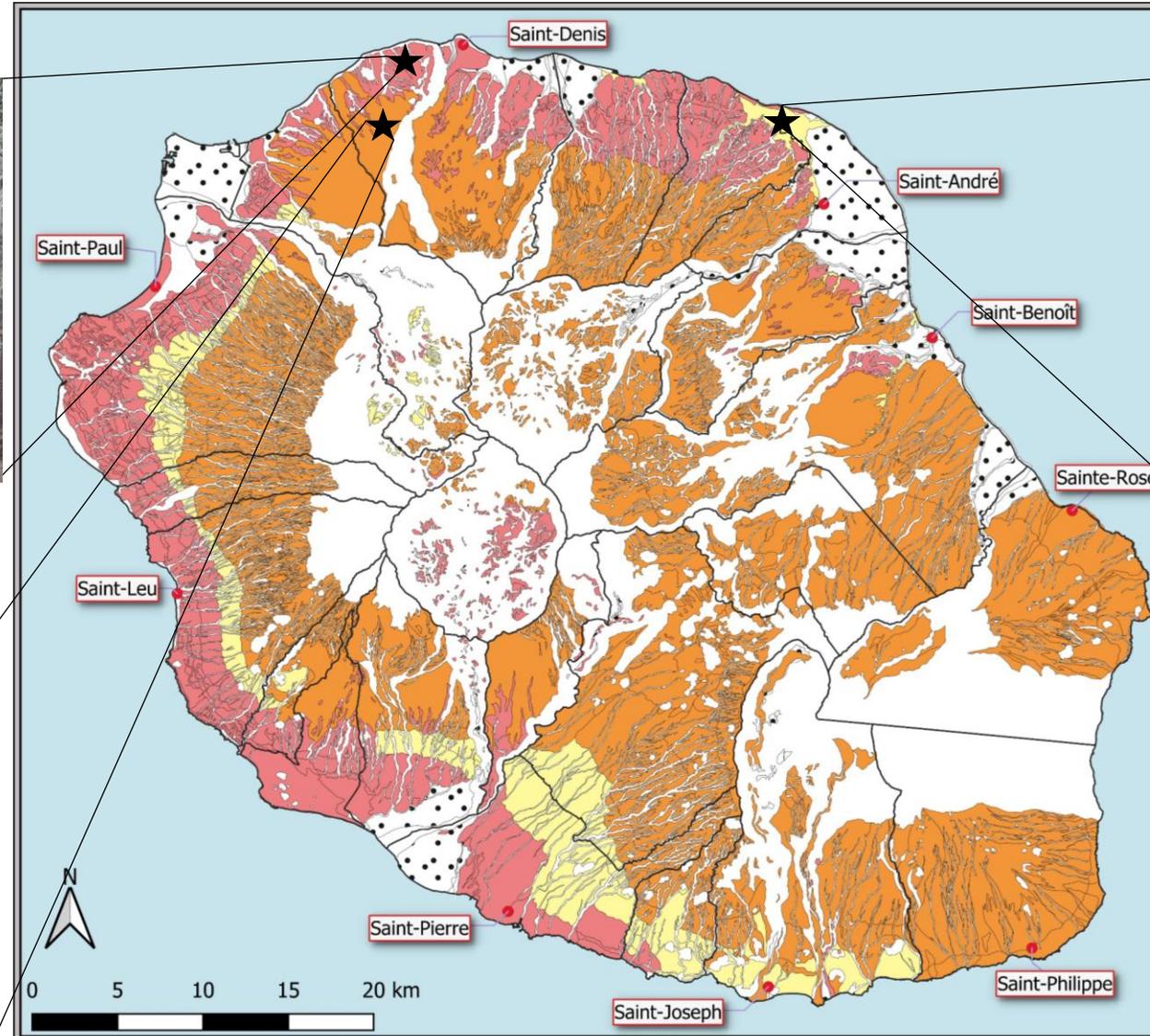
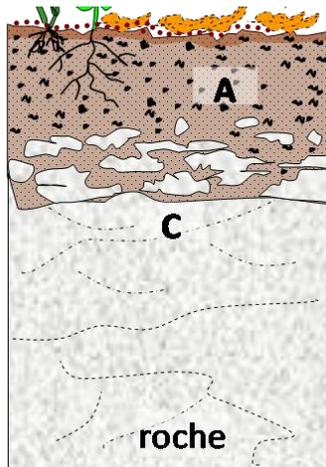
Sol brun/ferrallitique



Sol brun andique



Sol andique



- Sol brun andique
- Sol brun
- Sol sableux
- Non sol

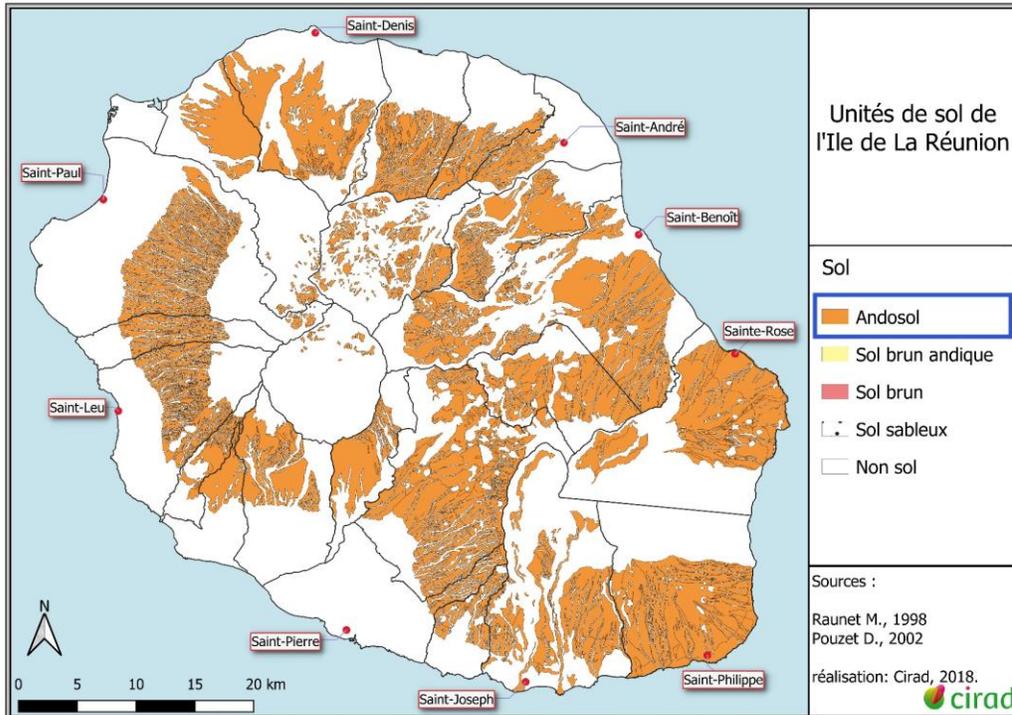
Sources :

Raunet M., 1998
Pouzet D., 2002

réalisation: Cirad, 2018.



Sol andique



Propriétés chimiques

- (très) Acide
- Capacité de rétention moyenne à faible
- Forte rétention du phosphore
- Très riche en matière organique

Propriétés physiques

- Léger, poreux et perméable
- Forte rétention et circulation de l'eau
- Profondeur et pierrosité très variable

⇒ Conséquences pour l'agriculture

- Haut potentiel de fertilité si pas trop acide, compacté et laissé nu
- Bonne réserve d'eau disponible pour la plante

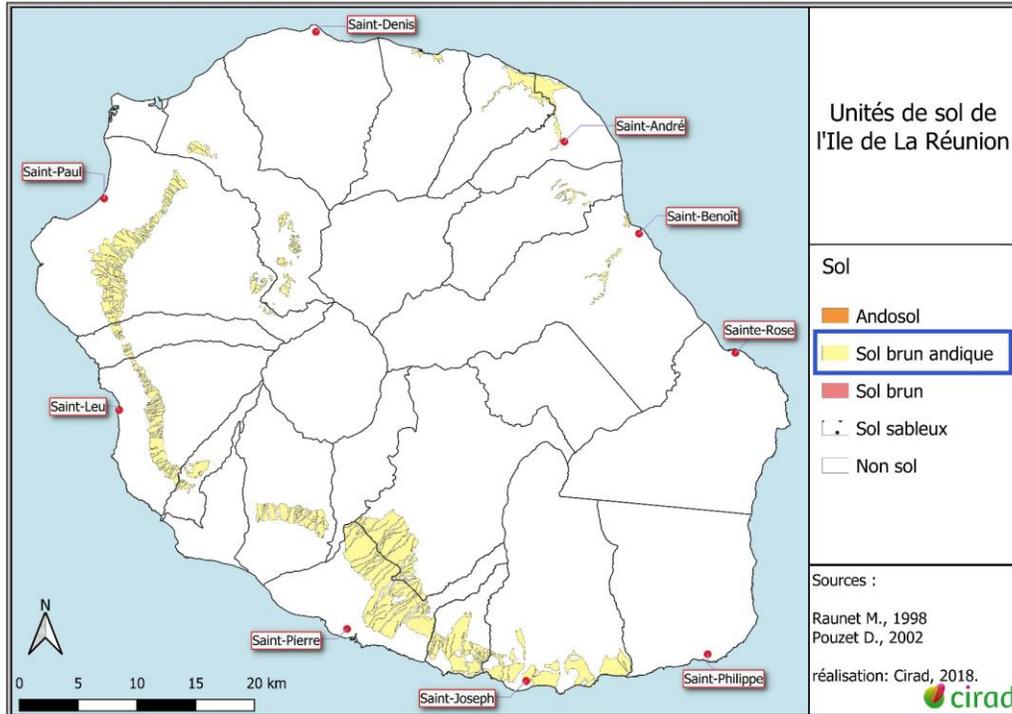
Sol brun andique

Propriétés chimiques

- Proche sols andiques mais moins marquées

Propriétés physiques

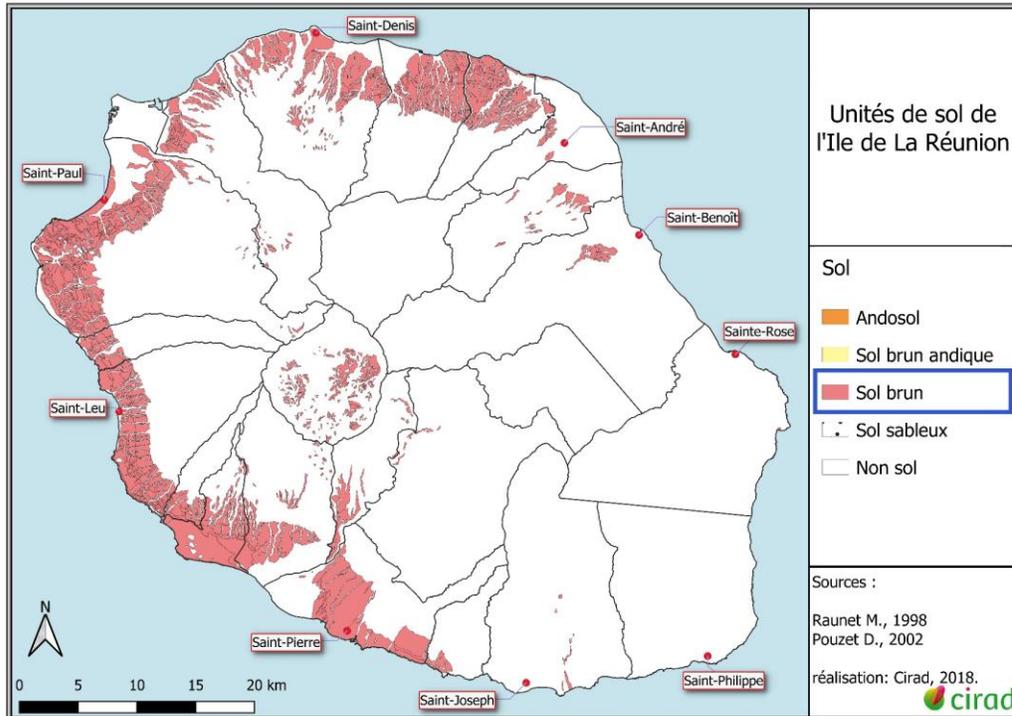
- Plus dense mais moins poreux et perméable que sol andique
- Bonne rétention et circulation de l'eau
- Profondeur et pierrosité moyenne à faible



⇒ Conséquences pour l'agriculture

- Potentiel de fertilité proche des andosols bien que moins marqué
- Bonne réserve d'eau disponible pour la plante

Sols brun et ferrallitique



Propriétés chimiques

- Acides à faiblement acides
- Capacité de rétention moyenne à forte
- Rétention modérée du phosphore
- Richesse moyenne à faible en matière organique

Propriétés physiques

- Riches en argile
- Plus lourds et denses
- Rétention et circulation de l'eau moyenne à faible
- Profondeur correcte mais pierrosité parfois élevée

⇒ Conséquences pour l'agriculture

- Haut potentiel de fertilité
- Risque de compaction ⇒ ruissellement
- Réserve d'eau disponible pour la plante moyenne

Pour résumer

LA CANNE
n° 45
août
2018

CAHIER technique

Mieux connaître ses sols

Une fertilisation bien raisonnée passe par une bonne connaissance de son sol où les racines des cannes vont puiser les ressources minérales dont la canne a besoin pour se développer. Ce cahier technique, premier d'une série de trois, vous parle de l'origine et des propriétés de



Podzol andique, sol brun andique, sol vertique, sol brun - Source : CIRAD

- > Comment se forme un sol ? II
- > Diversité et grands types de sols à La Réunion III
- > Les caractéristiques physiques et chimiques des sols IV
- > Les principaux éléments nutritifs de la plante V
- > Le rôle des organismes vivants VI
- > Le rôle de la matière organique VII
- > Potentiel et contraintes des grands types de sols à La Réunion VIII

Ce cahier technique a été rédigé avec la contribution du CIRAD : M. Bravin, A. Versini, F. Feder et L. Le Mézo.

CAHIER technique VIII

POTENTIEL ET CONTRAINTES DES GRANDS TYPES DE SOLS À LA RÉUNION

Les sols andiques ou andosols

Principales caractéristiques
Soils à couverture brève et faible (pH < 4,5). On parle d'échelle géo chimique des éléments nutritifs entre le sol et la plante : importante, au sol et le sol est très acide. Fort pouvoir d'échange et de rétention d'eau. Le sol est très absorbant dans le sol. Le pH est très bas et il est très riche en éléments nutritifs pour la plante. Le sol est très riche en carbone organique, les éléments nutritifs sont minéraux et donc portés par les minéraux libérés.

Principales contraintes
Sols très riches, pauvres et perméables. Ils retiennent bien l'eau et sont très humides. Ils sont très riches. Soils les plus souvent profonds et à faible pH.

Principales utilisations
Ces sols sont très riches en éléments nutritifs. Ils sont très riches en éléments nutritifs. Ils sont très riches en éléments nutritifs.

Les sols bruns andiques ou cambisols andiques

Principales caractéristiques
Ces sols sont très riches en éléments nutritifs. Ils sont très riches en éléments nutritifs. Ils sont très riches en éléments nutritifs.

Principales contraintes
Ces sols sont très riches en éléments nutritifs. Ils sont très riches en éléments nutritifs. Ils sont très riches en éléments nutritifs.

Les sols bruns ou cambisols (incluant les sols ferrallitiques et vertiques)

Principales caractéristiques
Sols à couverture brève et faible (pH < 4,5). On parle d'échelle géo chimique des éléments nutritifs entre le sol et la plante : importante, au sol et le sol est très acide. Fort pouvoir d'échange et de rétention d'eau. Le sol est très absorbant dans le sol. Le pH est très bas et il est très riche en éléments nutritifs pour la plante. Le sol est très riche en carbone organique, les éléments nutritifs sont minéraux et donc portés par les minéraux libérés.

Principales contraintes
Sols très riches, pauvres et perméables. Ils retiennent bien l'eau et sont très humides. Ils sont très riches. Soils les plus souvent profonds et à faible pH.

Principales utilisations
Ces sols sont très riches en éléments nutritifs. Ils sont très riches en éléments nutritifs. Ils sont très riches en éléments nutritifs.

Les sols sableux ou arénosols

Principales caractéristiques
Sols à couverture brève et faible (pH < 4,5). On parle d'échelle géo chimique des éléments nutritifs entre le sol et la plante : importante, au sol et le sol est très acide. Fort pouvoir d'échange et de rétention d'eau. Le sol est très absorbant dans le sol. Le pH est très bas et il est très riche en éléments nutritifs pour la plante. Le sol est très riche en carbone organique, les éléments nutritifs sont minéraux et donc portés par les minéraux libérés.

Principales contraintes
Sols très riches, pauvres et perméables. Ils retiennent bien l'eau et sont très humides. Ils sont très riches. Soils les plus souvent profonds et à faible pH.

Principales utilisations
Ces sols sont très riches en éléments nutritifs. Ils sont très riches en éléments nutritifs. Ils sont très riches en éléments nutritifs.

Les sols sableux ou arénosols

Principales caractéristiques
Sols à couverture brève et faible (pH < 4,5). On parle d'échelle géo chimique des éléments nutritifs entre le sol et la plante : importante, au sol et le sol est très acide. Fort pouvoir d'échange et de rétention d'eau. Le sol est très absorbant dans le sol. Le pH est très bas et il est très riche en éléments nutritifs pour la plante. Le sol est très riche en carbone organique, les éléments nutritifs sont minéraux et donc portés par les minéraux libérés.

Principales contraintes
Sols très riches, pauvres et perméables. Ils retiennent bien l'eau et sont très humides. Ils sont très riches. Soils les plus souvent profonds et à faible pH.

Principales utilisations
Ces sols sont très riches en éléments nutritifs. Ils sont très riches en éléments nutritifs. Ils sont très riches en éléments nutritifs.

Tous les cahiers techniques de Caro Canne sont téléchargeables sur le site <http://www.carocanne.re>

Caro Canne N°45 - Août 2018

<https://www.carocanne.re/kiosque/>

Gestion durable de la fertilité des sols en Agriculture Biologique

Séquence 1 sur les sols

Matthieu Bravin et Antoine Versini

Introduction brise-glace / Partie orale sans support

Bassine
Andosol

Bassine
Nitisol

De quoi est constitué un sol ?

Éléments grossiers, terre, eau, air, organismes vivants (végétaux, animaux, micro-organismes)

Ces éléments varient spatialement en latéral (var champ) et en profondeur (horizons).

→ Ici il s'agit d'un sous-échantillon de sol avec l'ensemble des composantes sans le biologique et avec un biais de prélèvement (lat et vert).

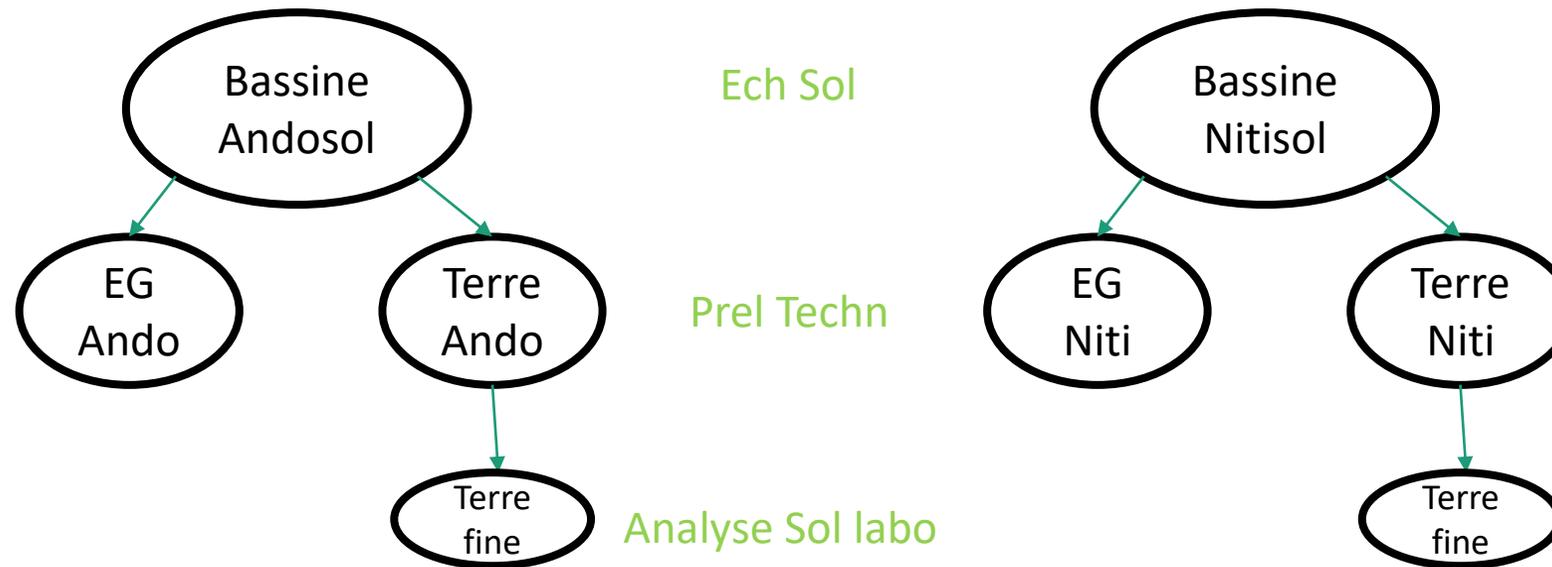
Question fil rouge:

Lequel de ces deux sols vous semble le plus fertile et pourquoi ?

Introduction brise-glace / Partie orale sans support

Question fil rouge:

Lequel de ces deux sols vous semble le plus fertile et pourquoi ?



Différents indices

EG (pierrosité), *volume de terre* (DA), *texture* (test du boudin, adhésion peau), *couleur* (%MO, présence d'oxydes)...

Quantité et *qualité* de la terre d'un sol

Introduction brise-glace / Partie orale sans support

On peut s'appuyer sur gradient de taille d'EG pour origine minérale

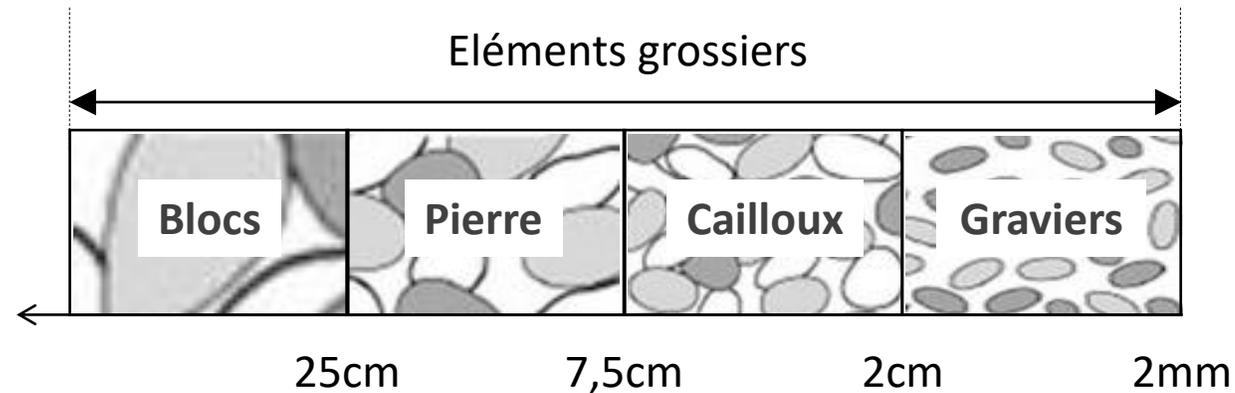
Quelques racines pour origine organique

→ Interaction organo-minérale.

Fertilité physique des sols

Pierrosité

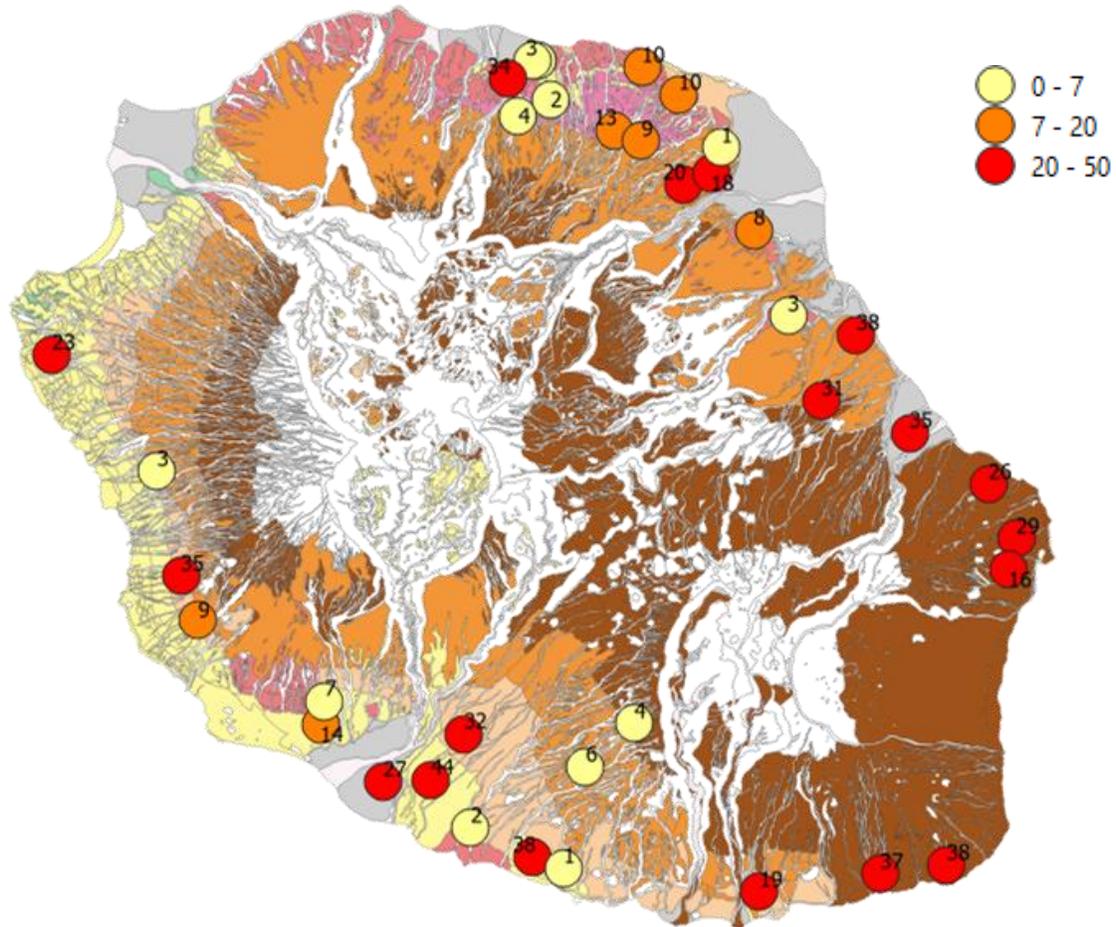
= volume de sol occupé par les éléments grossiers



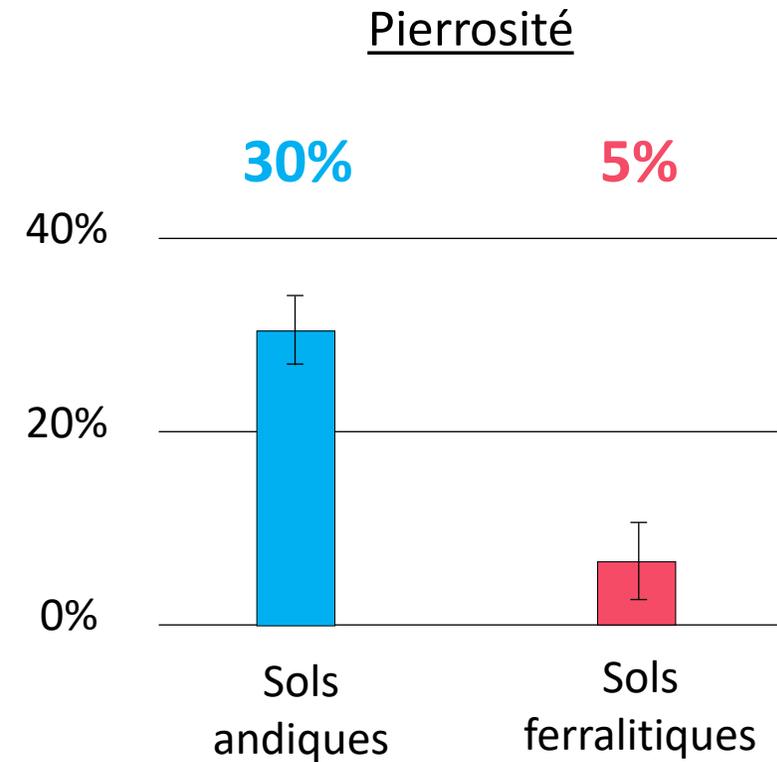
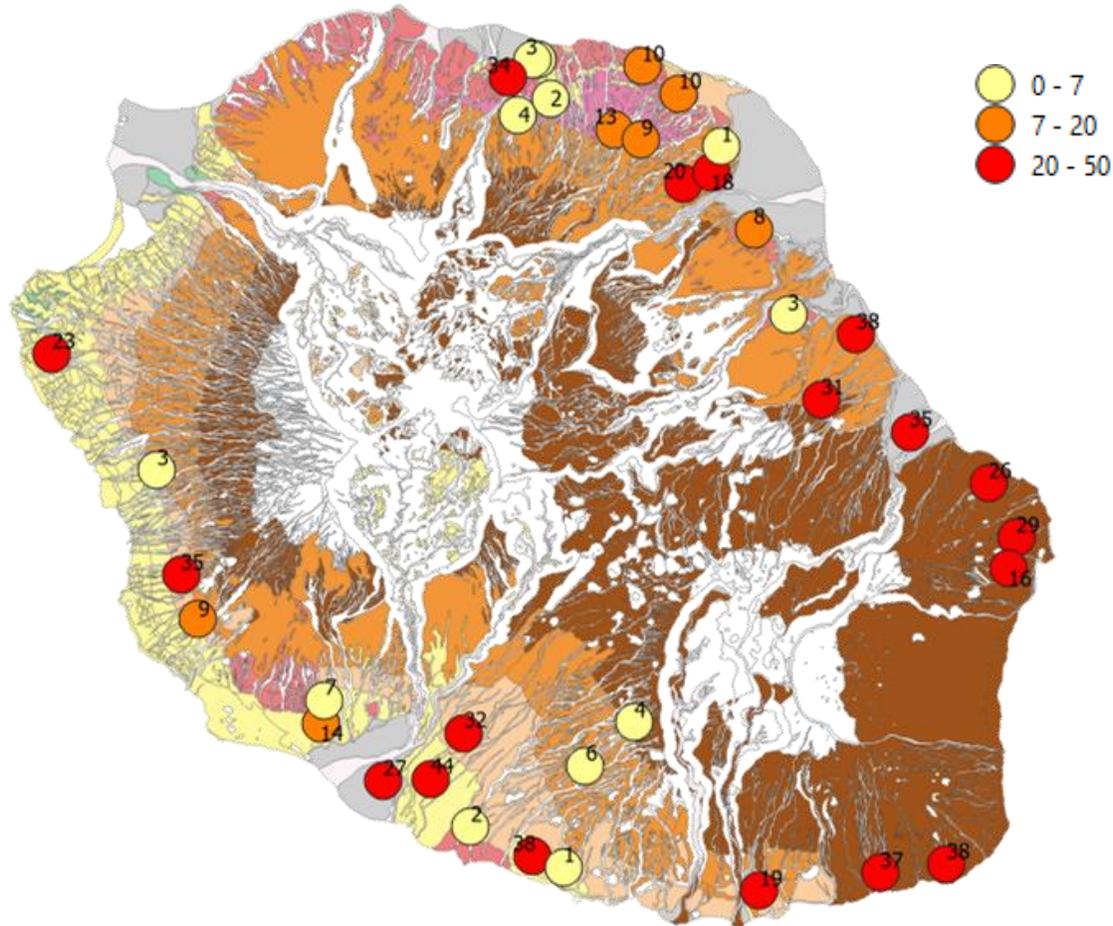
Augmente l'infiltrabilité, volume mort, contrainte
à la mécanisation...

Aère le sol, limite la compaction...

Pierrosité

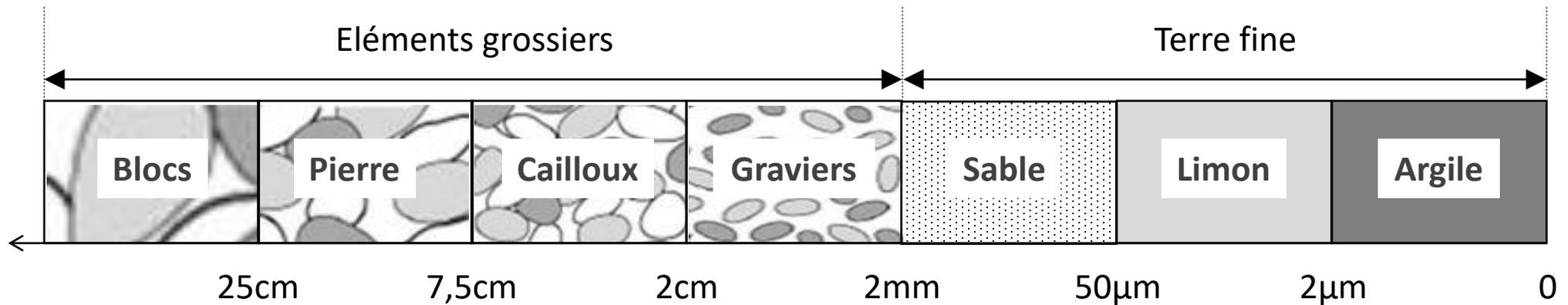


Pierrosité



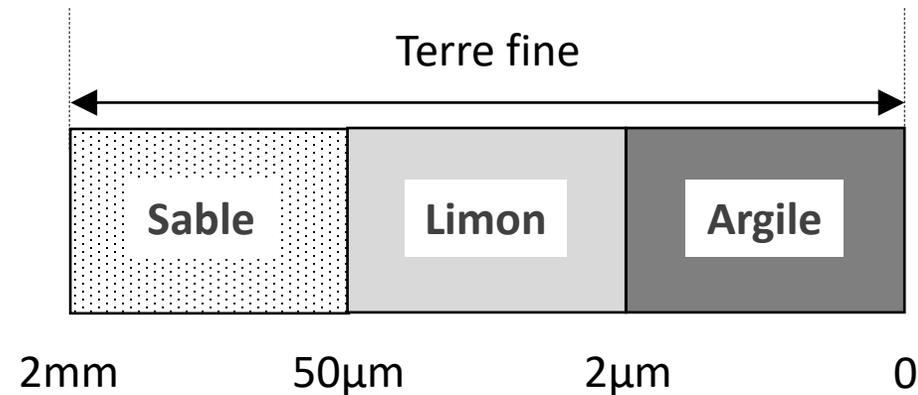
Texture

= distribution de taille des particules de terre fine



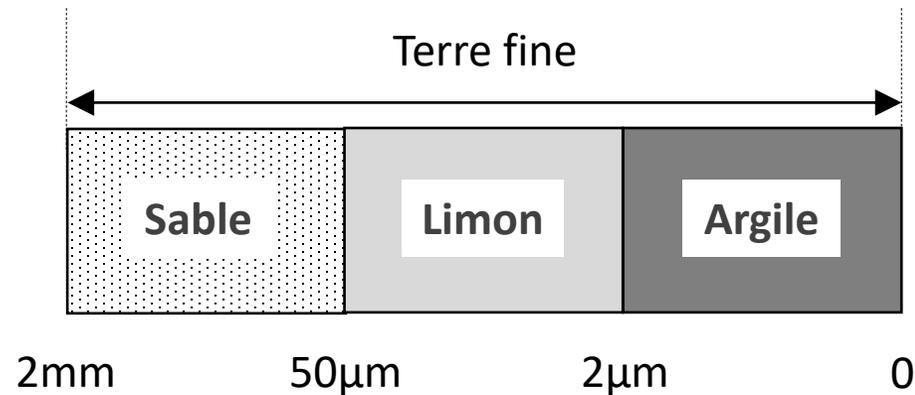
Texture

= distribution de taille des particules de terre fine



Texture

= distribution de taille des particules de terre fine

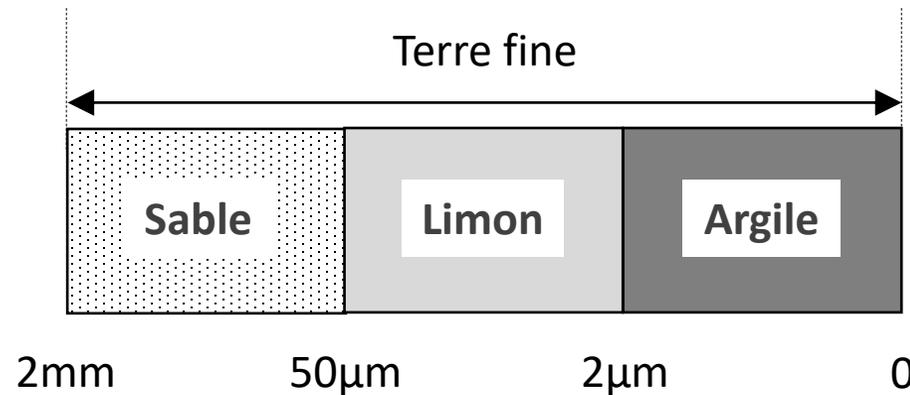


Sols sableux : texture limono-sableuse

S 60% L 30% A 10%

Texture

= distribution de taille des particules de terre fine



Sols sableux : texture limono-sableuse

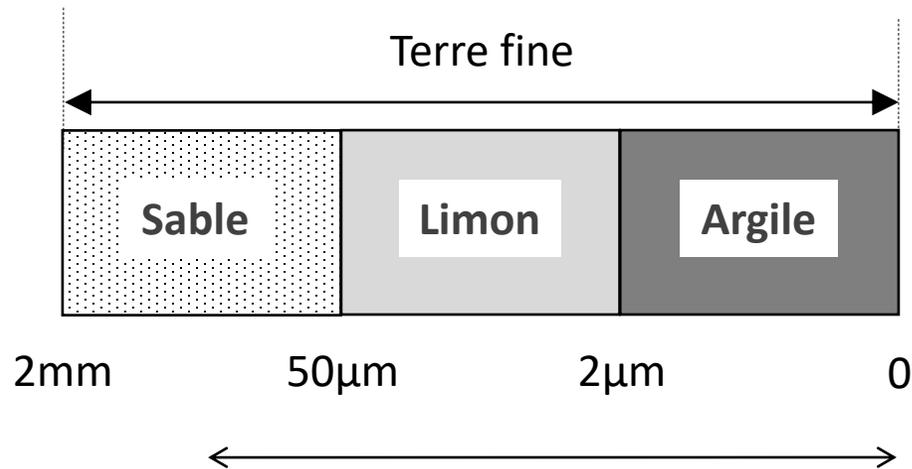
S 60% L 30% A 10%

Sols bruns et ferralitiques : texture argilo-limoneuse

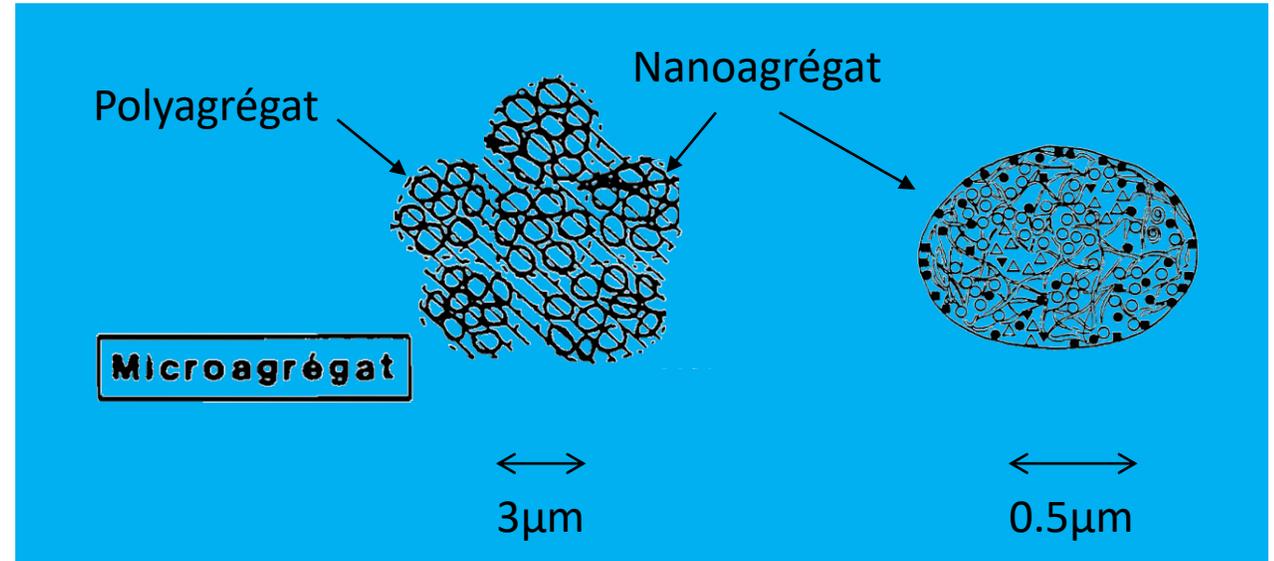
S 10% L 45% A 45%

Texture

= distribution de taille des particules de terre fine

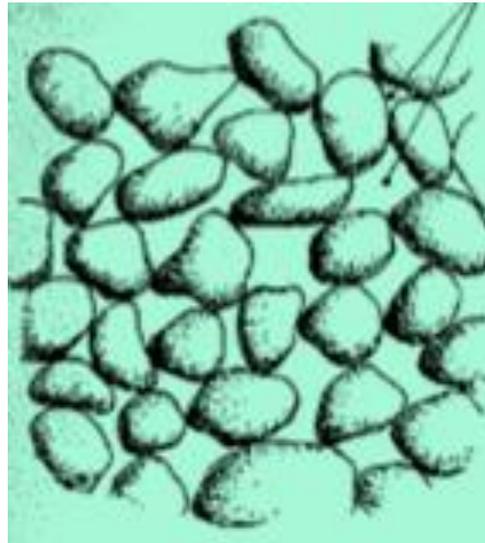


Sols andiques : texture limoneuse
Agglomération de particules à
différentes tailles



Structure

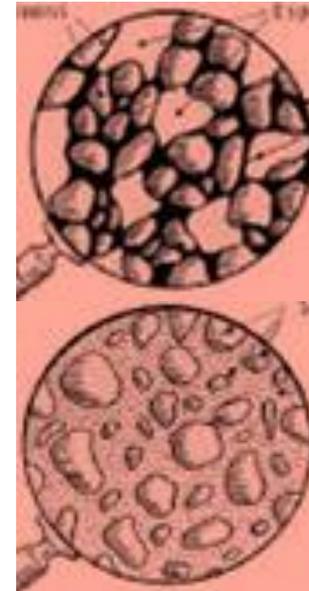
= agencement des particules de terre fine



Sols sableux

Structure particulaire

Bien aérée mais ne retient pas l'eau



Structure grumeleuse

Structure compactée

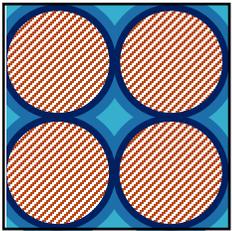
Sols bruns et ferralitiques : risque de compaction conduisant à une mauvaise circulation de l'eau et de l'air

Fertilité physique des sols

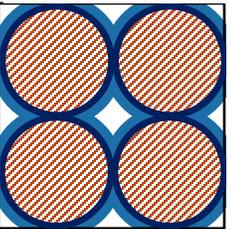
Réserve utile en eau

= quantité d'eau mobilisable par la culture

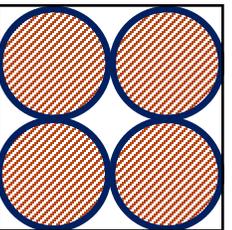
Text. grossière



Eau gravitaire

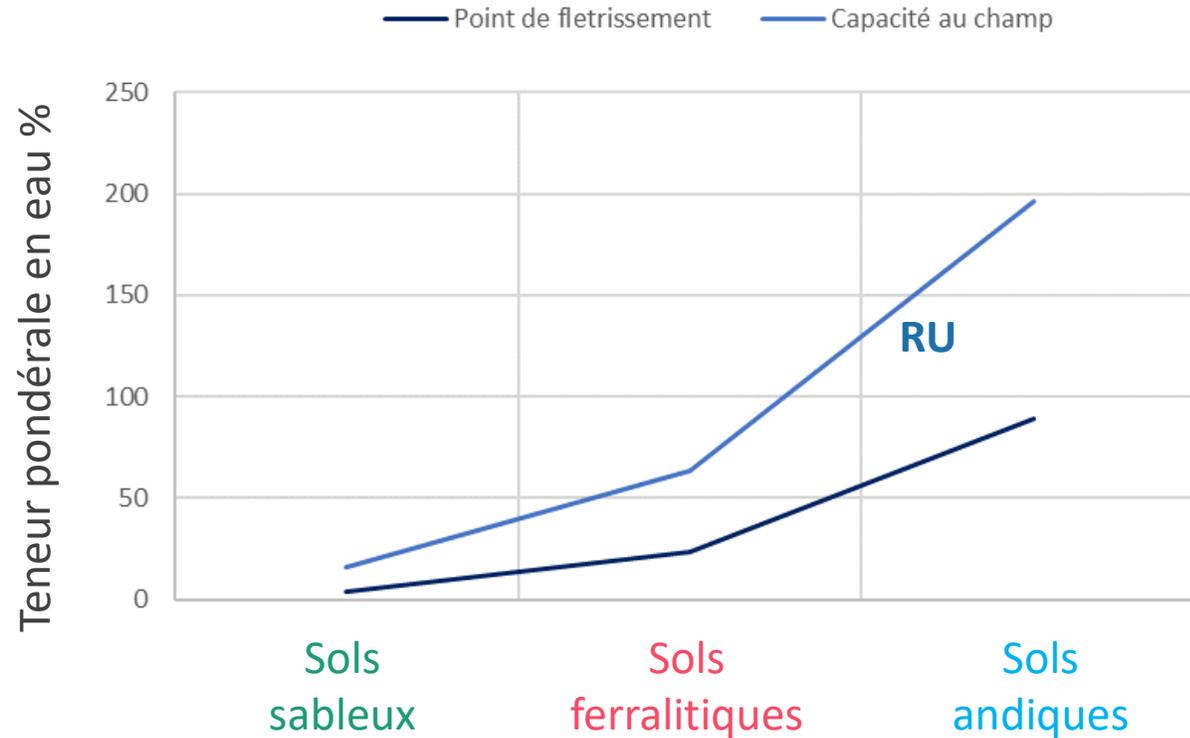
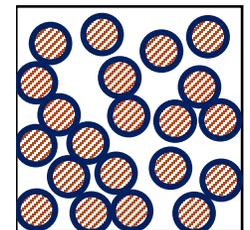
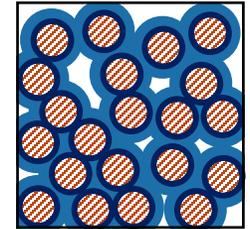
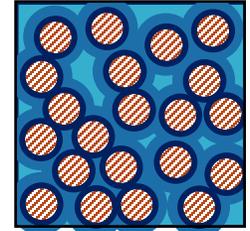


Eau utilisable



Eau fortement lié

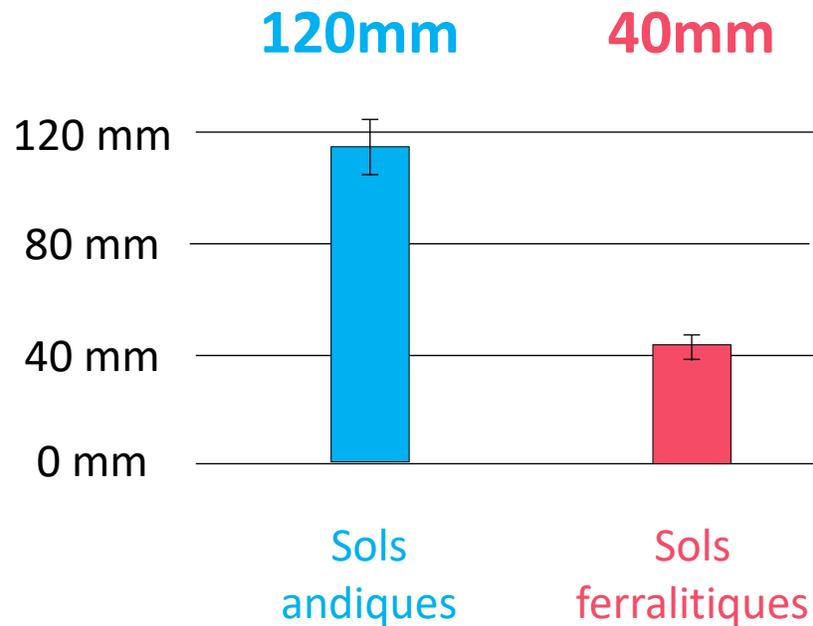
Text. Fine



Réserve utile en eau

= quantité d'eau mobilisable par la culture sur 100 cm de profondeur

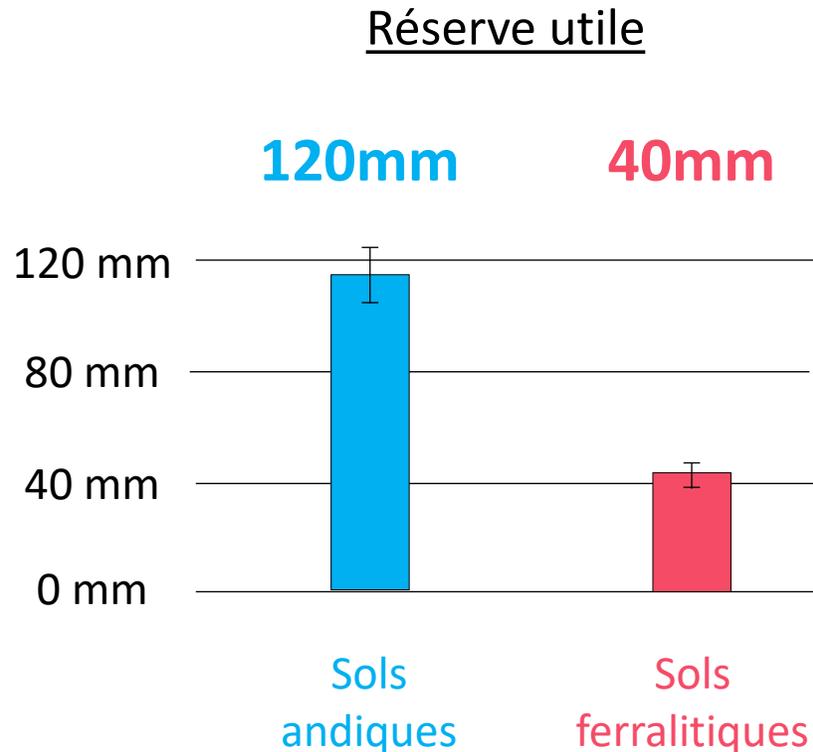
Réserve utile



Fertilité physique des sols

Réserve utile en eau

= quantité d'eau mobilisable par la culture sur 100 cm de profondeur

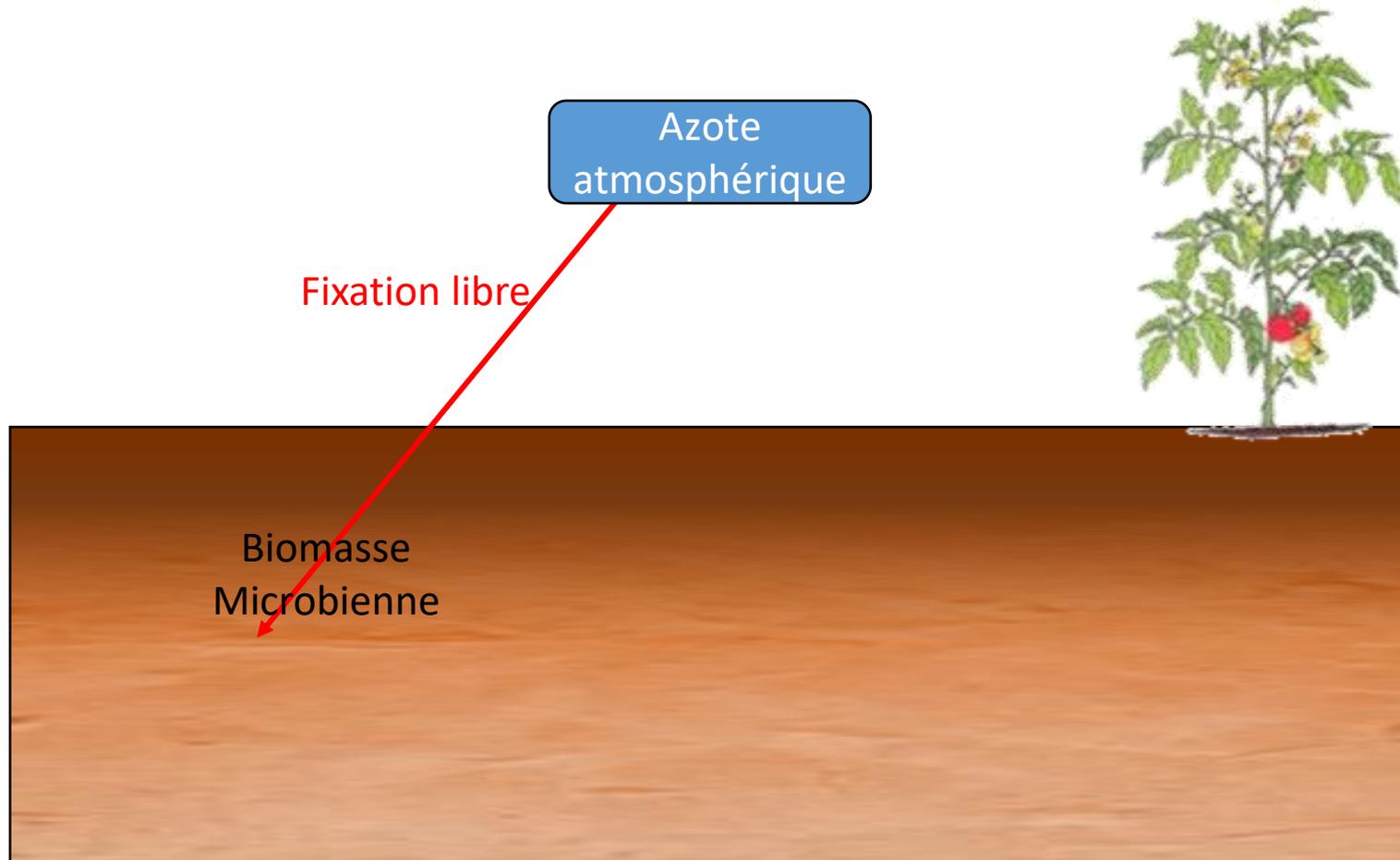


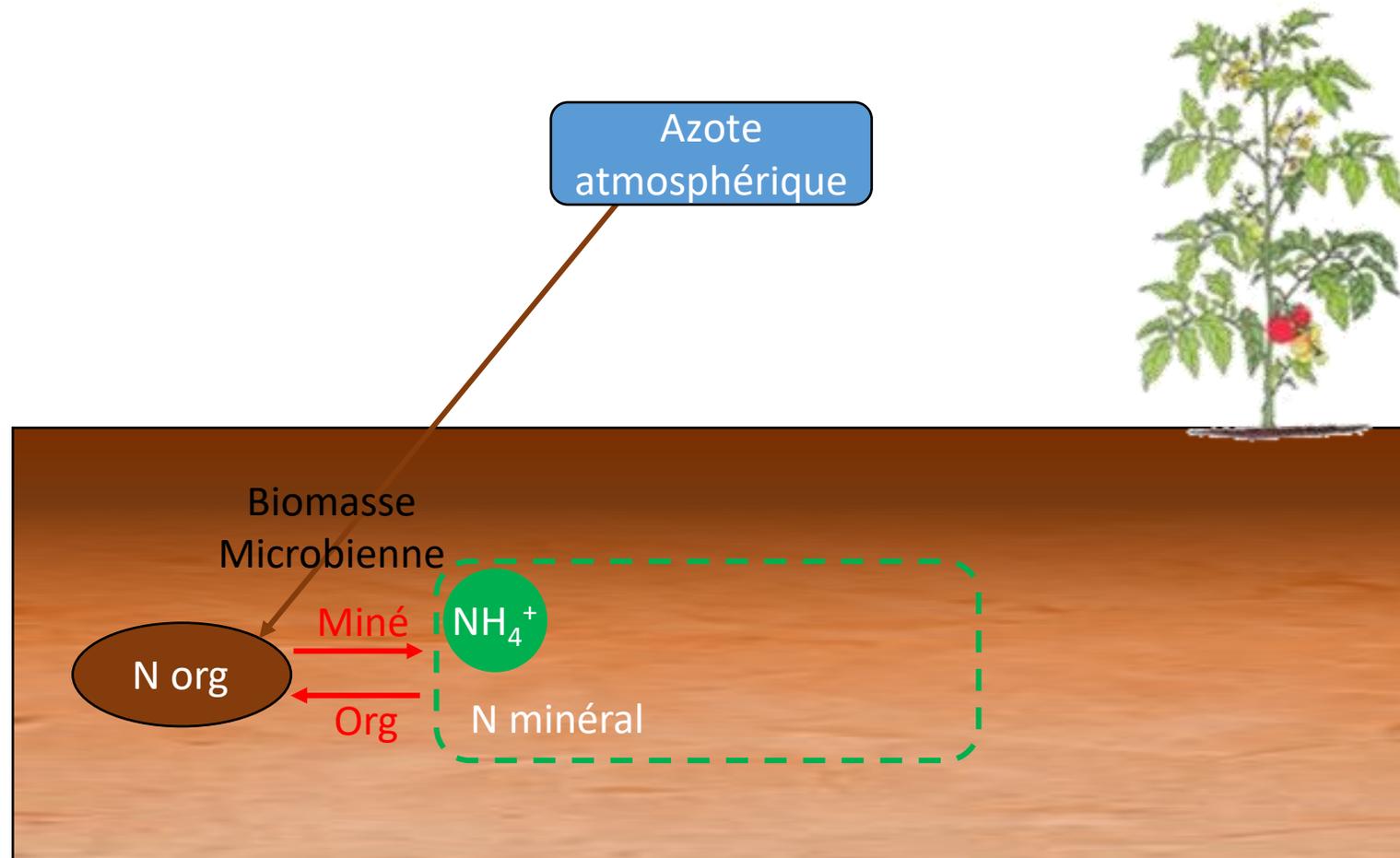
Qu'en est-il de la fertilité chimique?

En particulier de la fertilité azotée,
premier nutriment limitant la
croissance de la canne-à-sucre ?

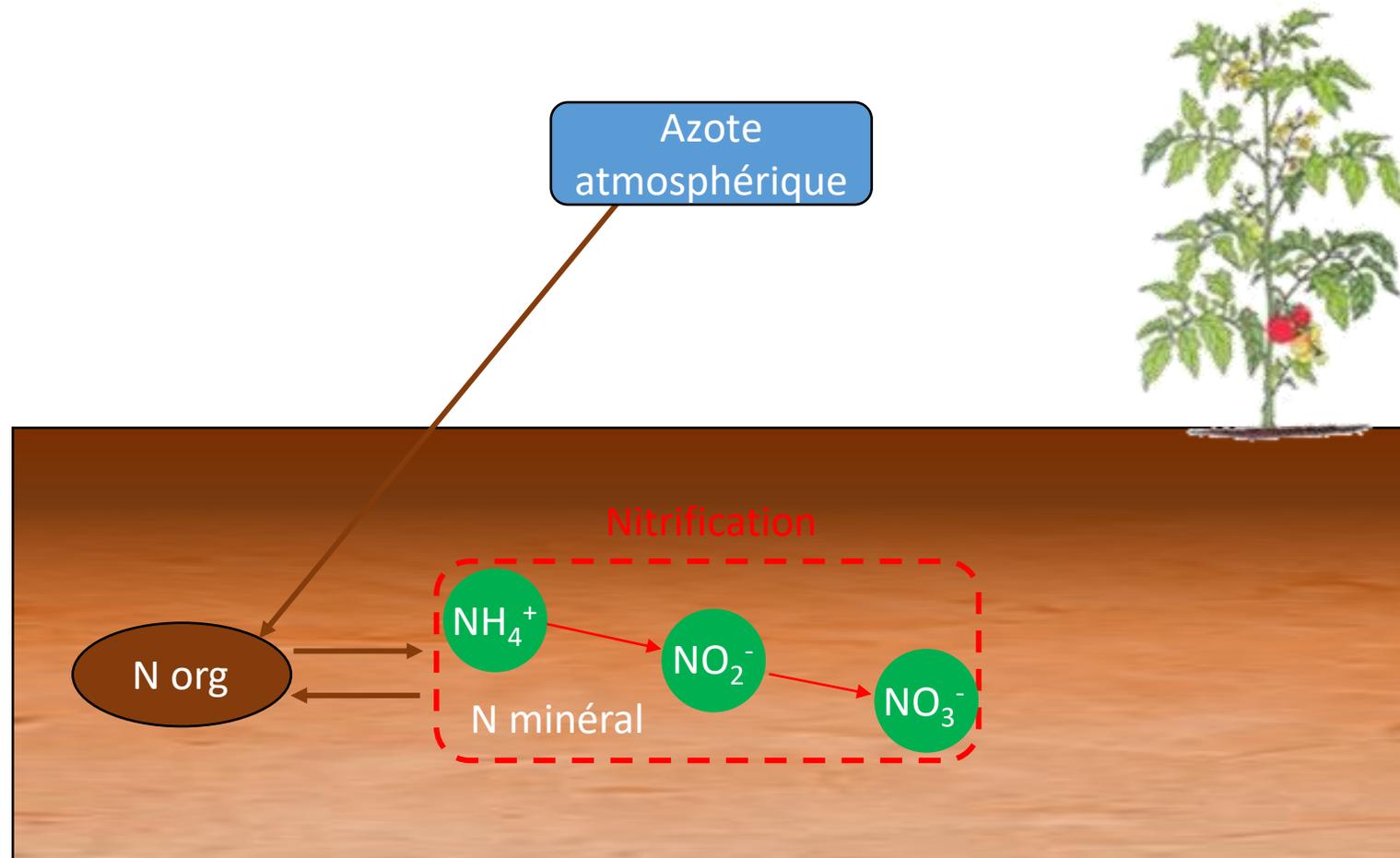
Azote
atmosphérique



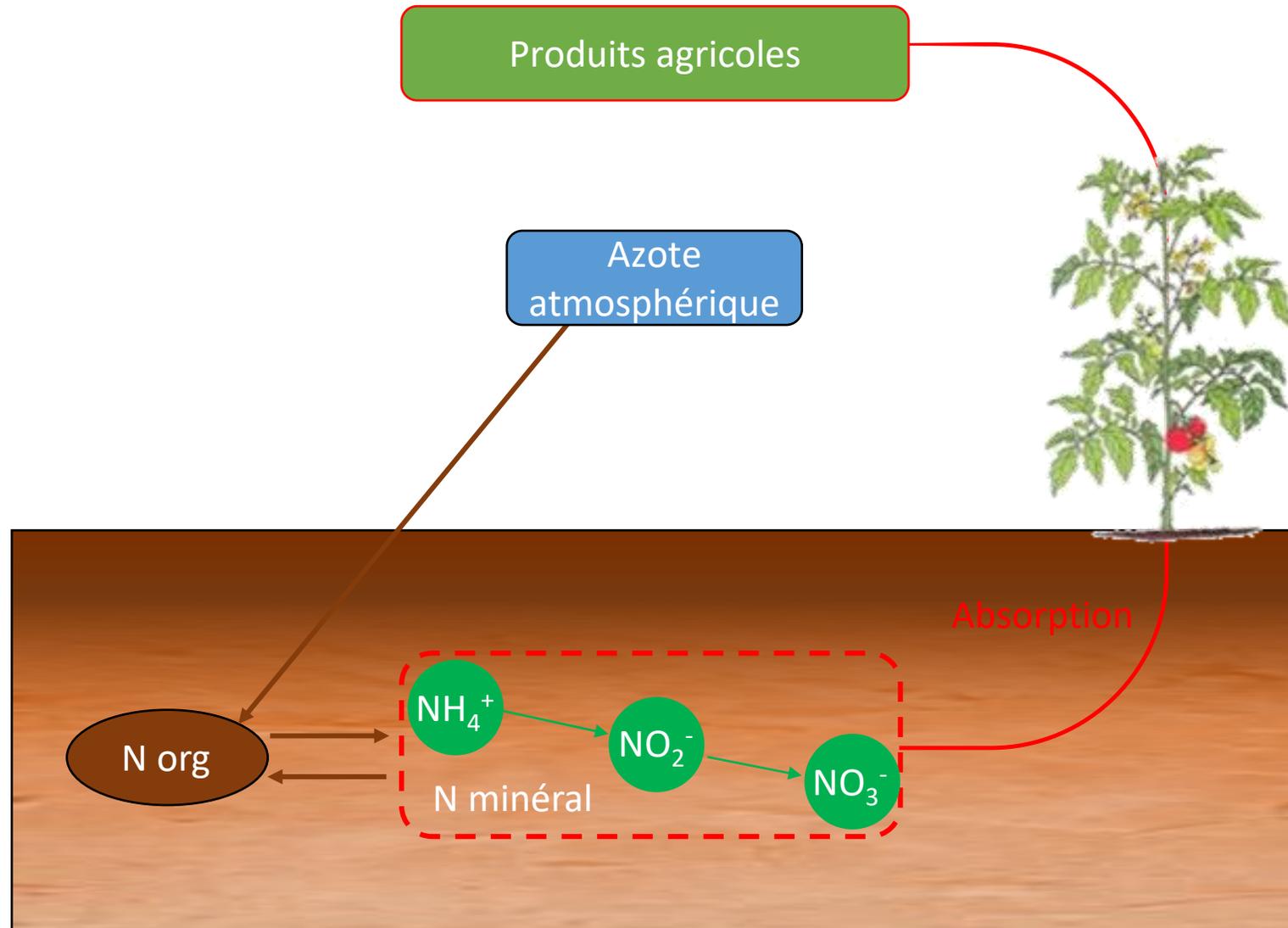




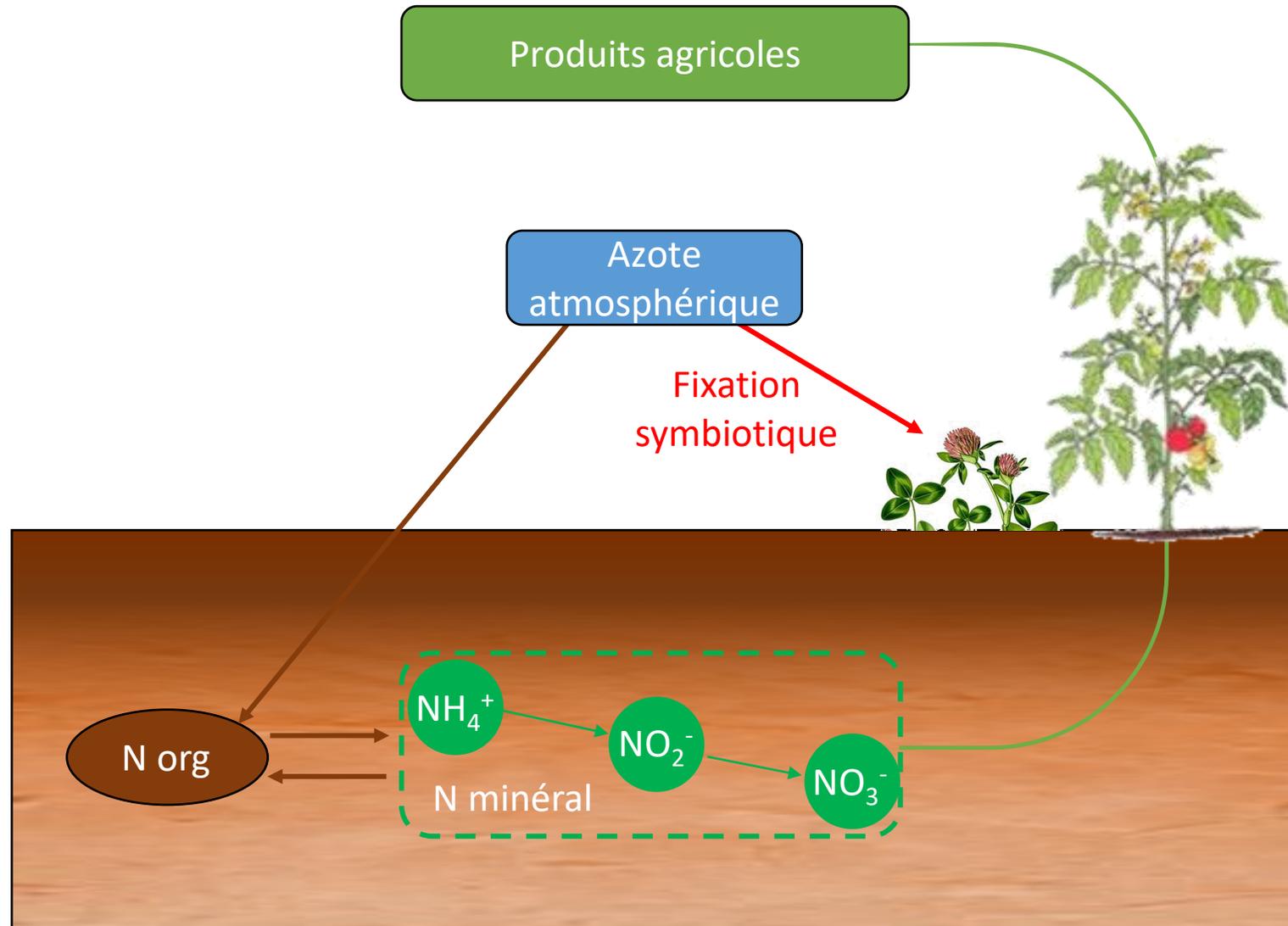
Cycle simplifié de N dans un sol cultivé



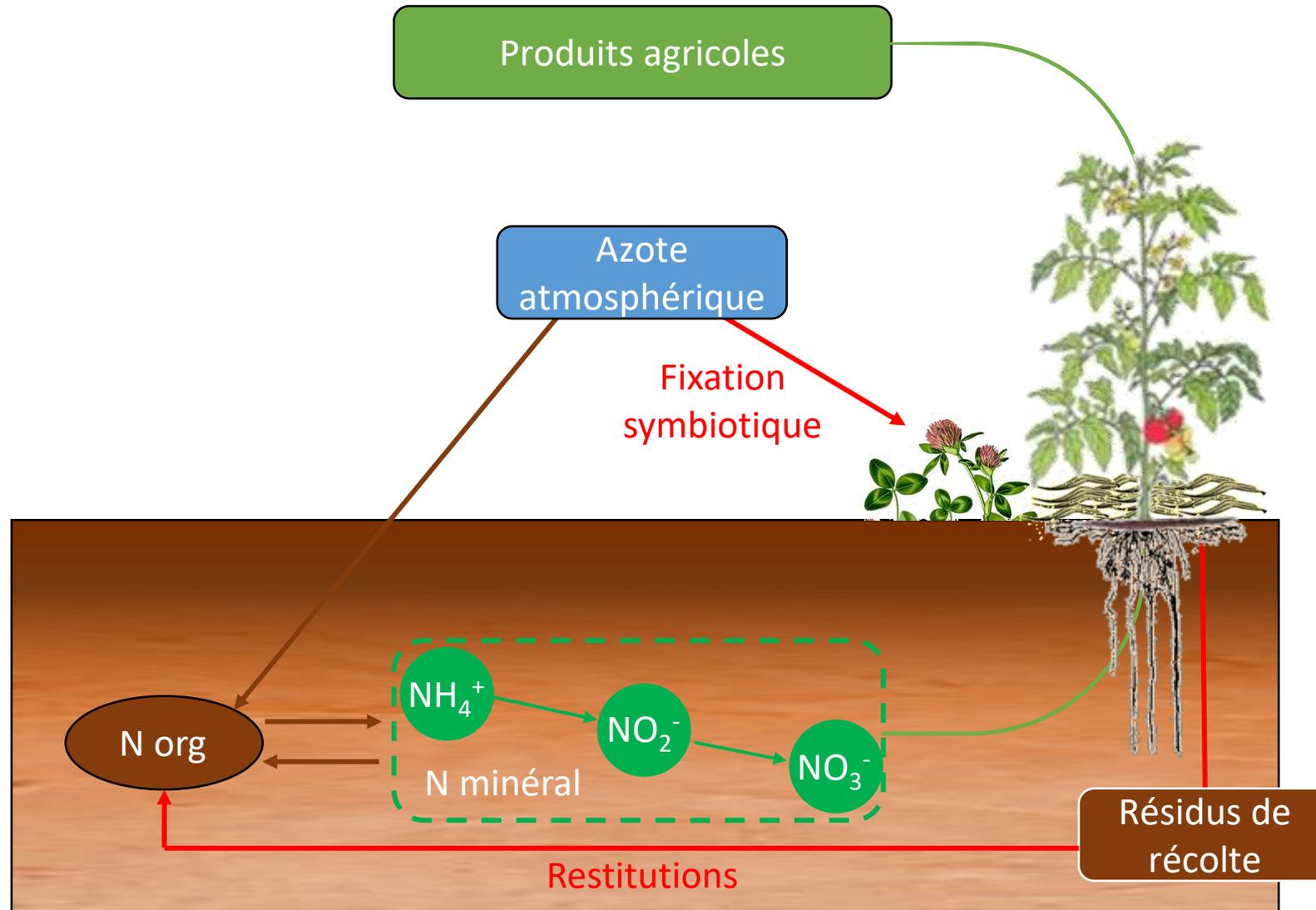
Cycle simplifié de N dans un sol cultivé



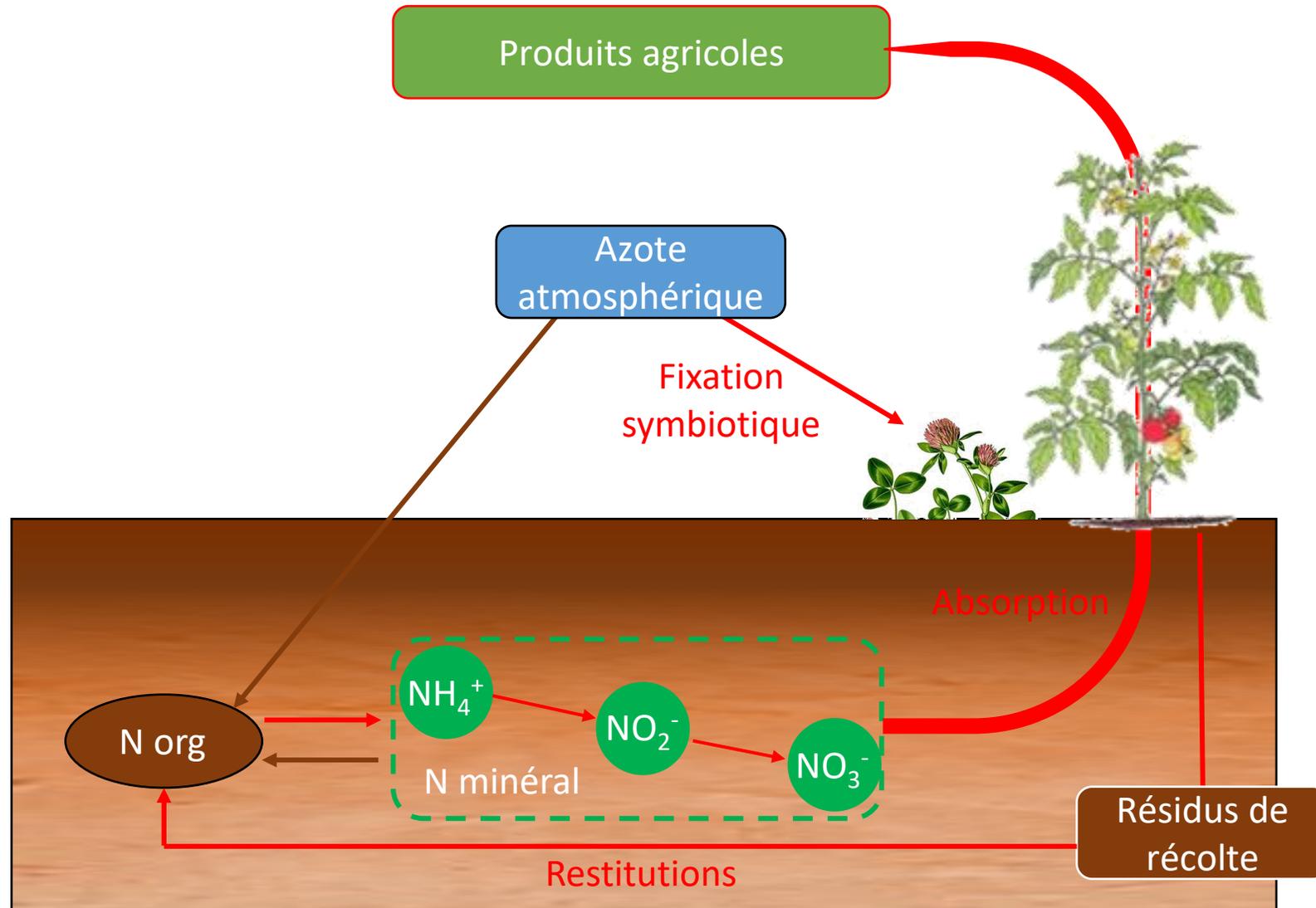
Cycle simplifié de N dans un sol cultivé



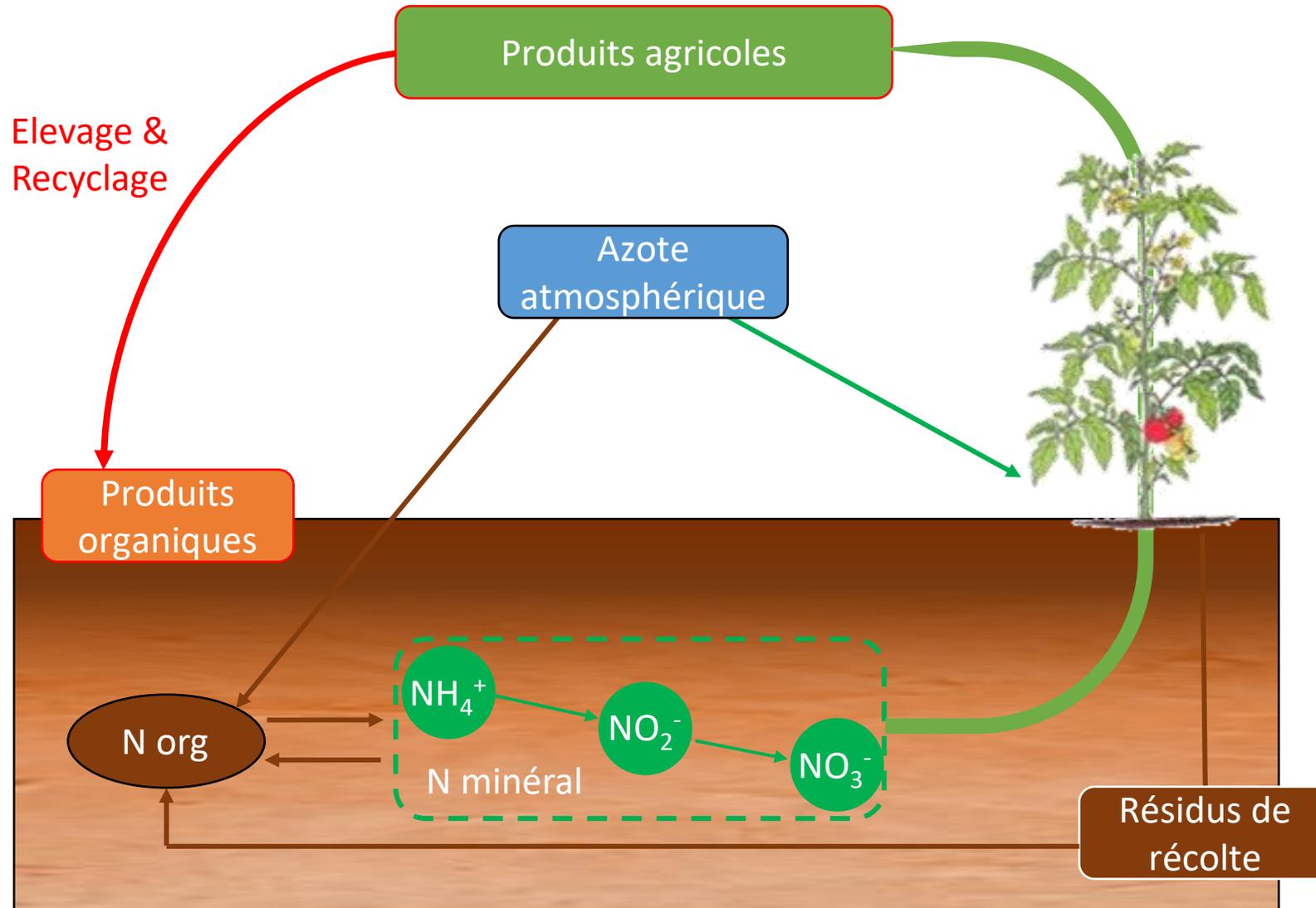
Cycle simplifié de N dans un sol cultivé



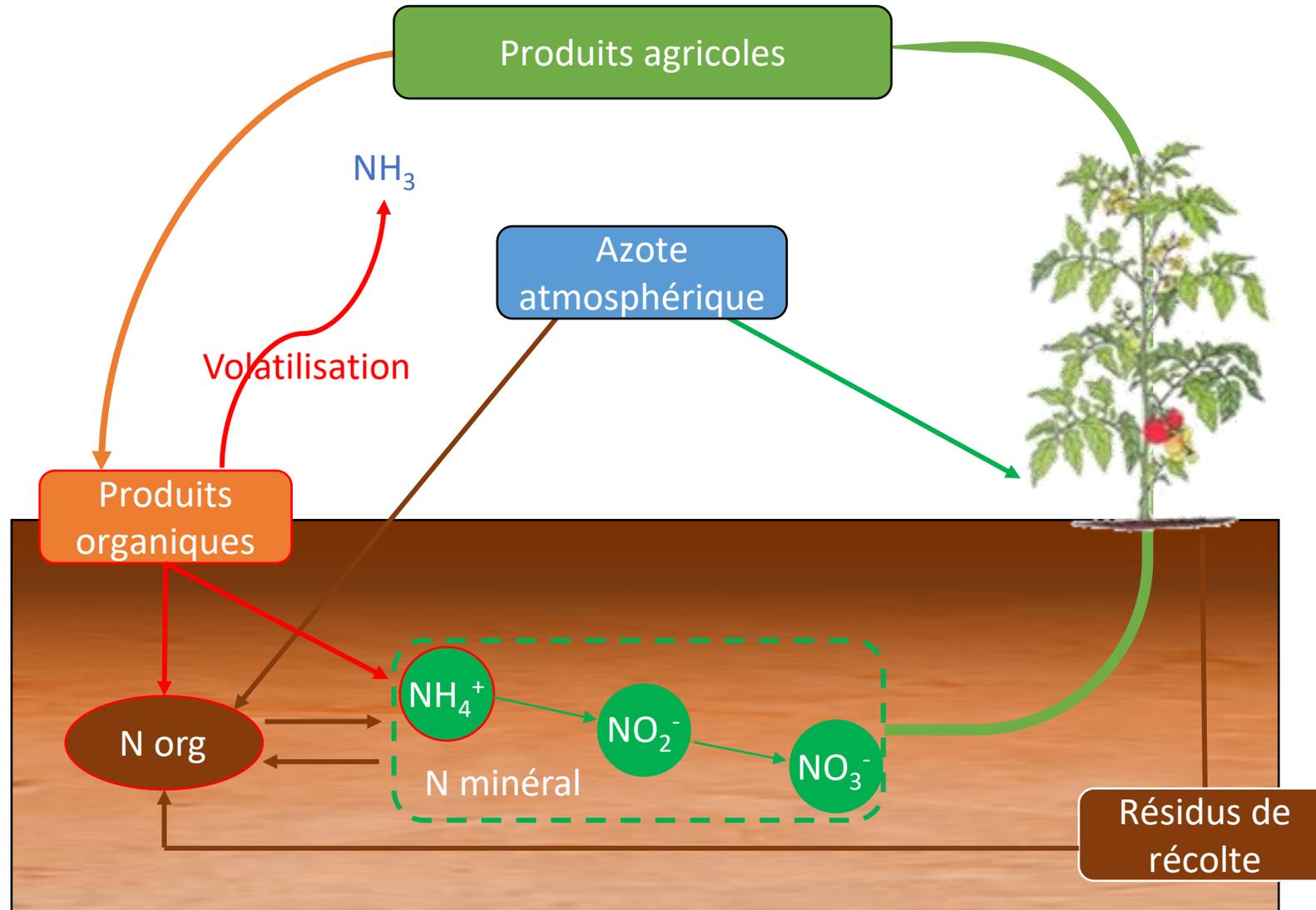
Cycle simplifié de N dans un sol cultivé



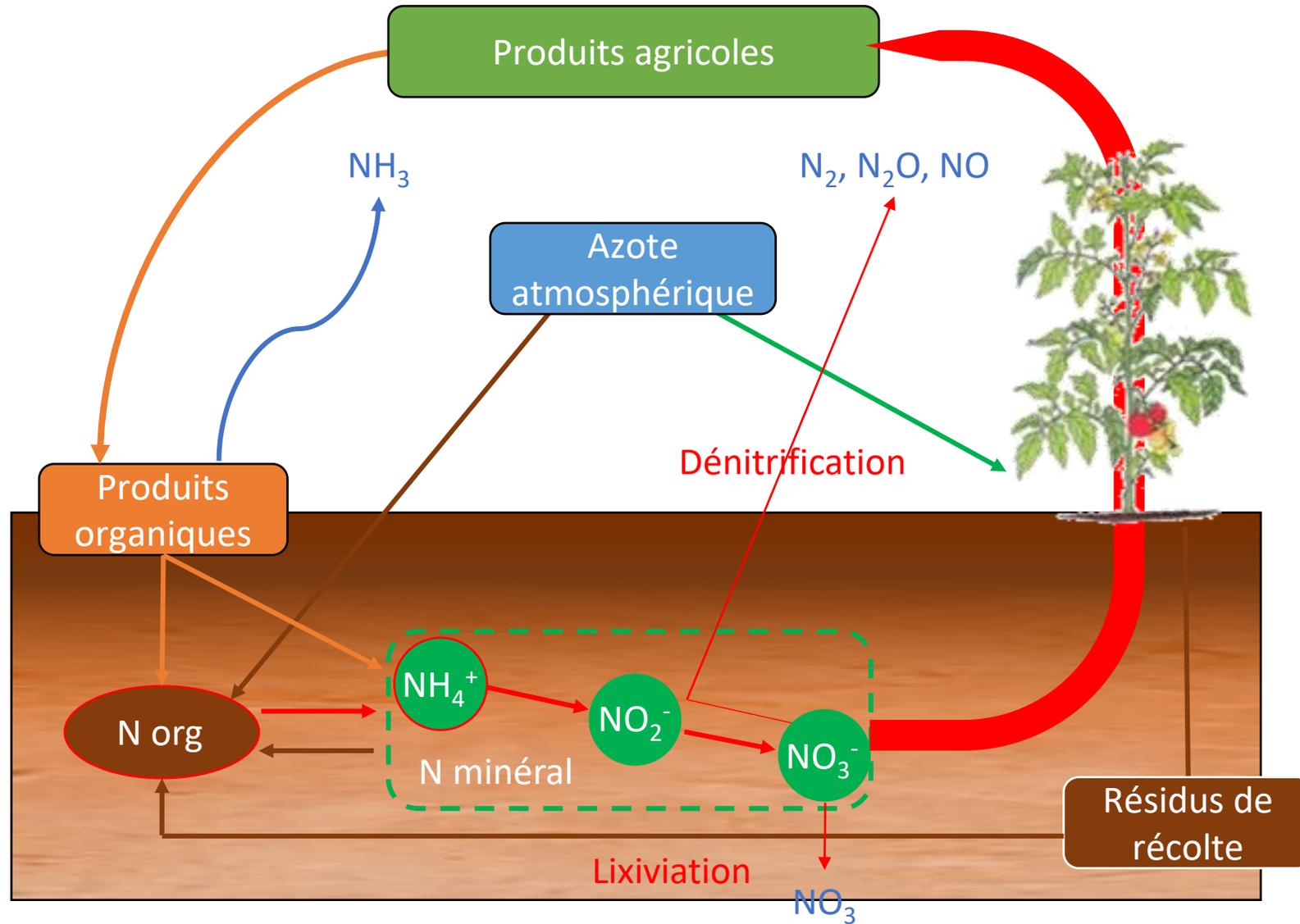
Cycle simplifié de N dans un sol cultivé



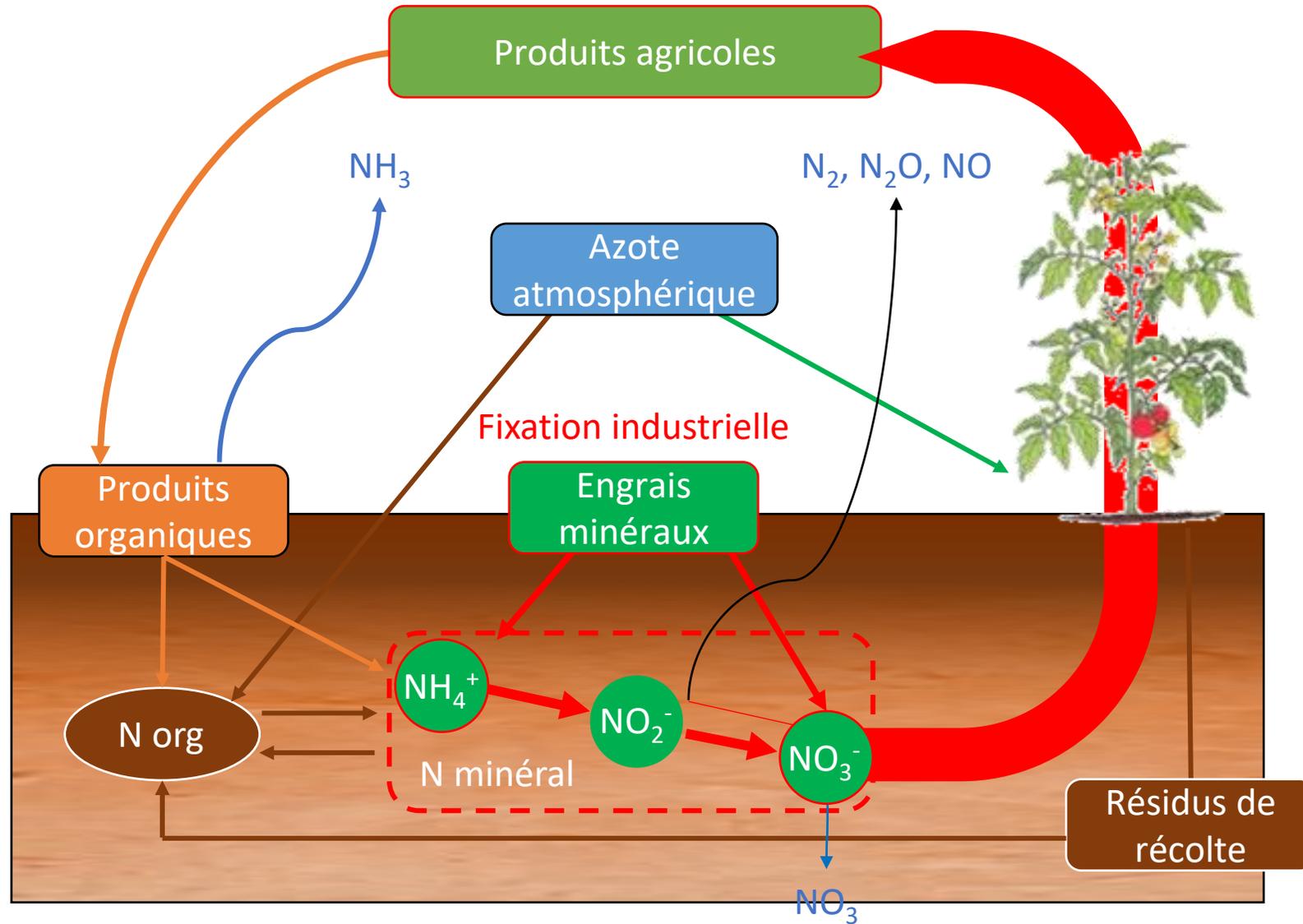
Cycle simplifié de N dans un sol cultivé



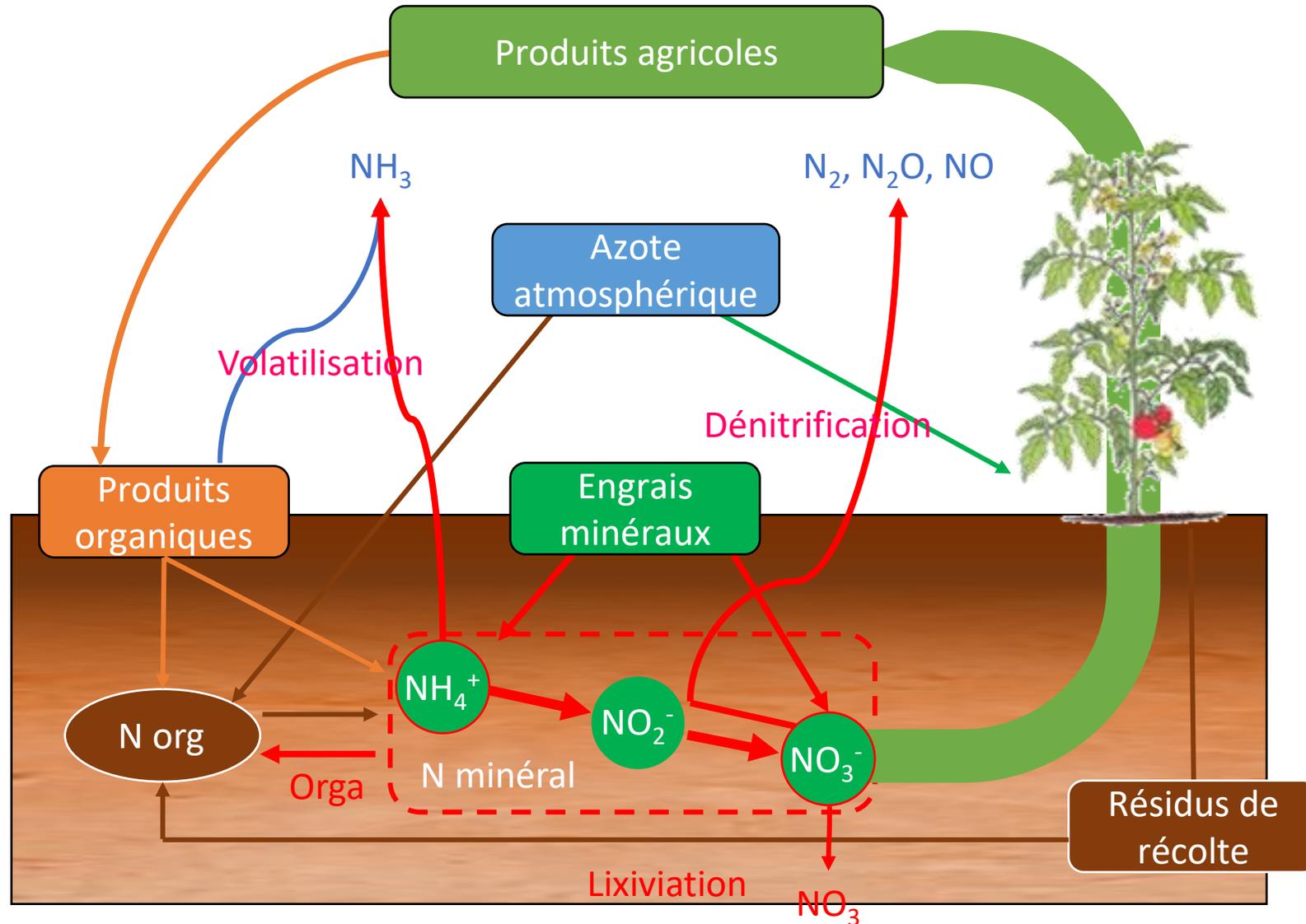
Cycle simplifié de N dans un sol cultivé



Cycle simplifié de N dans un sol cultivé

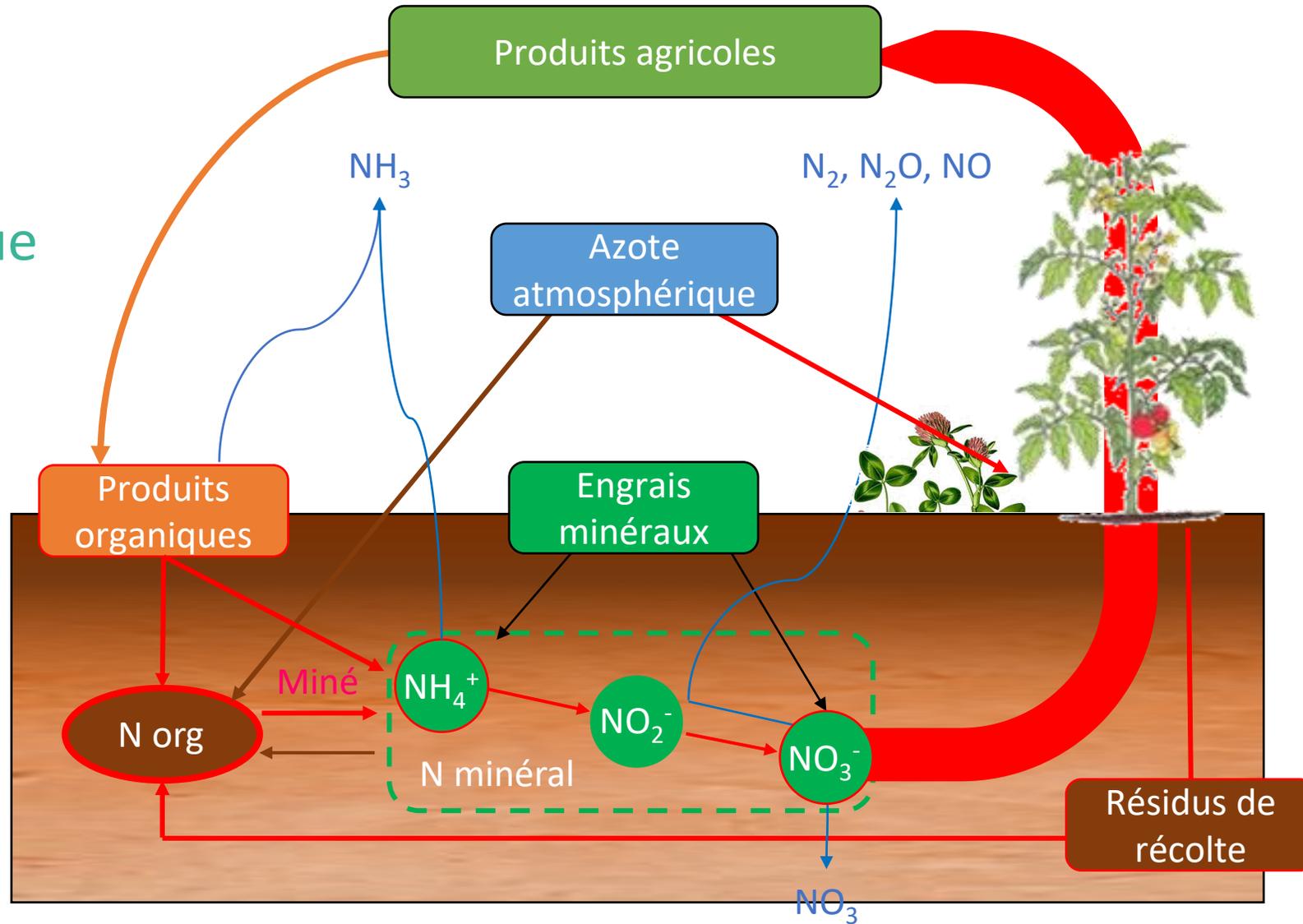


Cycle simplifié de N dans un sol cultivé



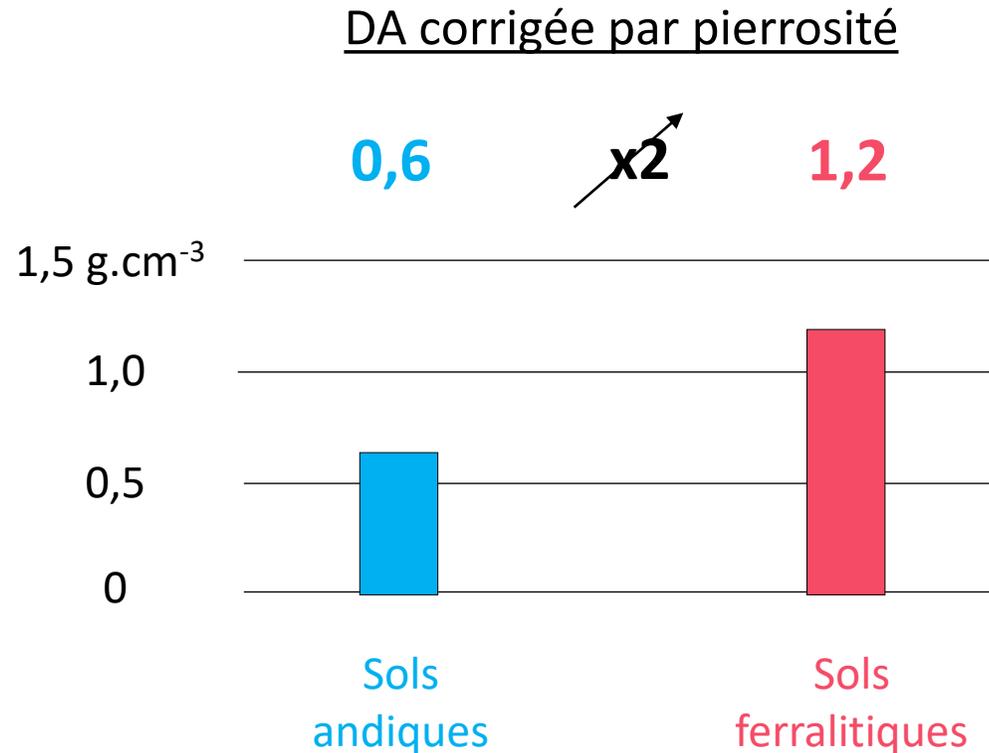
Cycle simplifié de N dans un sol cultivé

Maraichage
agroécologique



Stock d'azote

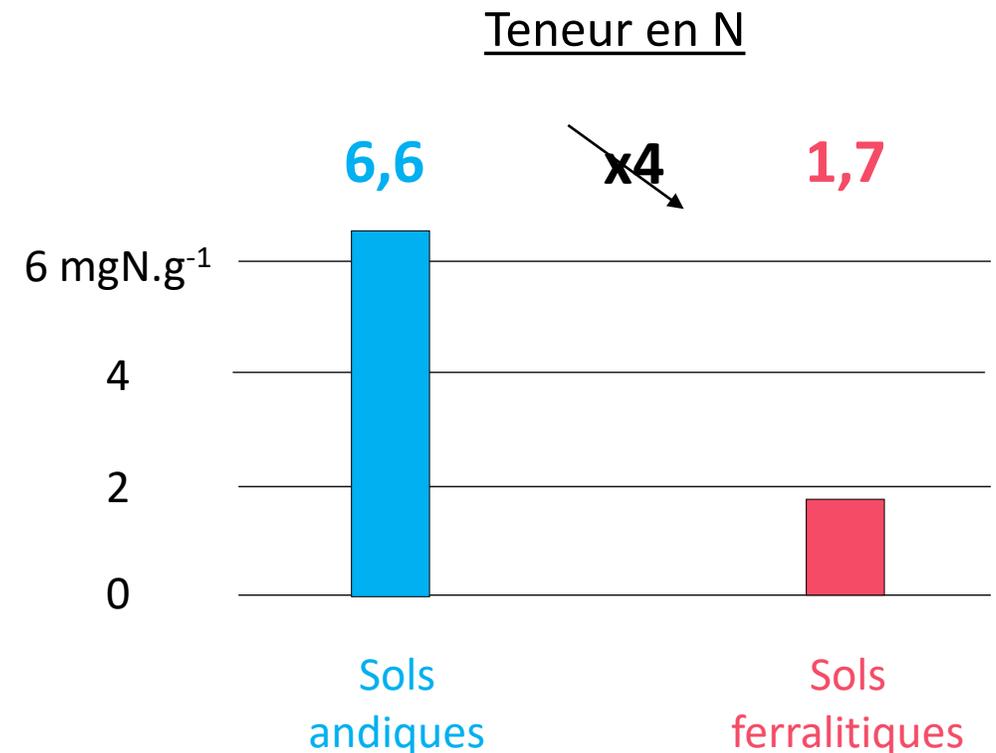
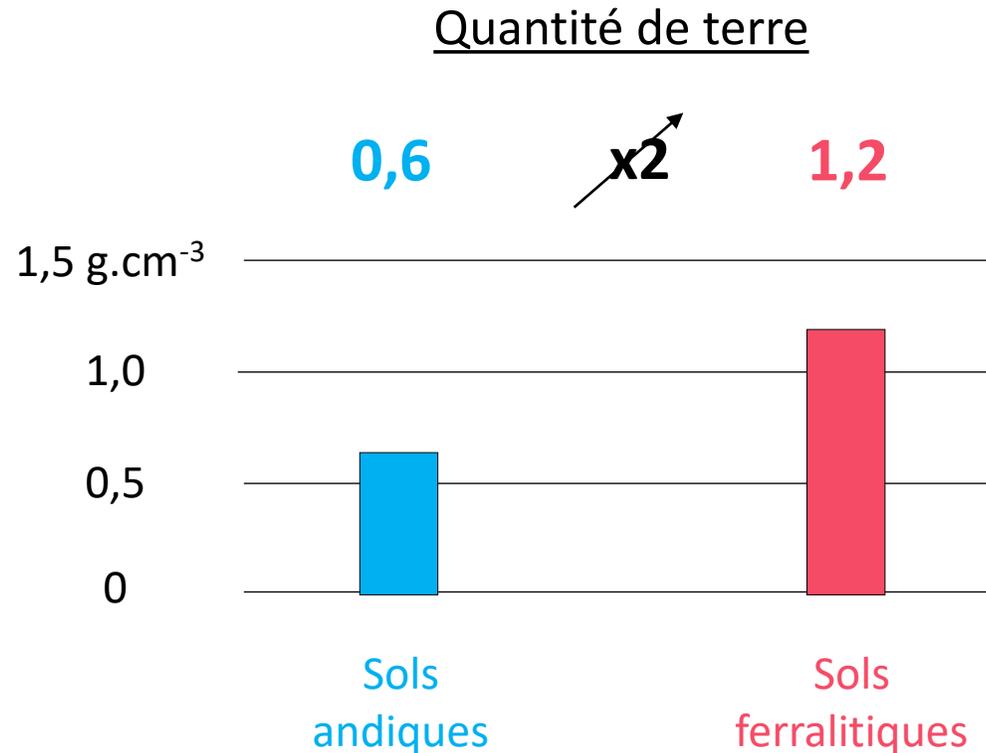
Densité apparente = masse de terre fine par volume de sol



Fertilité azotée des sols

Stock d'azote

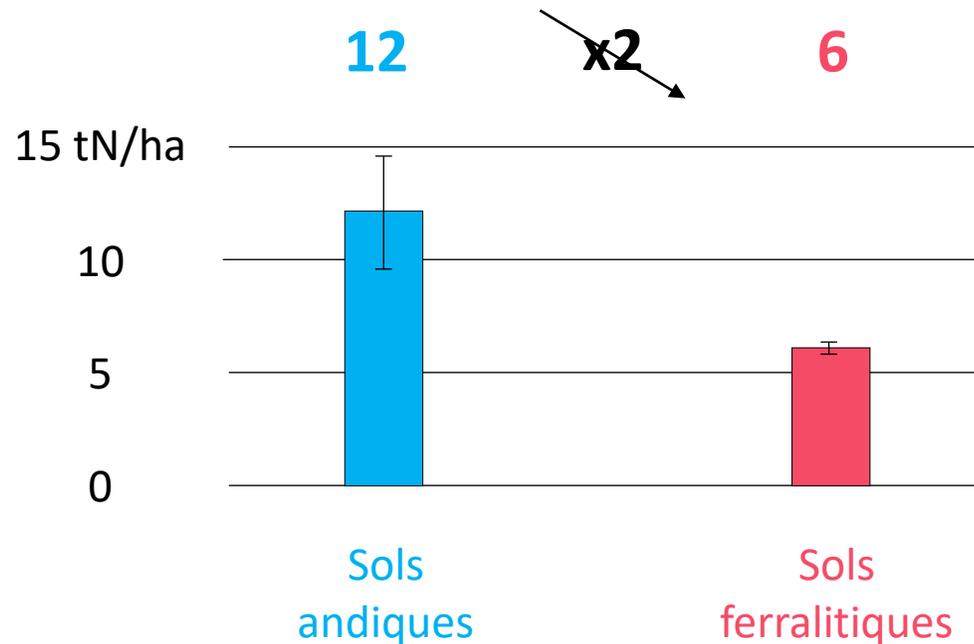
= DA de terre fine x 30 cm de profondeur x concentration nutriment de terre fine



Stock d'azote

= DA de terre fine x 30 cm de profondeur x concentration nutriment de terre fine

Quantité d'azote dans le sol

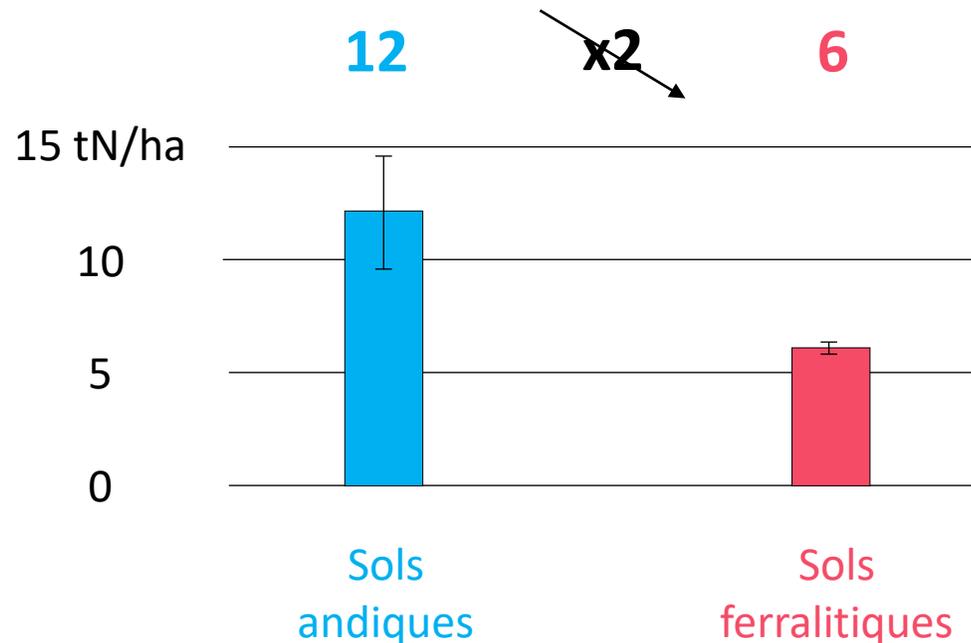


Fertilité azotée des sols

Stock d'azote

= DA de terre fine x 30 cm de profondeur x concentration nutriment de terre fine

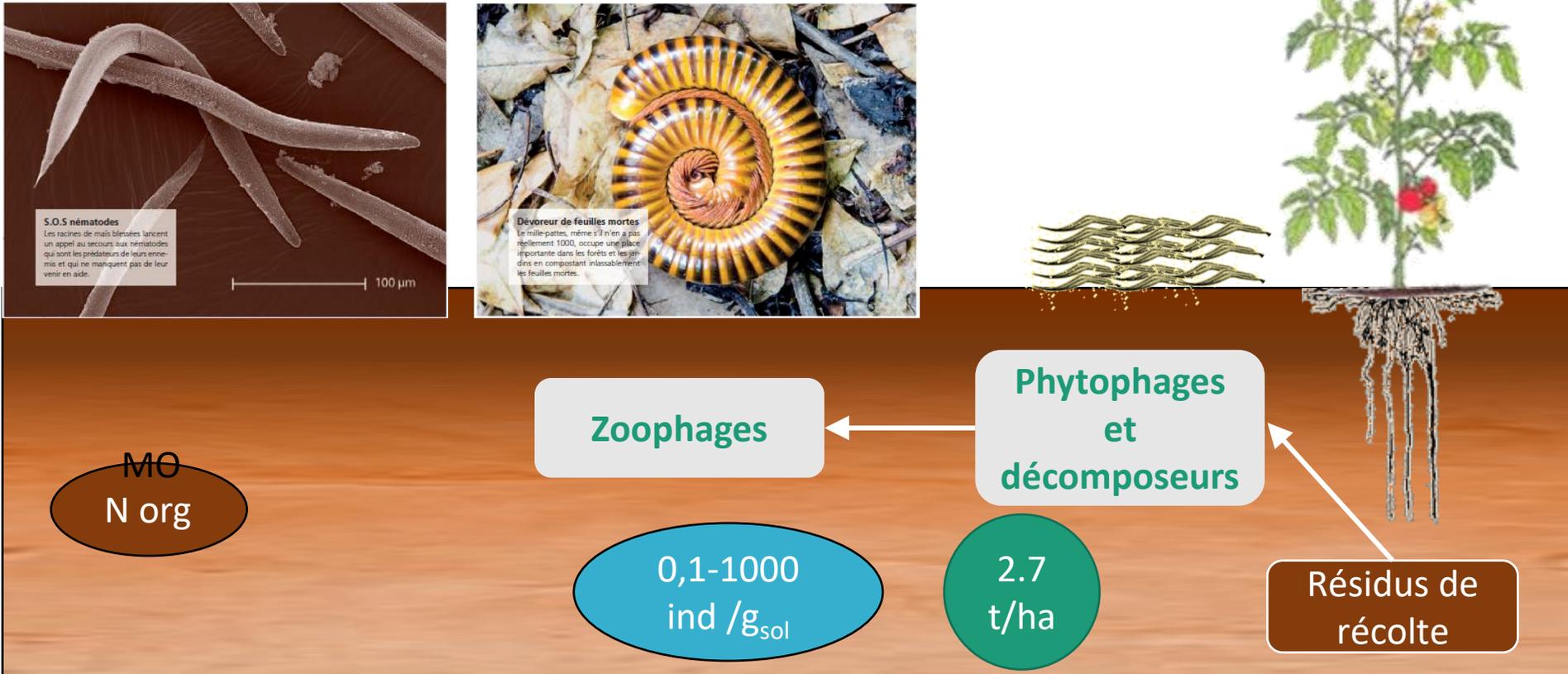
Quantité d'azote dans le sol



Il y a deux fois plus d'azote dans les sols andiques mais cet azote est-il disponible pour la canne?

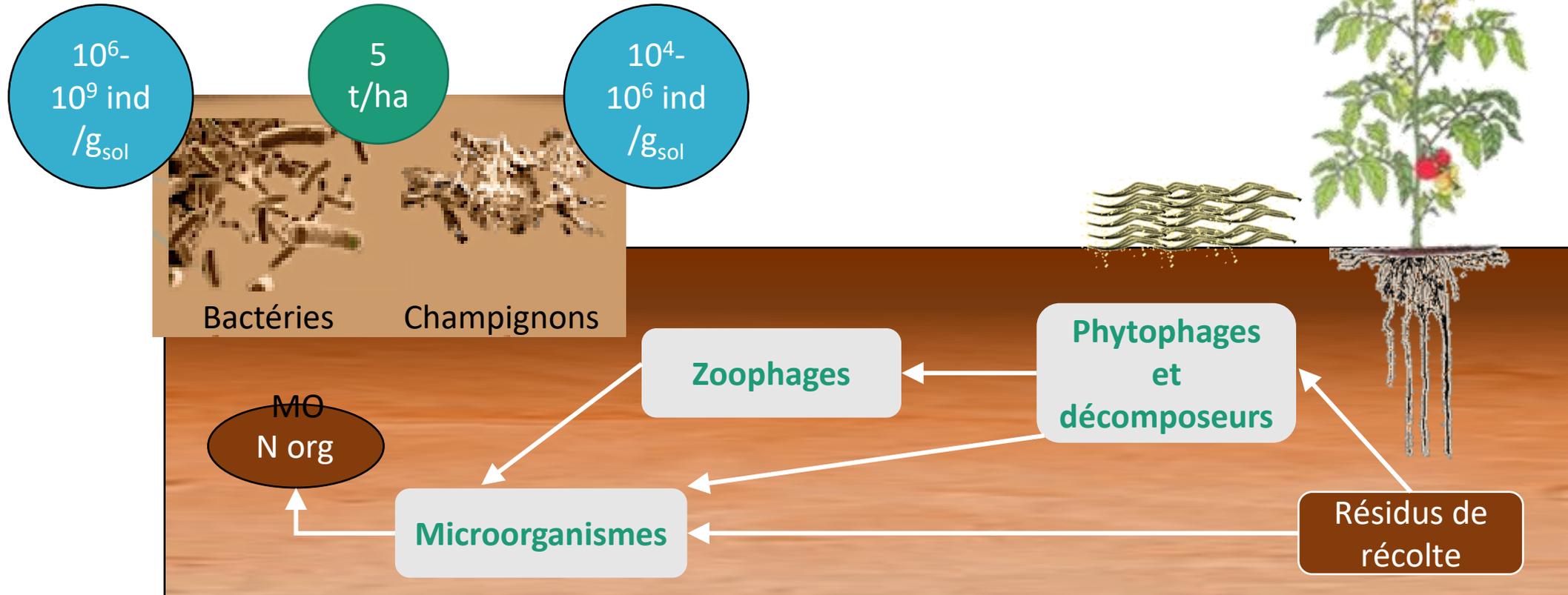
Origine et cycle de l'azote

L'importance des organismes vivants



Origine et cycle de l'azote

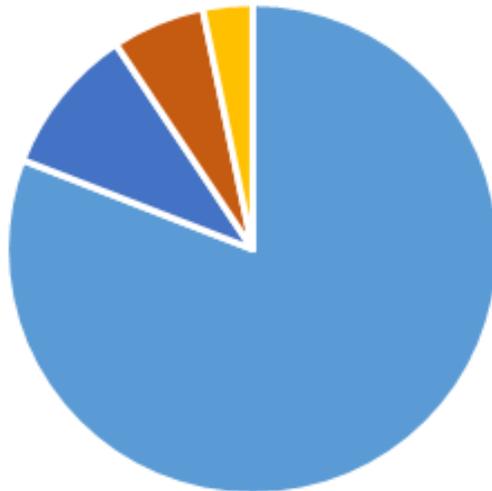
L'importance des organismes vivants



Origine et cycle de l'azote

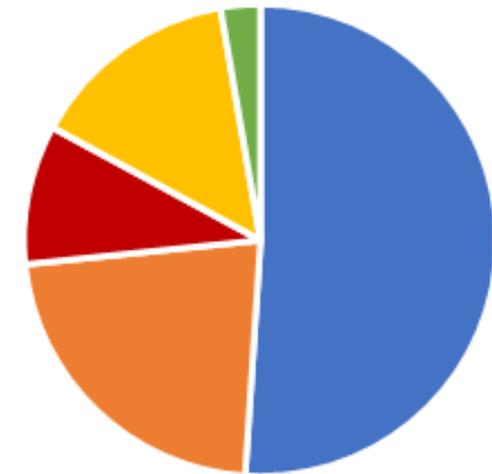
15 t/ha de MO vivante dont la moitié hors racine de canne

MO totale



■ MOsol ■ Racines ■ Microorganismes ■ Autres

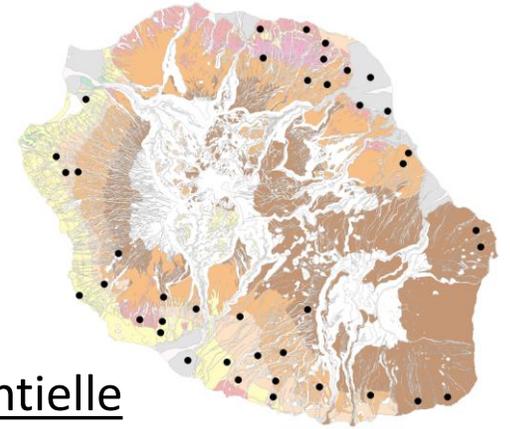
MO vivante



■ Racines ■ Champignons ■ Bactéries ■ Faune ■ Protozoaires

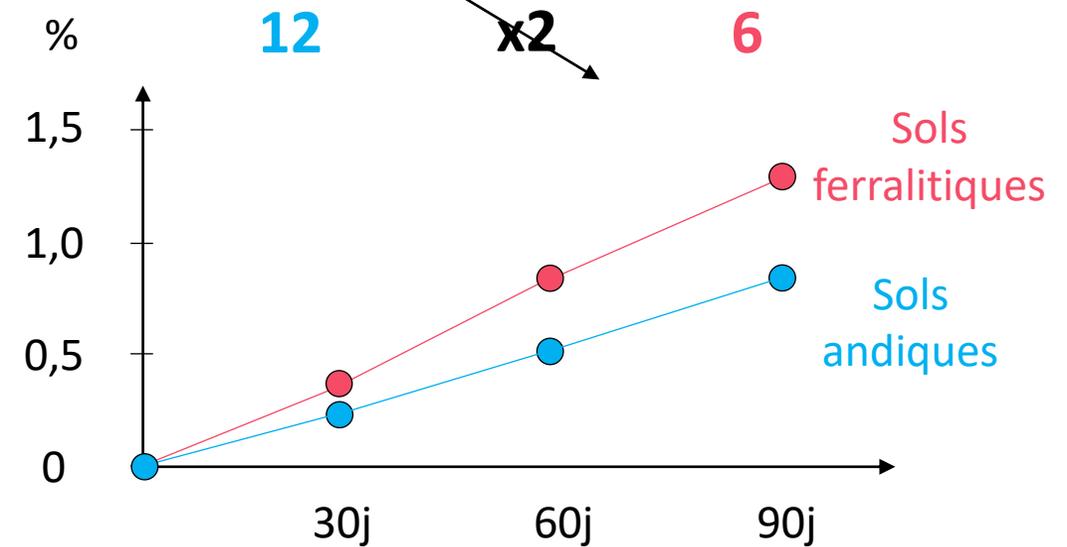
Disponibilité de l'azote

L'importance des organismes vivants



Incubations de sols à 28°C et à la capacité au champ

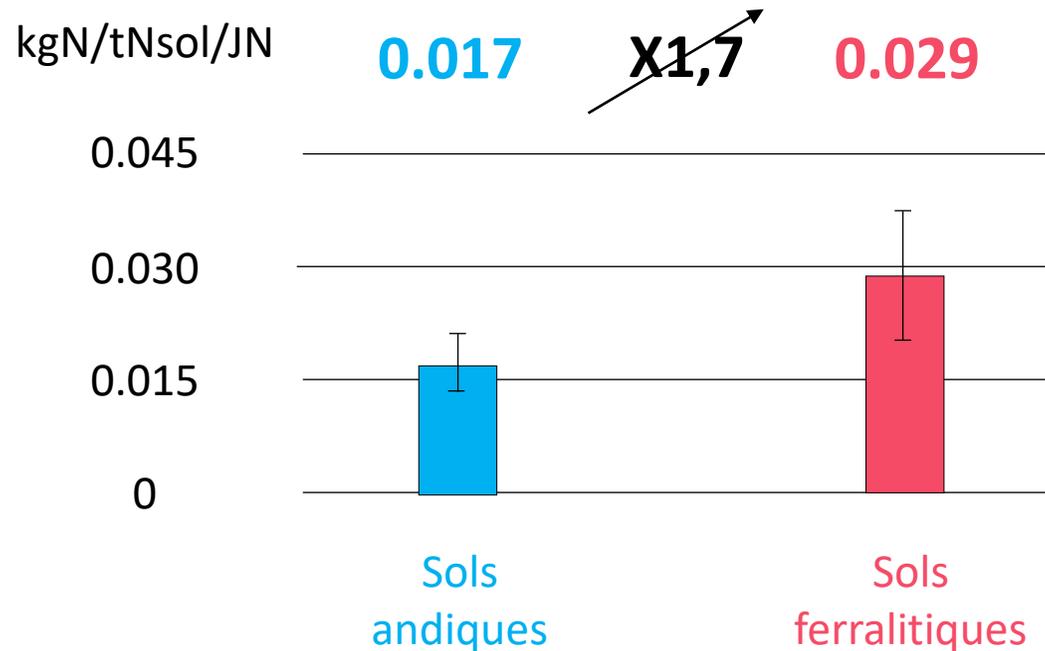
Minéralisation potentielle



Disponibilité de l'azote

L'effet de l'état de la MO dans les sols

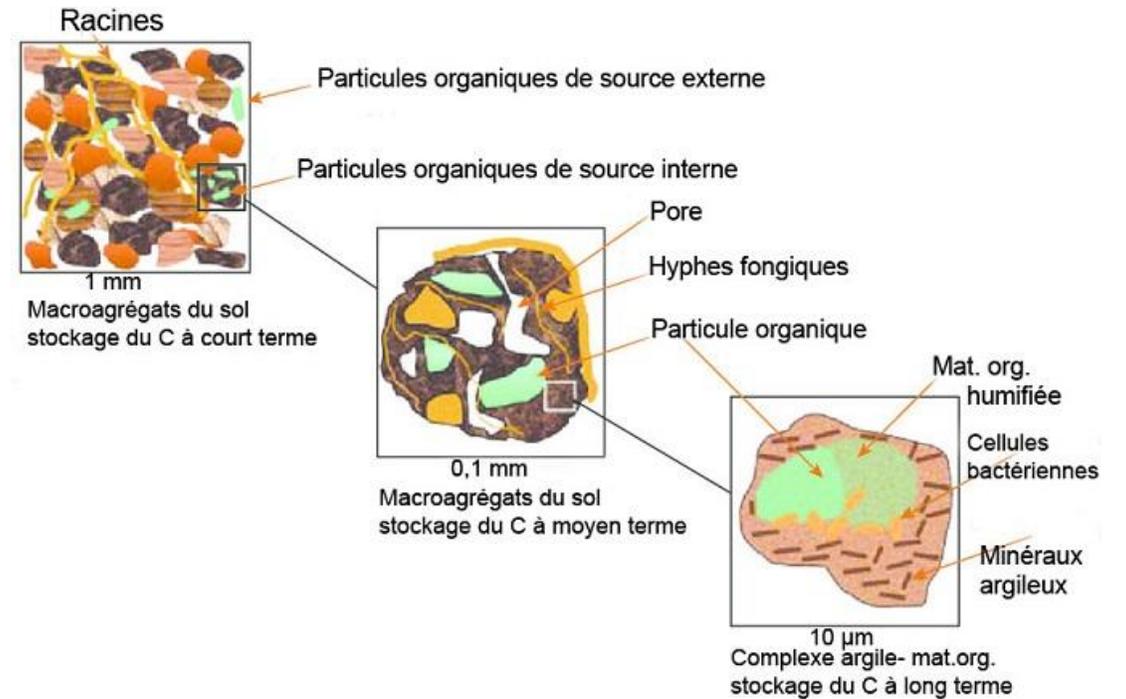
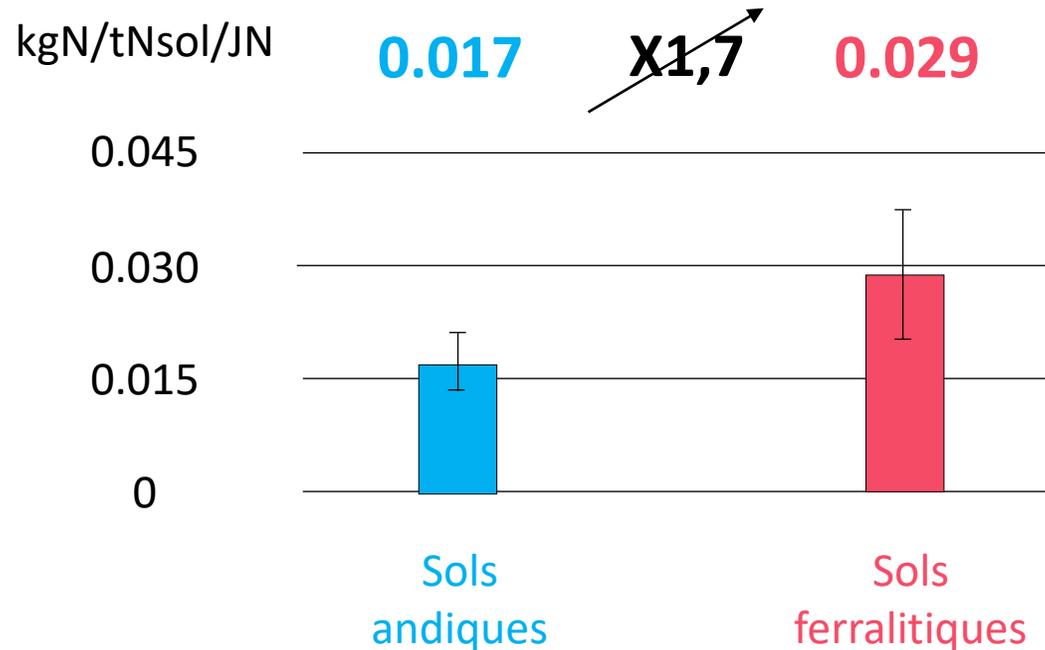
Disponibilité de l'azote dans le sol



Disponibilité de l'azote

L'effet de l'état de la MO dans les sols

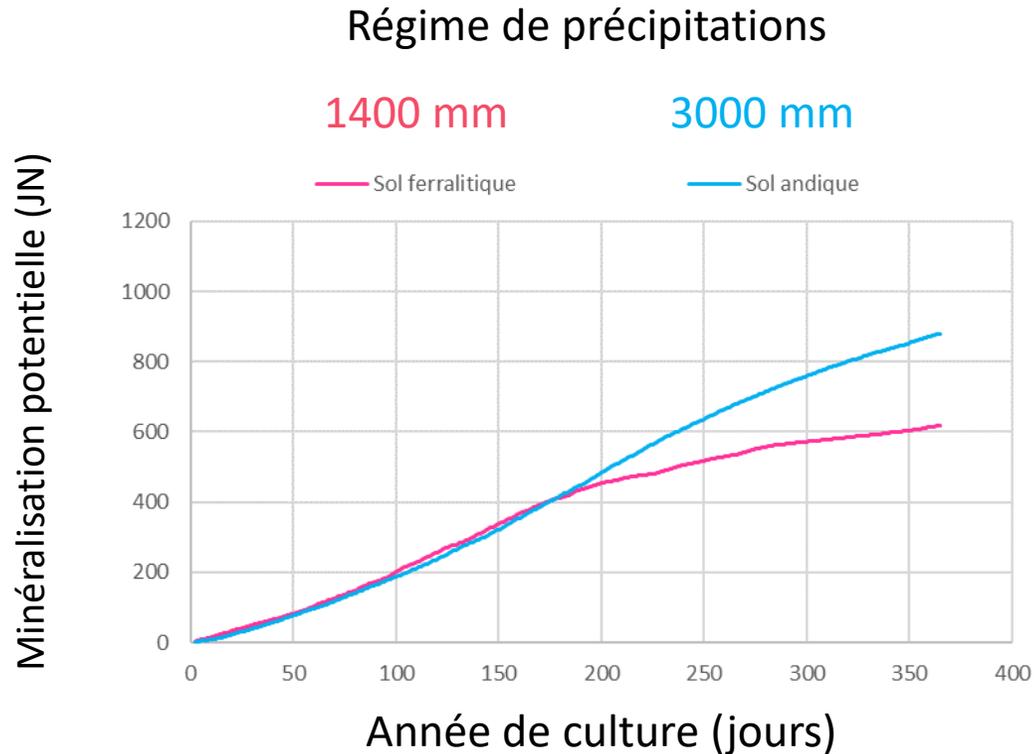
Disponibilité de l'azote dans le sol



D'après Tivet et al., 2013

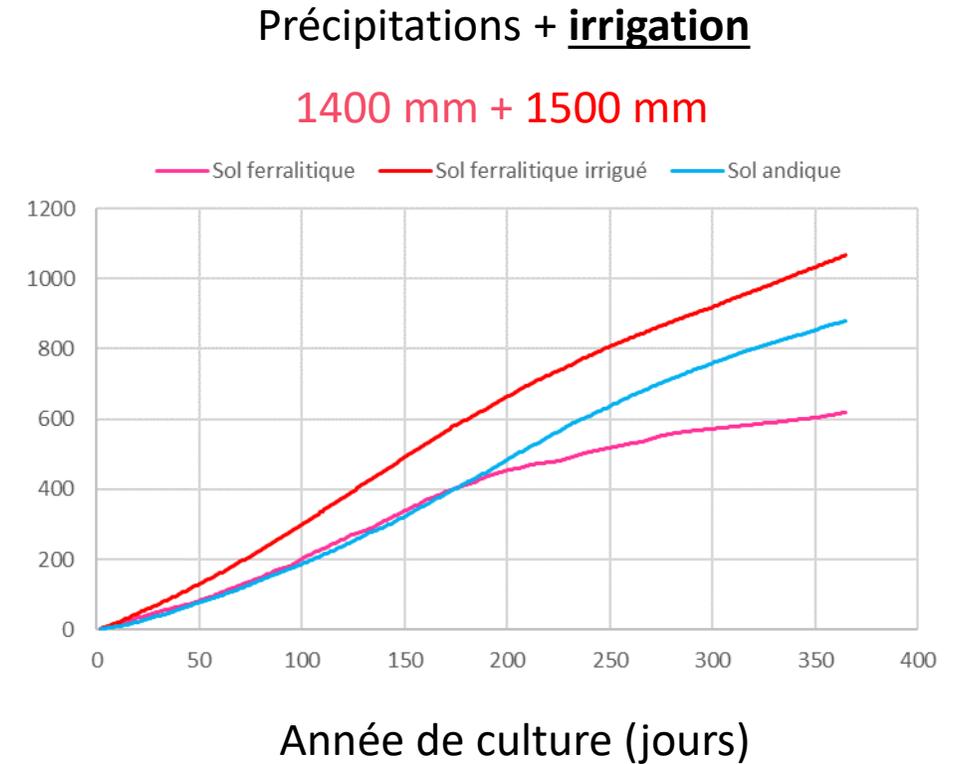
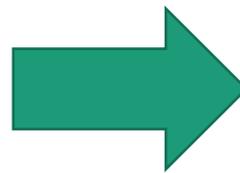
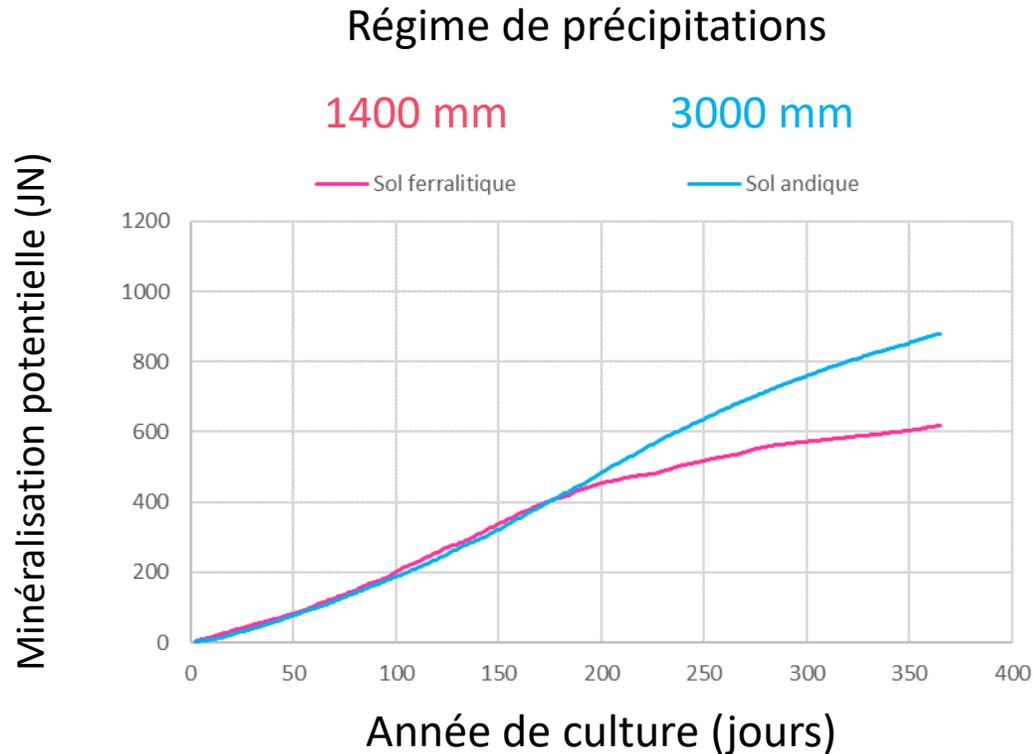
Disponibilité de l'azote

L'effet du climat sur la minéralisation de la MO



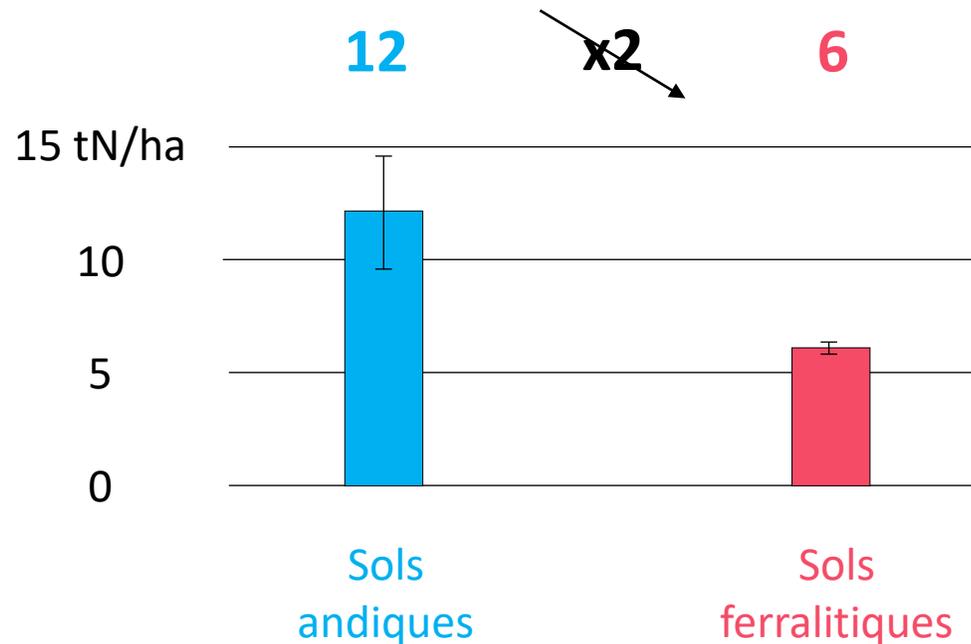
Disponibilité de l'azote

L'effet du climat sur la minéralisation de la MO

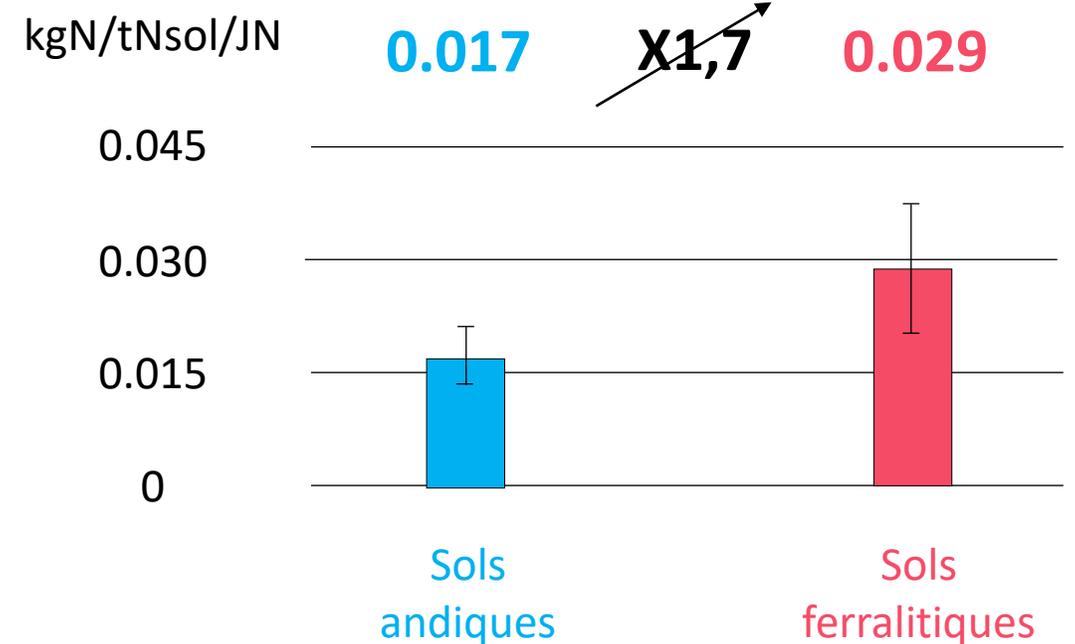


Bilan fourniture du sol en Azote

Quantité d'azote dans le sol



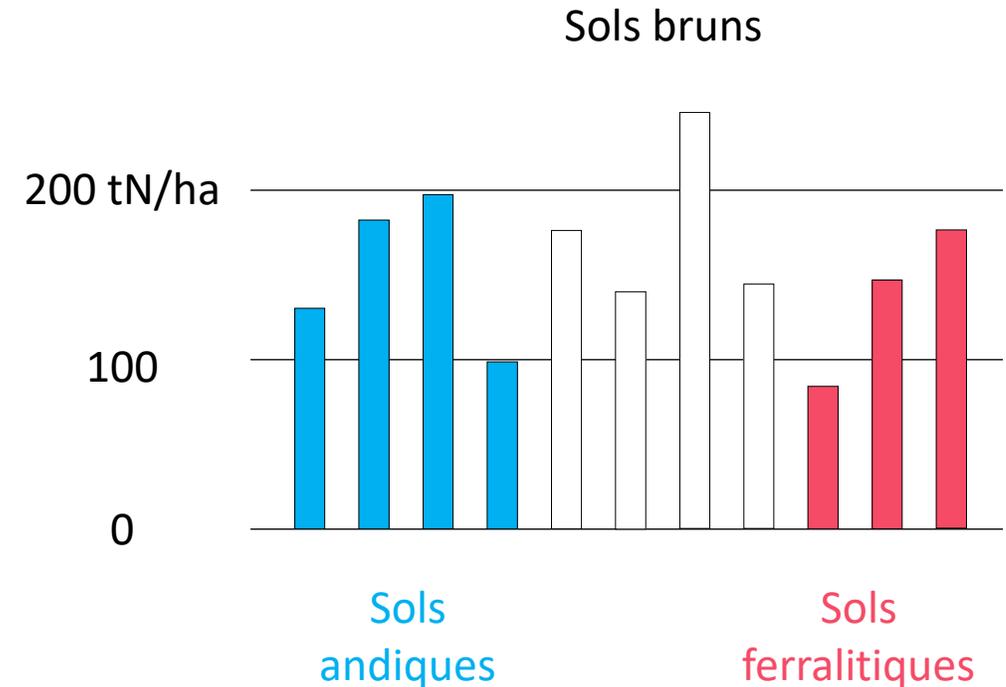
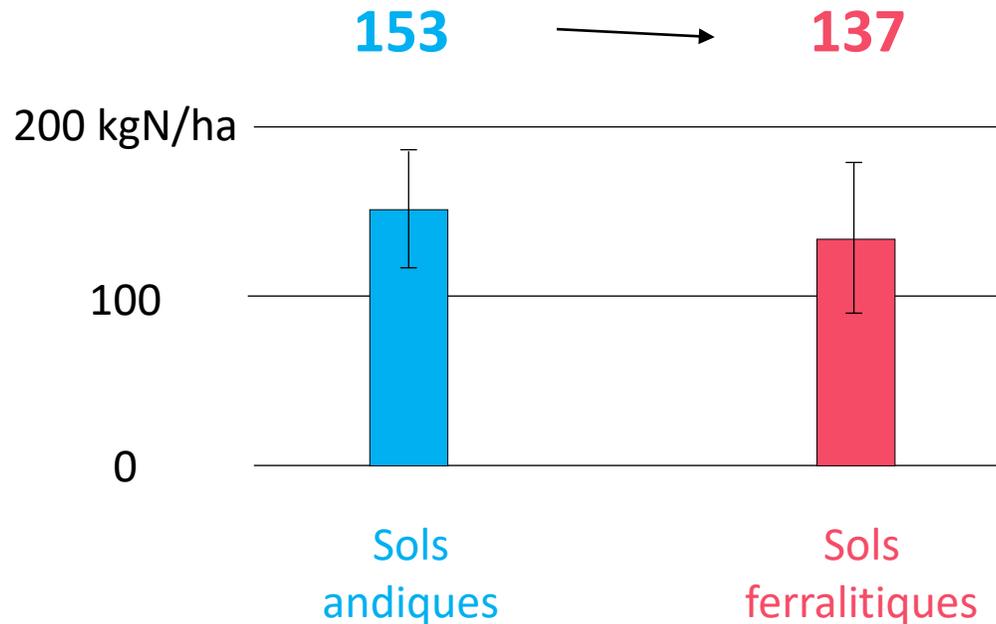
Disponibilité de l'azote dans le sol



Bilan fourniture du sol en Azote

Il n'y a pas d'effet du sol sur la fertilité azotée...

... mais un effet très fort du site !



Comment améliorer la fertilité N de son sol ?

QUANTITE DE TERRE

C'est physique !



→ Limitez la compaction

TENEUR EN N-MO

C'est chimique !

Fertilisation organique

Gestion du paillis

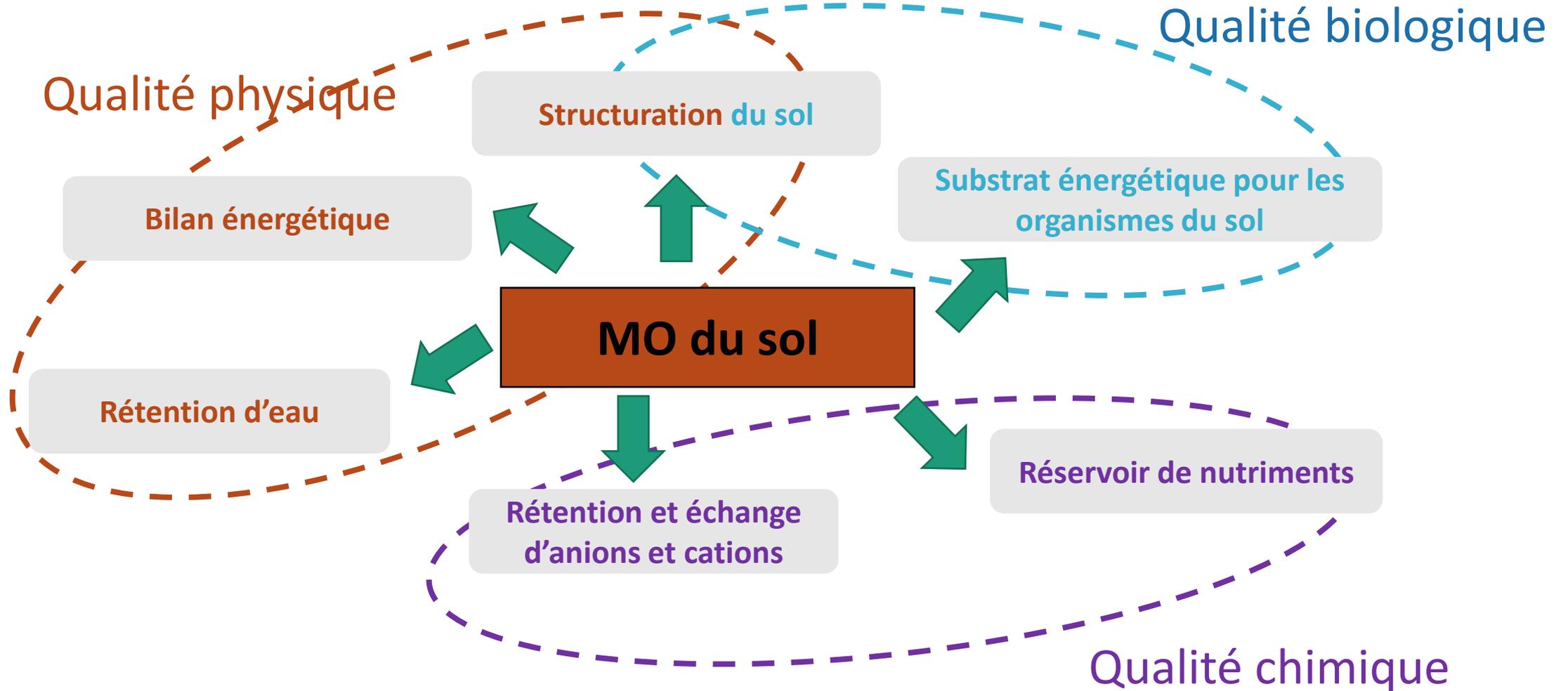
Introduction de légumineuses

...

ACTIVITE MICROBIENNE

C'est biologique !

Favoriser la vie dans son sol





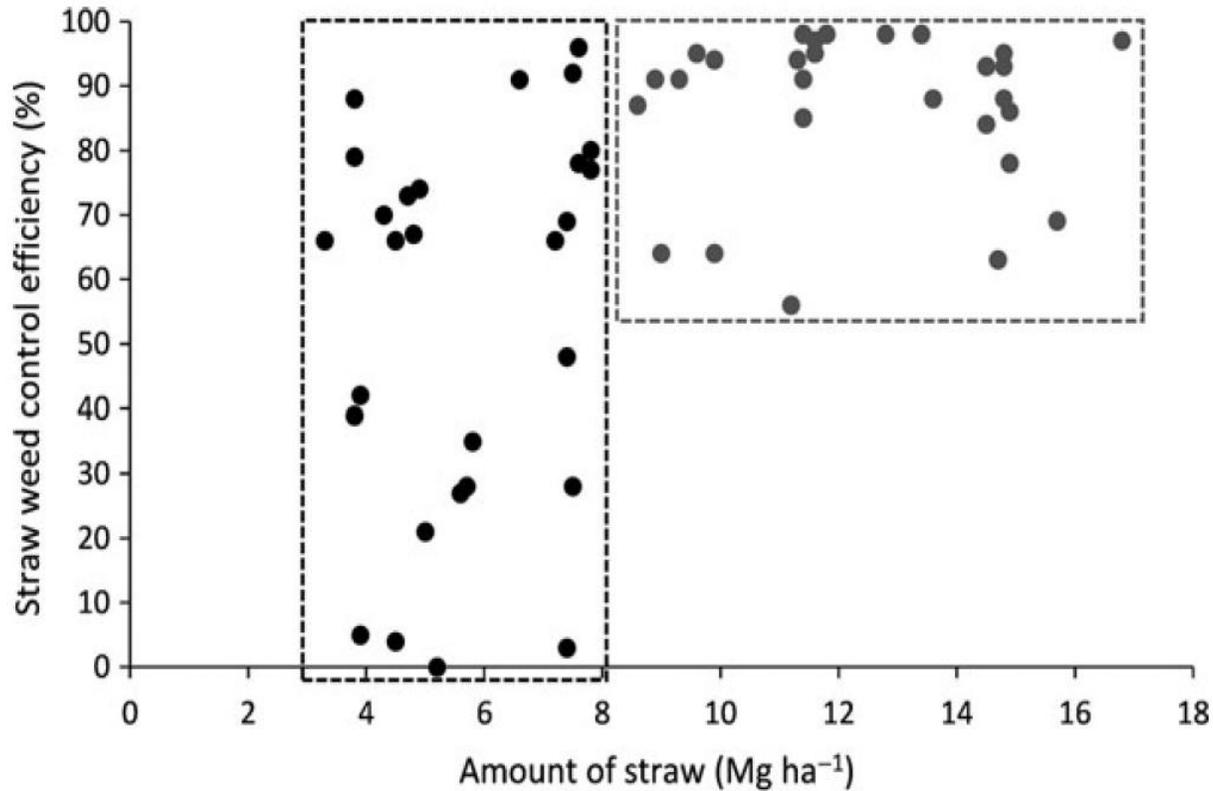
Gestion du paillage

Quelle quantité ?
Quelle qualité ?

Avez-vous recours au paillage ?

A quelles fins ?

Lutte contre l'enherbement



Carvalho *et al.* 2017

Réunion:

10-12 t/ha Paillis

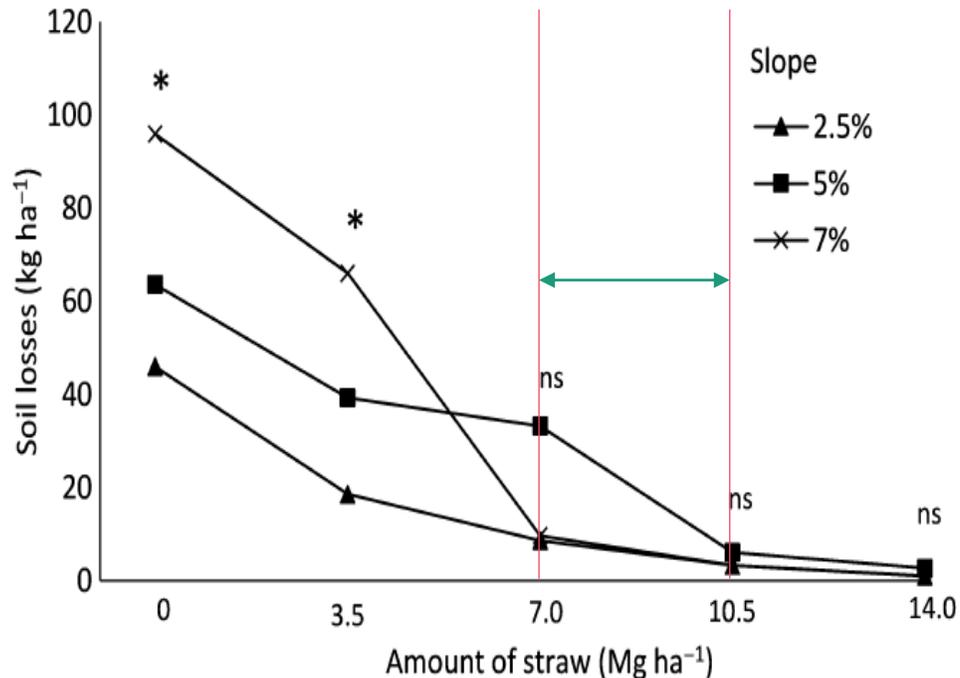
= ↘ 70% enherbement

= ↘ 25-30% IFTH

<10t/ha Paillis = maîtrise très limitée

→ mais diminue l'efficacité des herbicides
(en particulier prélevé)

Erosion et disponibilité en eau



Carvalho *et al.* 2017

- 7 t/ha de Paillis réduit de 85 % les pertes érosifs
- Paillis = augmentation stock d'eau dans le sol
 - Réduit l'évaporation du sol (ex \searrow 25%, Tominaga *et al.*, 2002)
 - Limite les pertes par ruissellement (ex \searrow 50%, Peres *et al.*, 2010)
 - Améliore l'infiltration de l'eau dans le sol (Brady & Weil, 2002)

Statut organique et activité biologique



Gestion du paillage

Quelle quantité ?
Quelle qualité ?

- Le paillis est une source de C-MO pour le sol
Augmentation des stocks de C-MO avec maintien du paillis
13% des entrées de C du paillis vient alimenter le pool de MO du sol

- Le paillis tamponne les conditions climatiques et offre une source de matière permettant d'alimenter les réseaux trophiques

Recyclage de nutriments



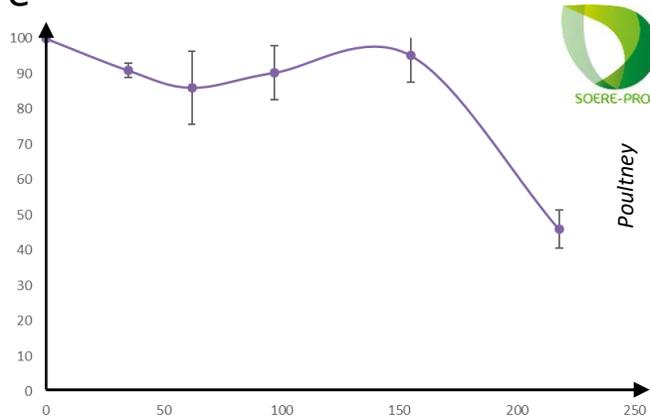
Gestion du paillage

Quelle quantité ?
Quelle qualité ?

- Taux de décomposition annuel → 70 à 98% au Brésil et Australie
- Libération des nutriments : Paillis représente une restitution de 76% du N, 56% du K et 33% du P
 - 90-100% de K, éléments rapidement libéré et directement disponible pour la culture

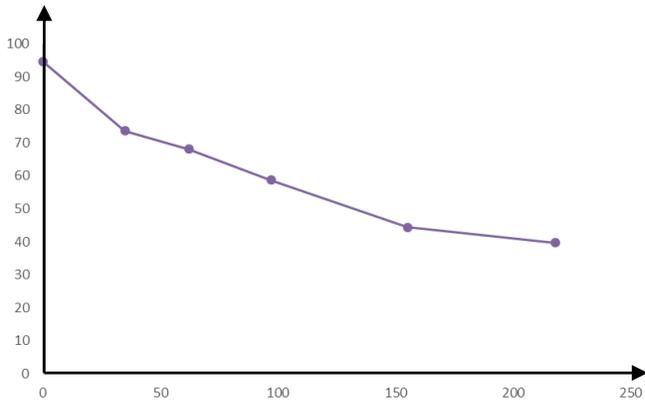
Recyclage de nutriments

%N libéré



- C/N très élevé, forte immobilisation de N

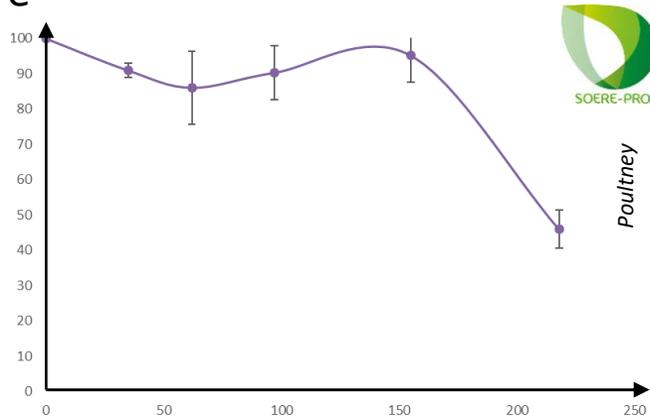
C/N



Nombre de jours

Recyclage de nutriments

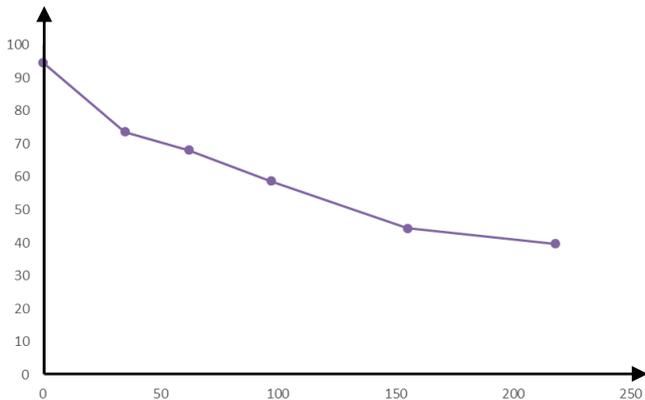
%N libéré



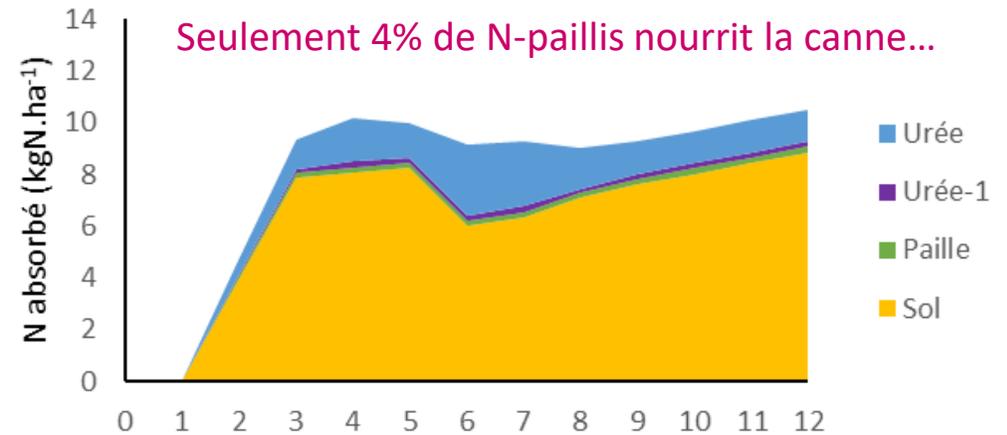
- C/N très élevé, forte immobilisation de N

- Au Brésil 16% de N nourrit la canne sur 3 années, représentant seulement 2.1% des besoins en N

C/N



Nombre de jours

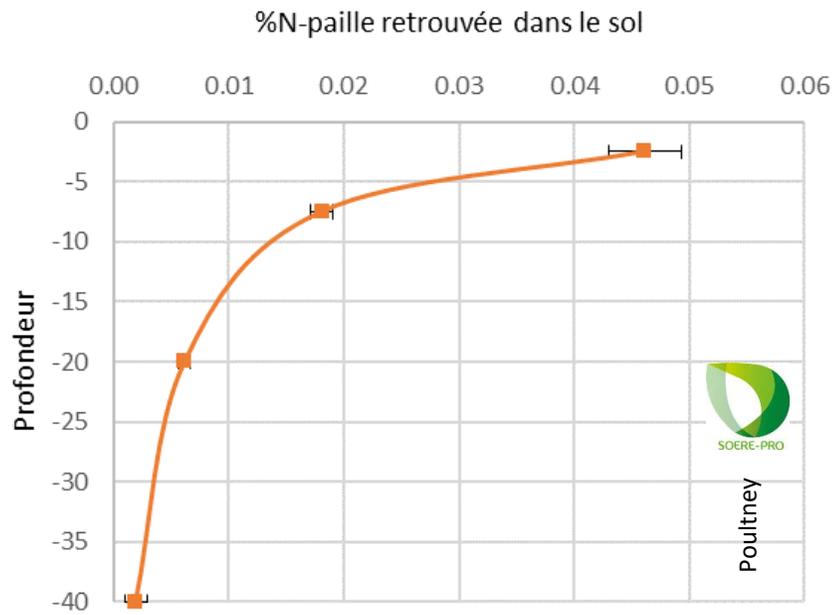


Seulement 4% de N-paillis nourrit la canne...

... correspondant à 2% de N-canne

Recyclage de nutriments

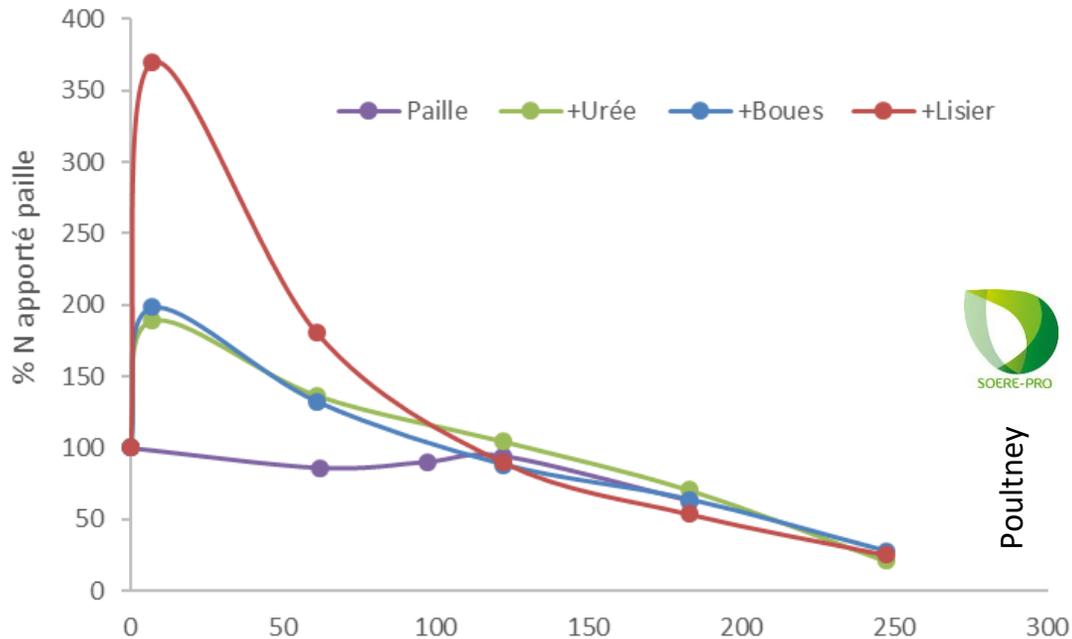
50% de N-paillis retrouvé dans le sol après 1 an



- Effet long terme important: modélisation montre au Brésil que maintenir la paille peut faire économiser 36 kgN/ha/an au bout de 30 ans

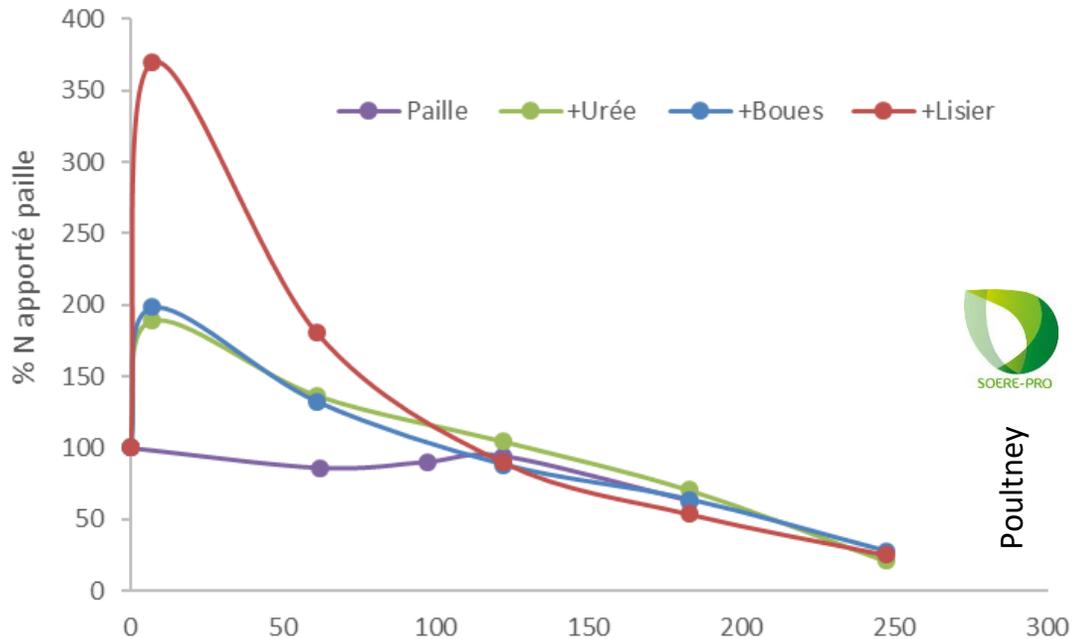
Interactions Paille x fertilisant

Jusqu'à 20% du fertilisant retenu
dans la paille
Libération à partir de 4 mois

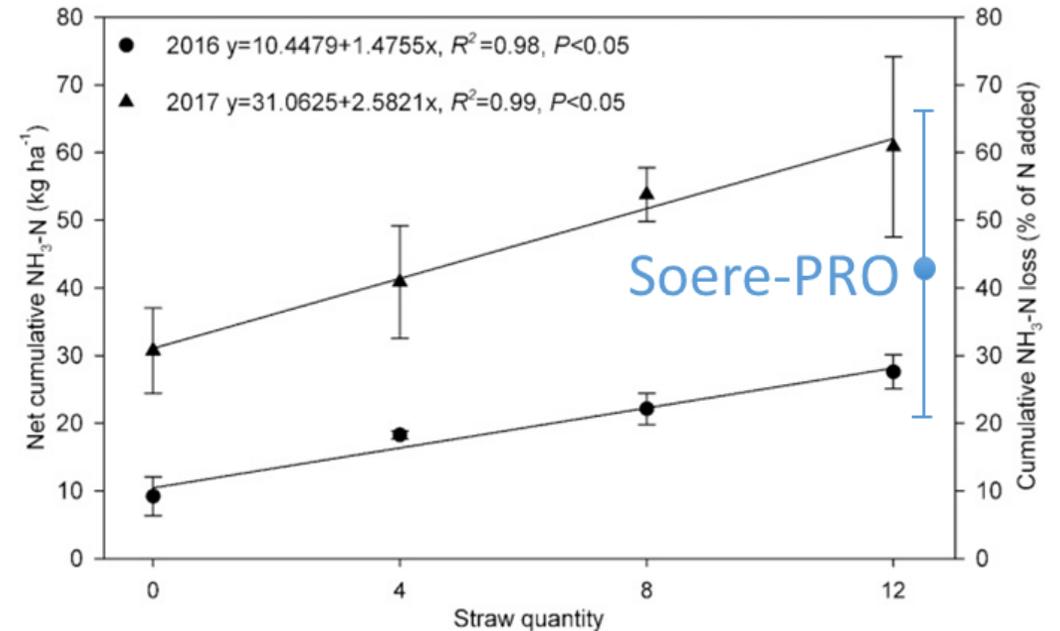


Interactions Paille x fertilisant

Jusqu'à 20% du fertilisant retenu
 dans la paille
 Libération à partir de 4 mois

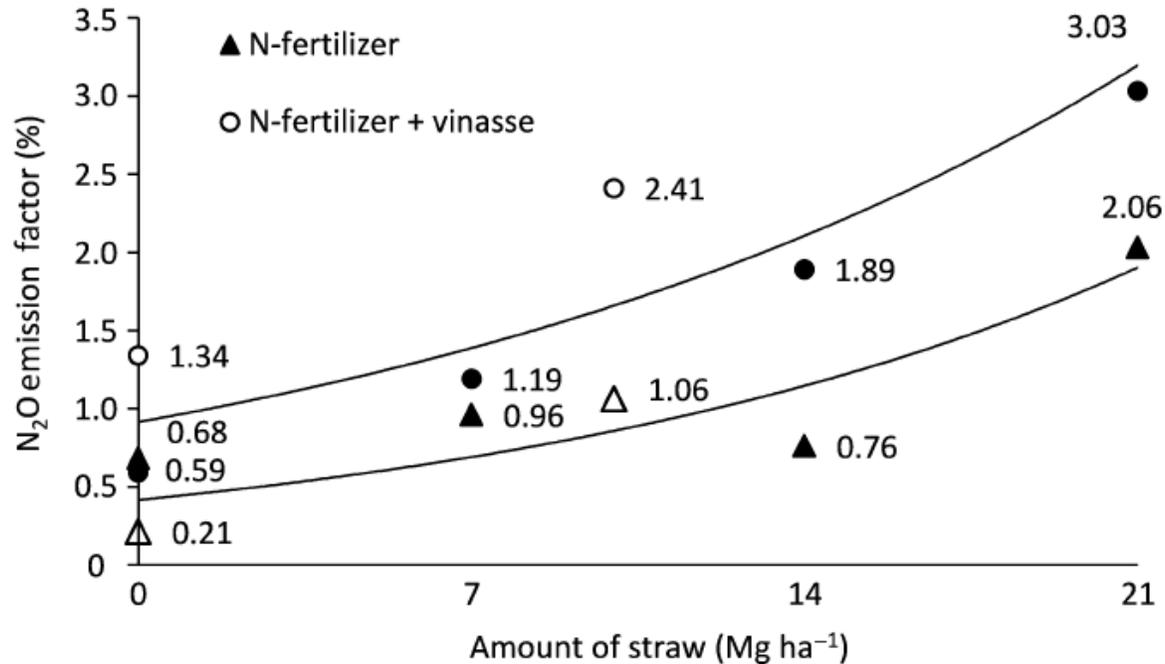


Volatilisation
 4 t/ha de paille collecté = 9
 % du fertilisant économisé



Pinheiro et al., 2018

Interactions Paille x fertilisant



Carvalho et al. 2017

- Les effets sur N₂O sont plus mitigés

C/N paillis élevé → immobilization
 → ∩ N₂O

Mais

Paille + MAFOR
 = humidité + Nmin → ↗ N₂O

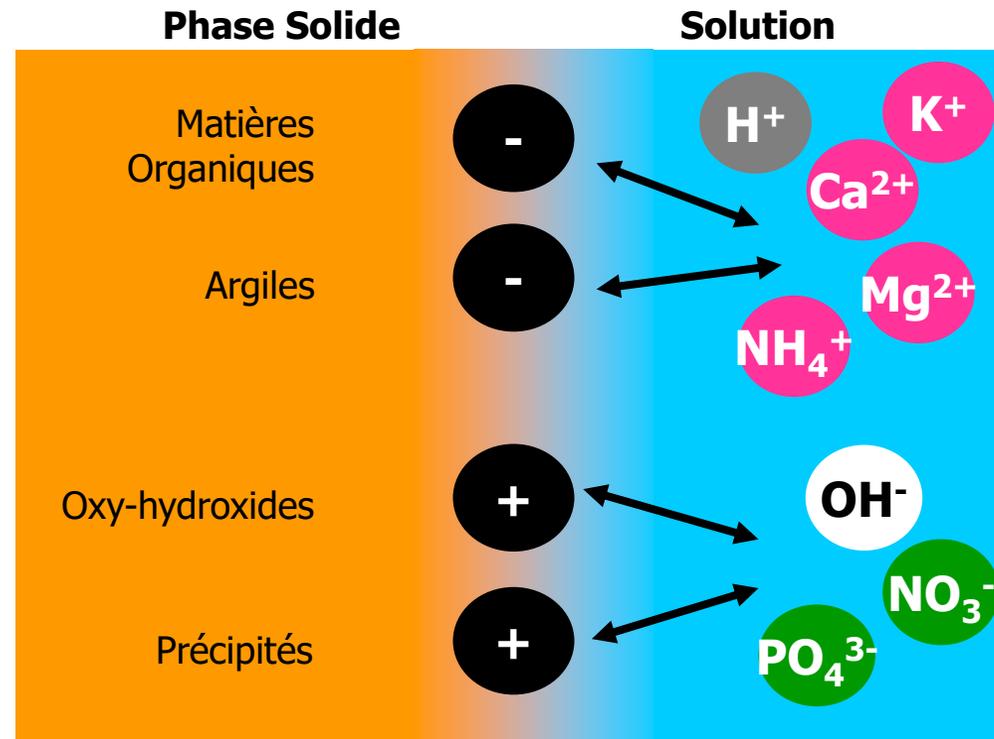
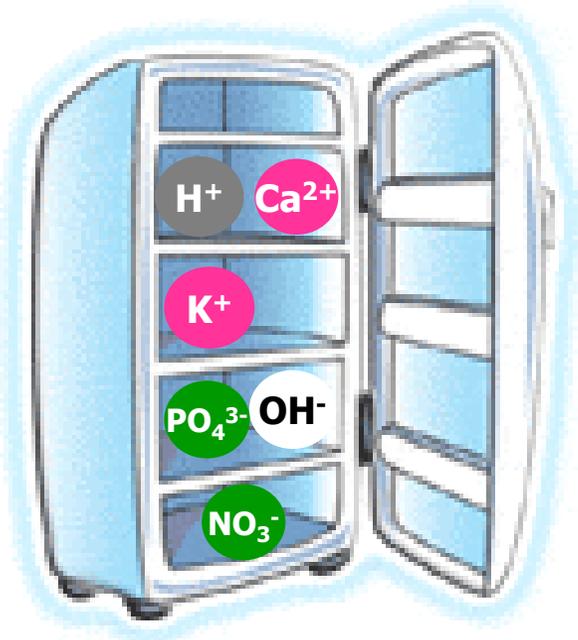
Fertilité chimique et biologique

Capacité de rétention, acidité
et disponibilité du potassium et du phosphore

Matthieu Bravin et Cécile Nobile

Capacité de rétention

Principe



➤ Capacité d'échange cationique, CEC

>

➤ Capacité d'échange anionique, CEA

Capacité de rétention

Origine et valeurs pour La Réunion

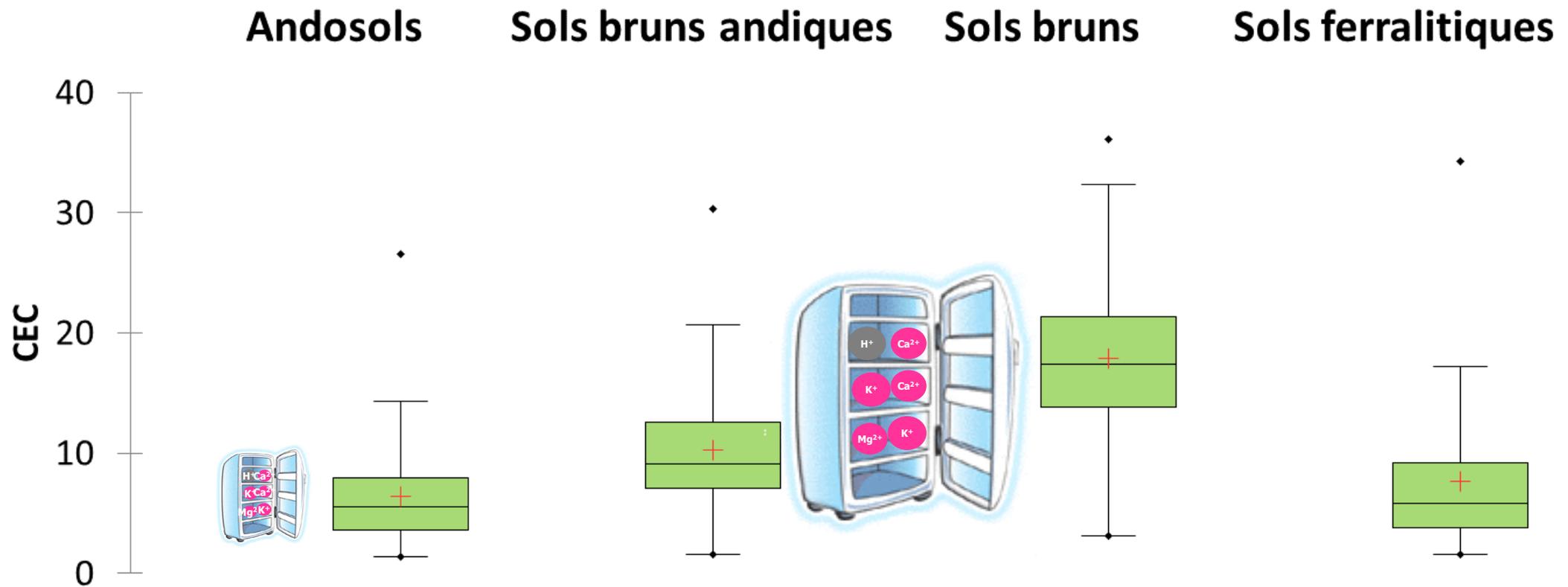
CEC, cmol kg^{-1}

Halloysite	3-15	
Oxydes Al	5	→ sols ferralitiques
Oxydes Fe	5	
Smectite	80-150	→ sols vertiques
Allophanes	50	→ andosols
MO	50-1 500	
⇒ Sols Réunion	1-36	

*Sposito 2008, The Chemistry of Soils
Données, thèse M. Ramos*

Capacité de rétention

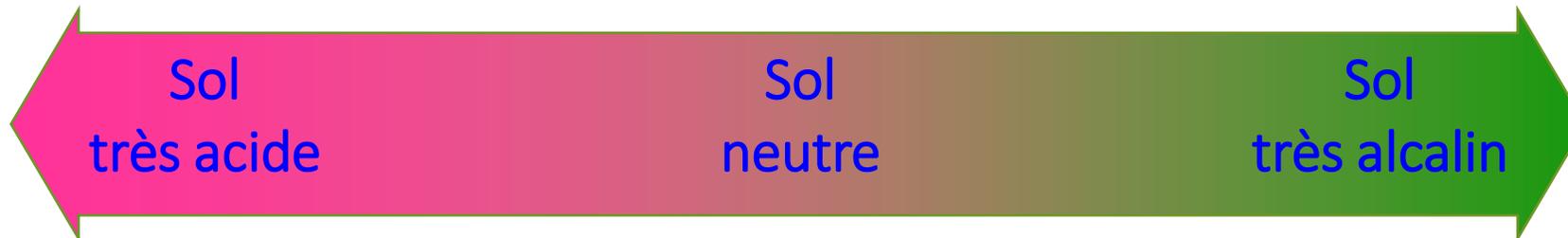
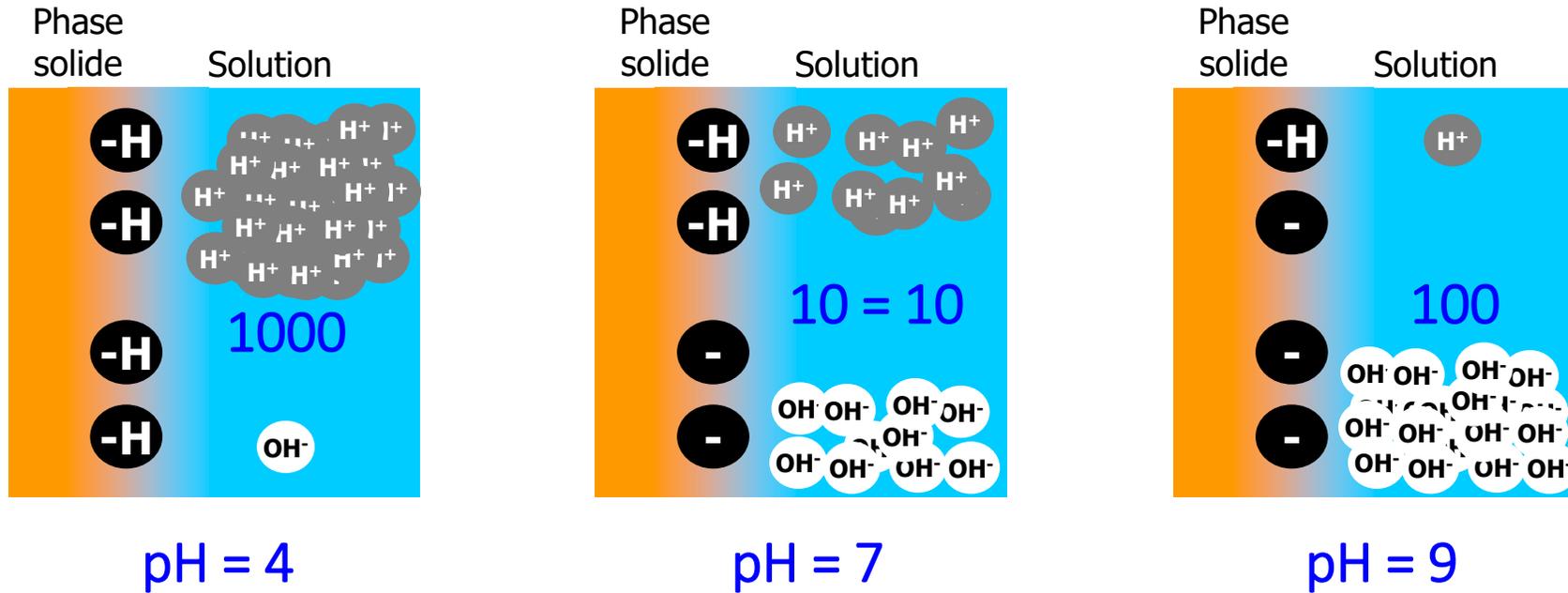
Origine et valeurs pour La Réunion



Capacité de rétention

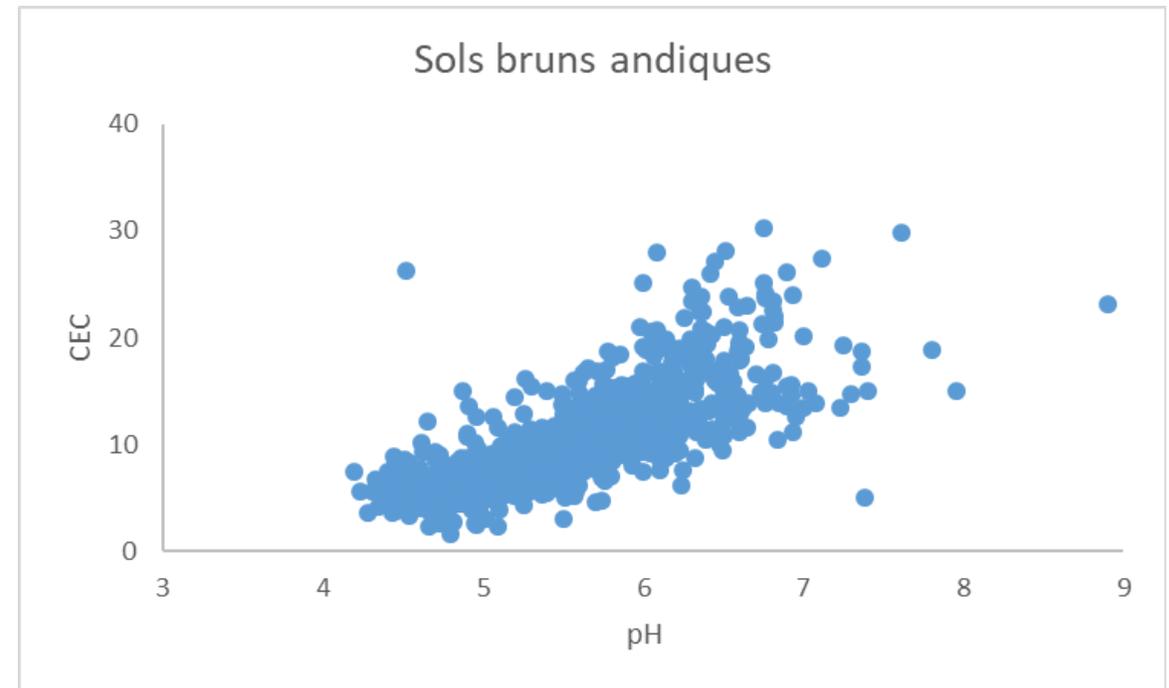
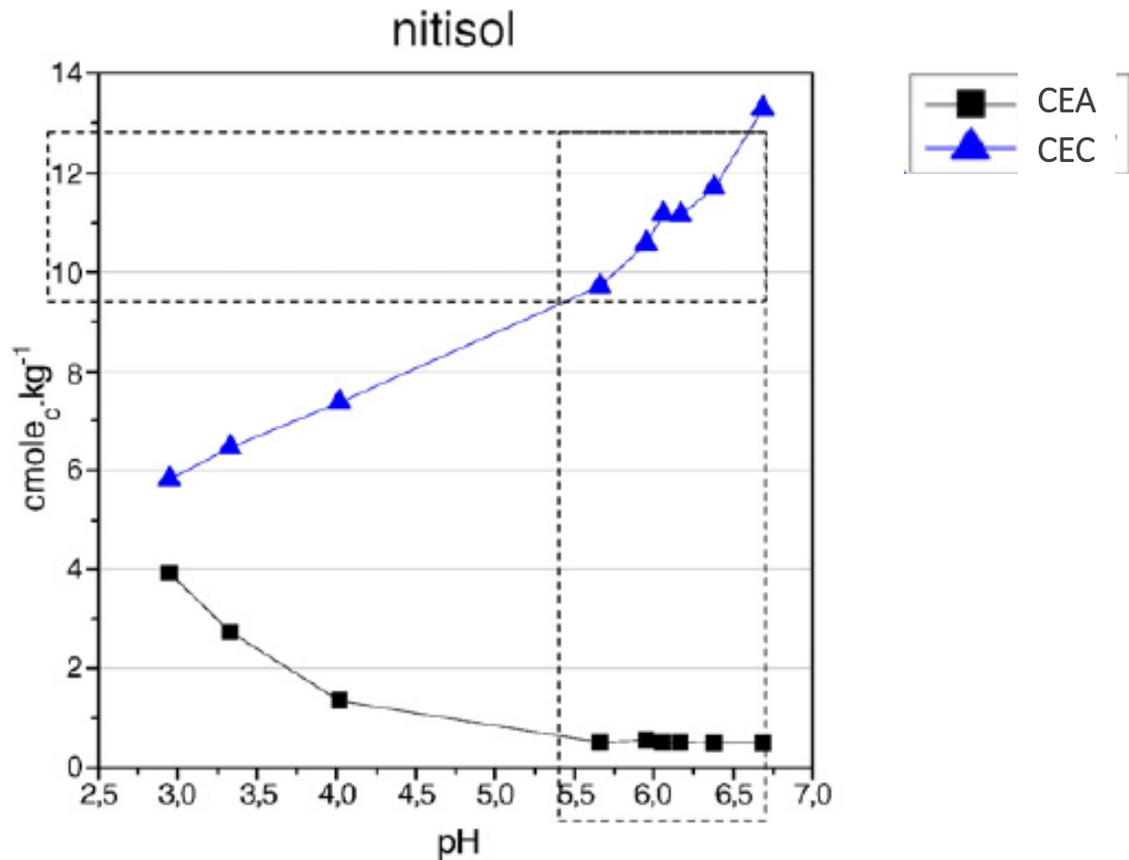
Acidité (pH) des sols

$$\text{pH}_{\text{sol}} = -\log_{10} \{H^+\}_{\text{solution}}$$



Capacité de rétention

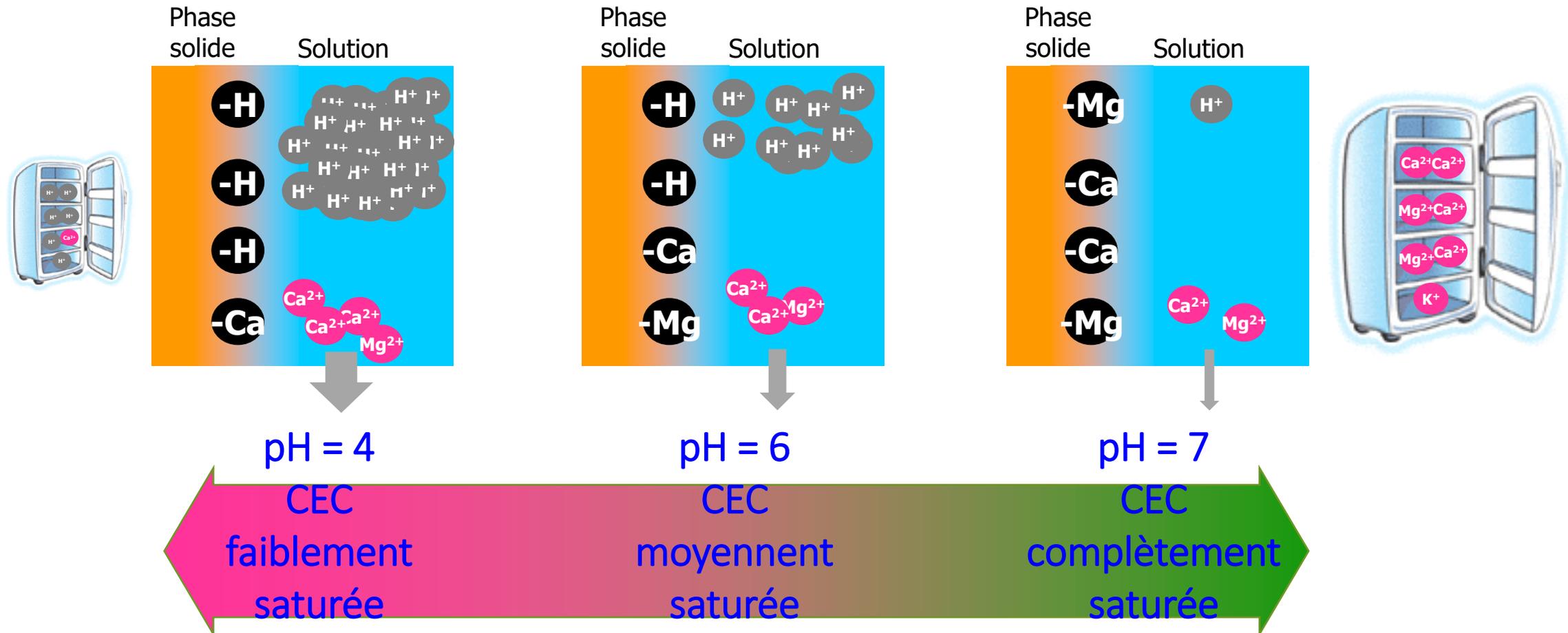
Rôle du pH sur la CEC



Données, thèse M. Ramos

Capacité de rétention

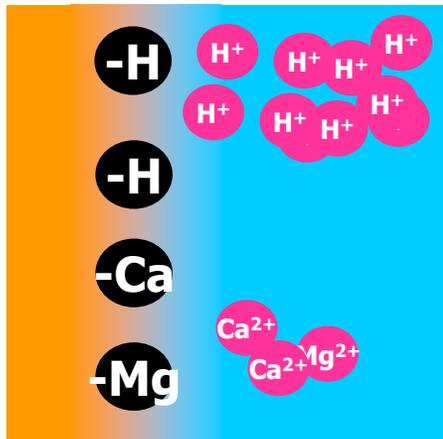
Saturation de la CEC en fonction du pH



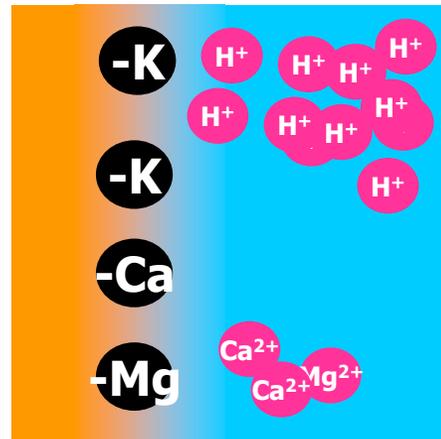
Capacité de rétention

Principe de l'acidité potentielle

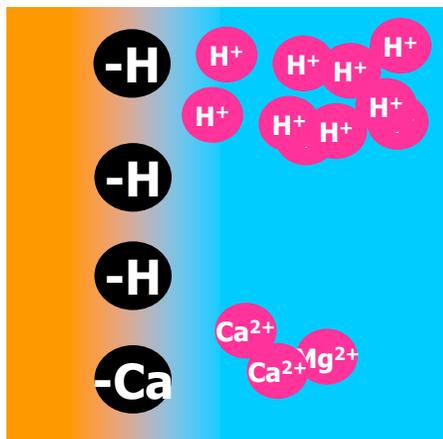
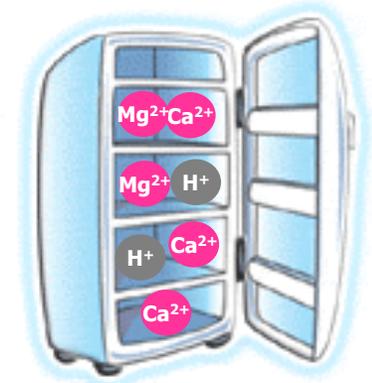
$\text{pH}_{\text{eau}} = 5,5$



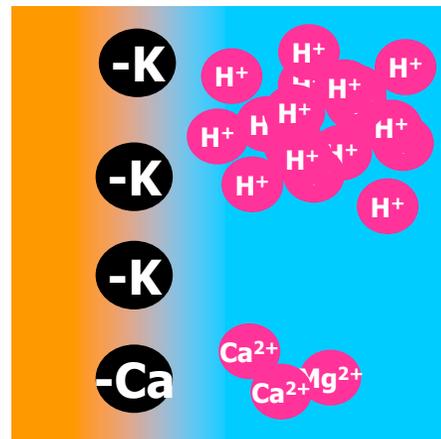
→
KCl
1 M



$\text{pH}_{\text{KCl}} = 5,2$
Faible acidité
de réserve



→
KCl
1 M



$\text{pH}_{\text{KCl}} = 4,8$
Forte acidité
de réserve



Acidité du sol

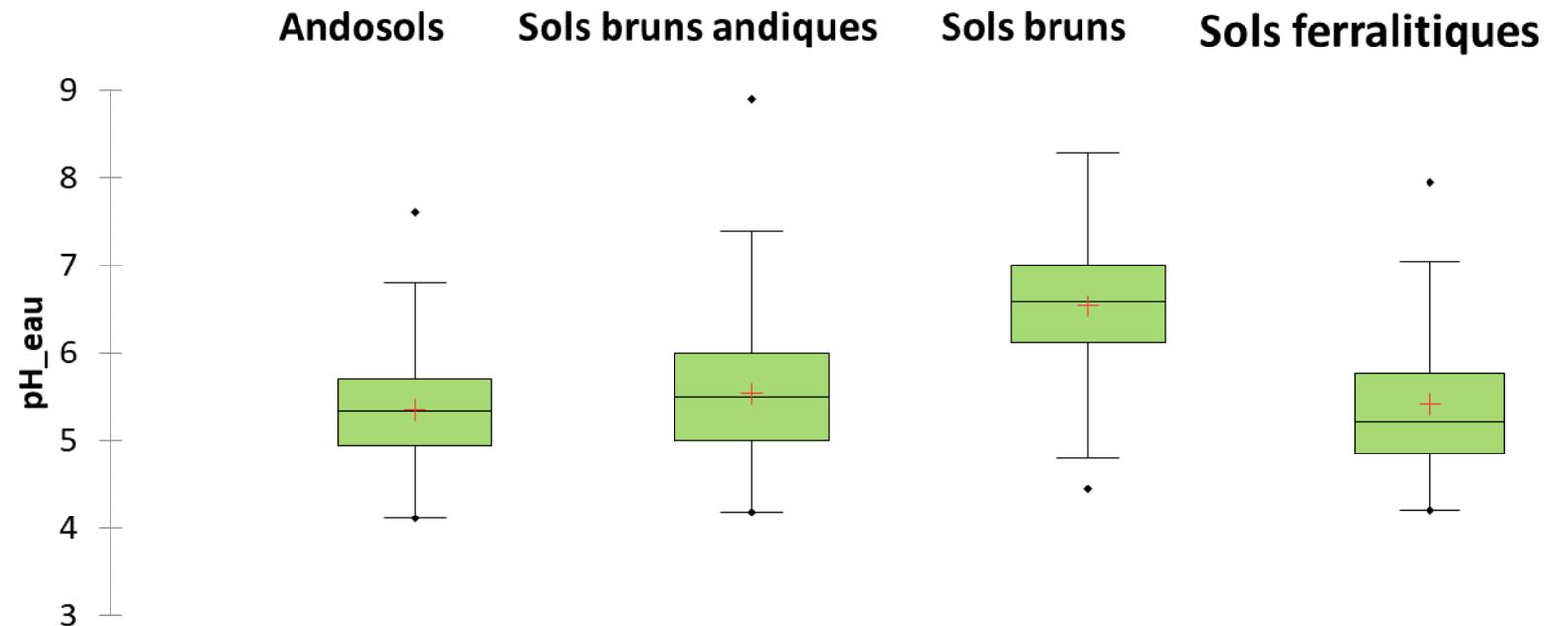
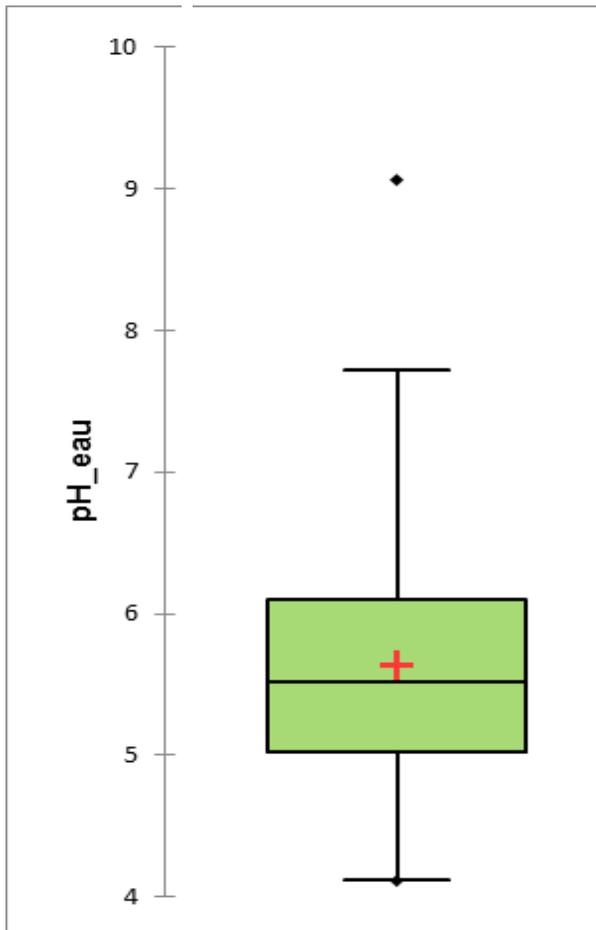
Problèmes associés à une trop forte acidité du sol (pH < 5,5)

- Toxicité de l'aluminium et d'autres éléments métalliques
- Carences en éléments retenus sur la CEC (Ca, Mg, K)
- Baisse de l'activité des bactéries du sol \Rightarrow baisse de la minéralisation de la MO
- Destruction du sol

Acidité du sol

Acidité des sols à La Réunion

- 25% des sols avec pH < 5
- 50% des sols avec pH < 5,5

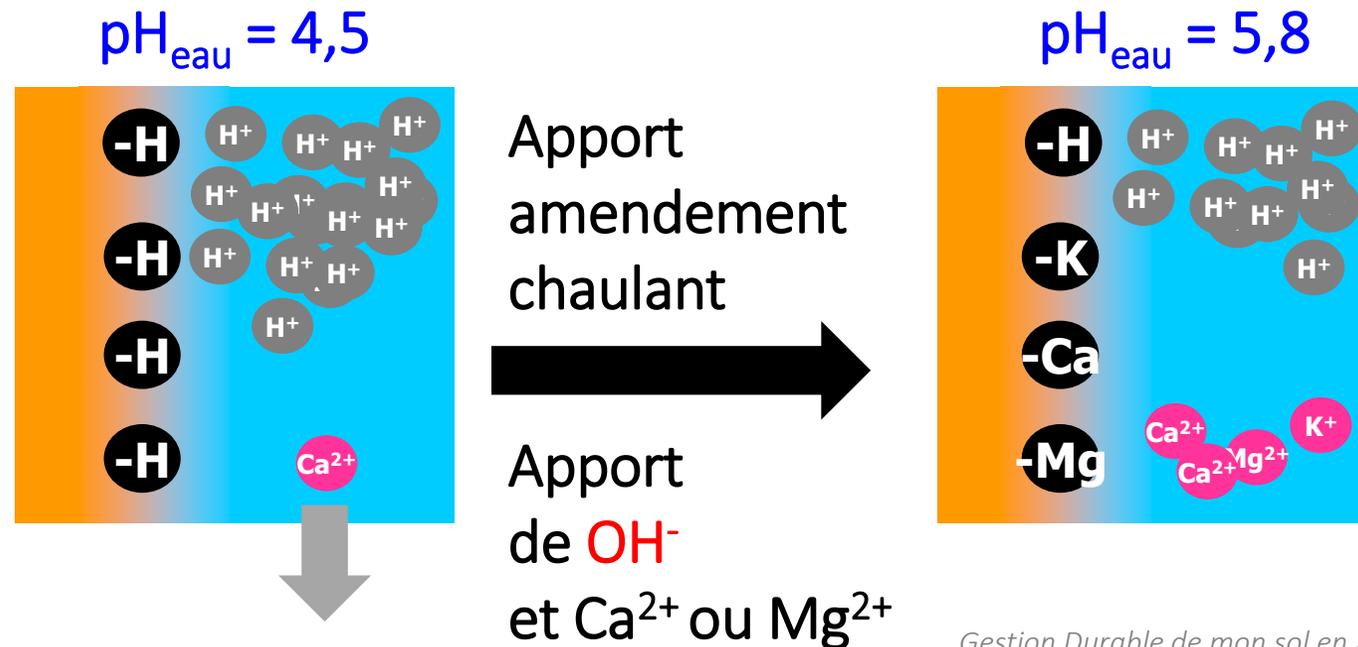


Données, thèse M. Ramos

Acidité du sol

Principe du chaulage

- Ce n'est pas l'apport de Ca ou Mg qui corrige l'acidité
- Le chaulage n'est pas une pratique néfaste pour les organismes du sol, même avec des doses d'apport supérieures à 2 t/ha



Acidité du sol

Choix et calcul de l'apport d'amendement chaulant

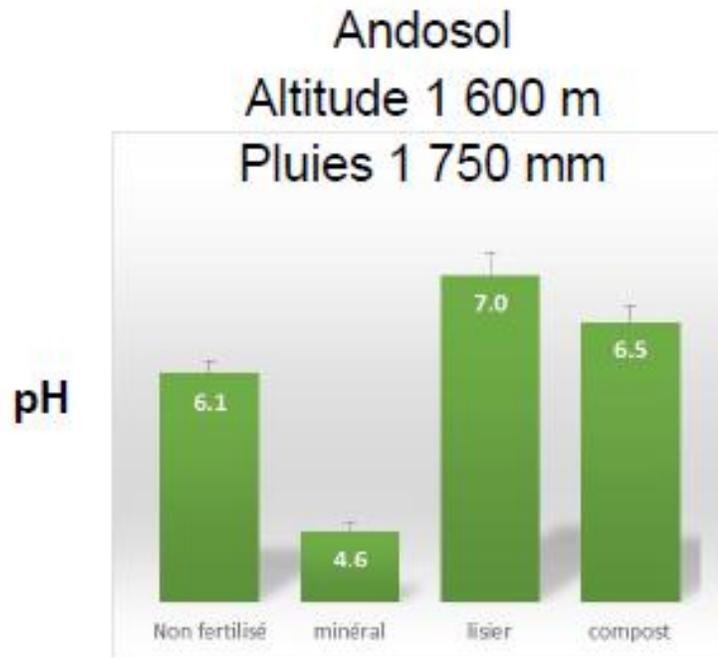
- Valeur neutralisante de l'amendement
- Proportion de Ca par rapport à Mg pour corriger les carences

nom	catégorie	type	val_neutral	tP	coefP	tK	coefK	tMg0	tCa0
Chaux magnésienne 1	chaux Mg	Ca Mg	110					37	57
Chaux magnésienne 2	chaux Mg	Ca Mg	105					20	65
Chaux calcique 1	chaux Ca	Ca	85						85
Dolomie	dolomie	Ca Mg	50					15	30
Cendres	cendres	Ca Mg	6.6	1.04	0.5	3.1	0.5	2	3.8
Physiolith	physiolith	Ca	44					3	40
Calcaire	calcaire	Ca	40						50
Sulfate de Mg	sulfate Mg	Mg	0					22	0

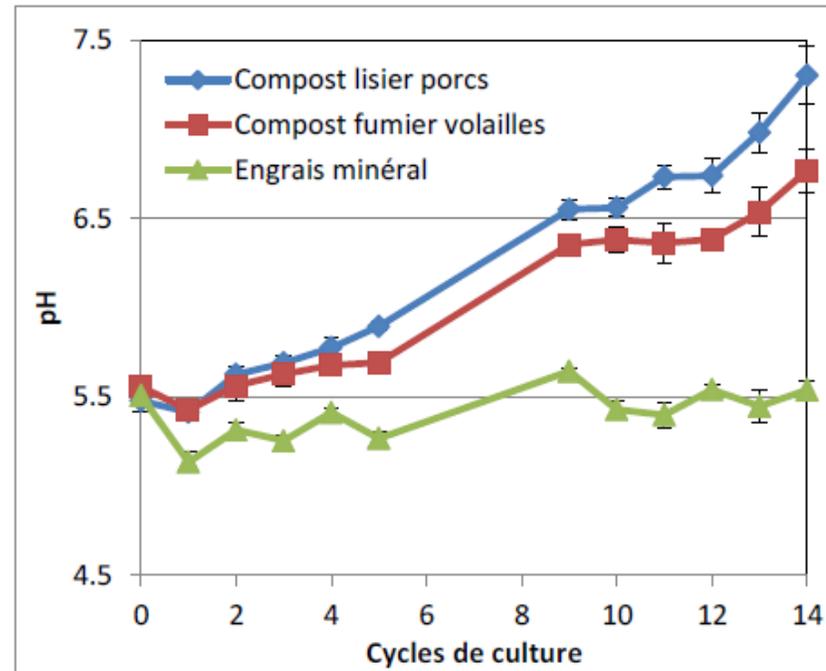
Acidité du sol

Effet alcalinisant des matières fertilisants d'origine résiduaire

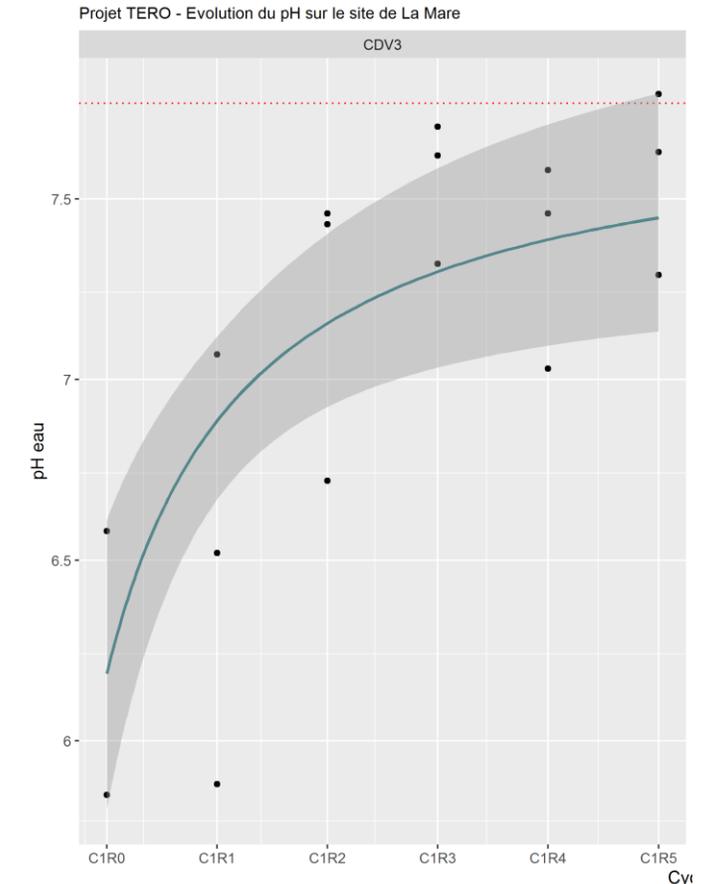
- Les cendres bien sûr, mais aussi les résidus organiques...



Tillard et al. UMR Selmet Cirad



Doelsch 2006 UMR Recyclage et risque
Cirad

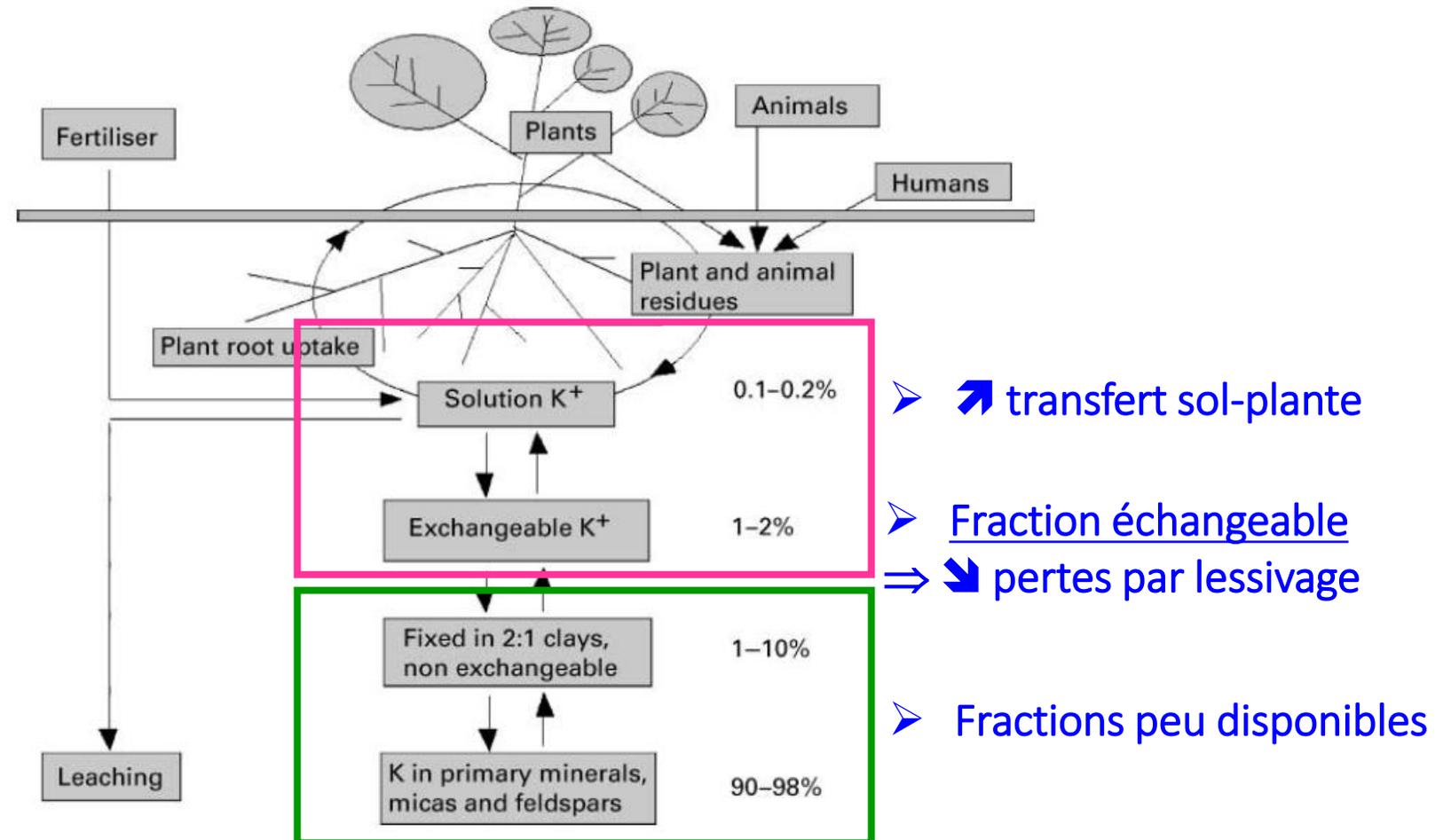


Février A., eRcane essai Tero

Disponibilité du potassium

Cycle du potassium dans les agro-écosystèmes

- Élément assez mobile
- Disponibilité contrôlée par la physico-chimie du sol



Öborn et al., 2005

Disponibilité du potassium

Prise en compte dans Serdaf

1. L'analyse de sol

Caractéristique	Valeur	Min. Souhaité	Faible--	Faible	Moyen	Fort	Fort++
pH H2O	4.47	5.50	[Progress bar from 0 to 4.47]				
pH HKCl	3.8		[Progress bar from 0 to 3.8]				
N g/kg de sol sec	2.35	2.40	[Progress bar from 0 to 2.35]				
Nmin kg/ha/an	115.96	150.00	[Progress bar from 0 to 115.96]				
C g/kg de sol sec	24.24	25.00	[Progress bar from 0 to 24.24]				
C/N	10.31	11.60	[Progress bar from 0 to 10.31]				
P ma/ka de sol sec	201.31	200.00	[Progress bar from 0 to 201.31]				
K cmol(+)/kg de sol sec	0.82	0.45	[Progress bar from 0 to 0.82]				
Ca cmol(+)/kg de sol sec	1.42	2.00	[Progress bar from 0 to 1.42]				
Mg cmol(+)/kg de sol sec	0.71	1.00	[Progress bar from 0 to 0.71]				
Na cmol(+)/kg de sol sec	0.07	0.05	[Progress bar from 0 to 0.07]				
S. bases cmol(+)/kg de sol sec	3.02		[Progress bar from 0 to 3.02]				
CEC cmol(+)/kg de sol sec	8.63	11.00	[Progress bar from 0 to 8.63]				
sat %	35.01	85.00	[Progress bar from 0 to 35.01]				
KCEC %	9.5	4.00	[Progress bar from 0 to 9.5]				
Mg/Ca	0.4	0.50	[Progress bar from 0 to 0.4]				

Disponibilité du potassium

Prise en compte dans Serdaf

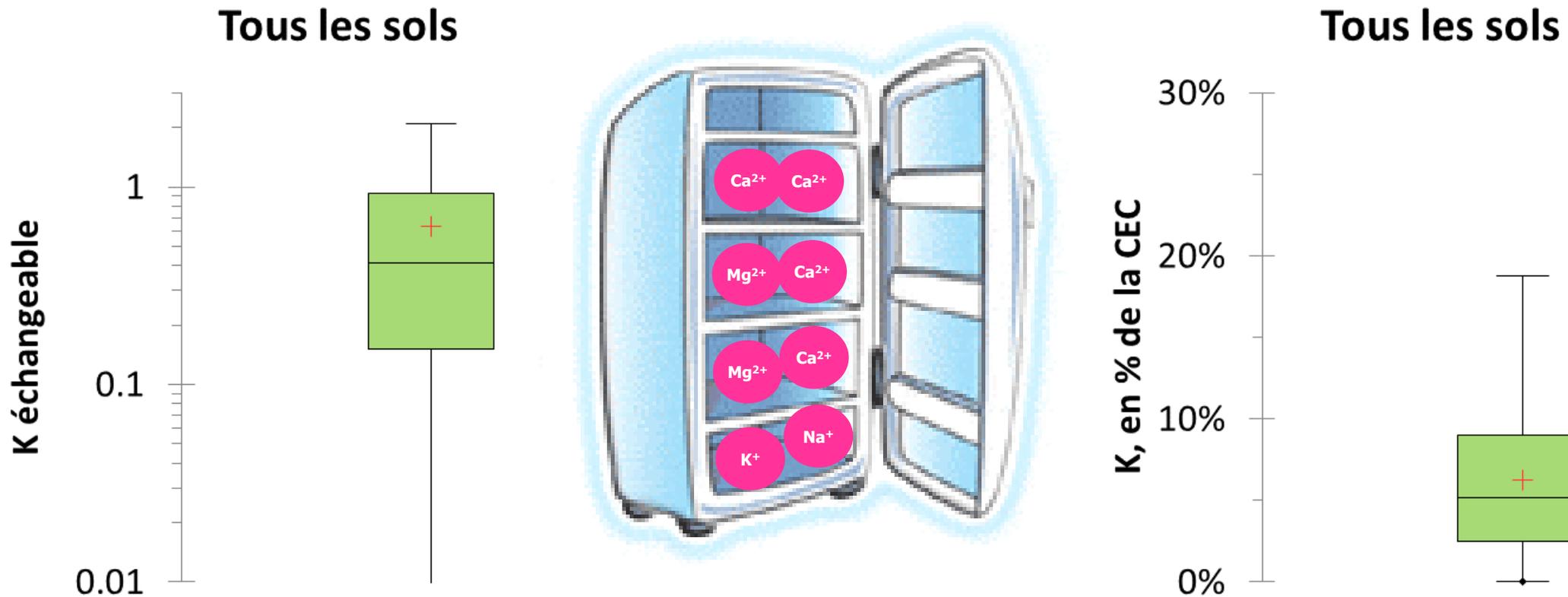
2. Deux critères basés sur la fraction échangeable

classe_tK	1 Très faible	2 Faible	3 Normal	4 Fort	5 Très fort
Ferralitique	$tK < 0.1$	$0.1 \leq tK < 0.4$	$0.4 \leq tK < 1$	$1 \leq tK < 1.5$	$tK \geq 1.5$
Vertique	$tK < 0.3$	$0.3 \leq tK < 0.6$	$0.6 \leq tK < 1.1$	$1.1 \leq tK < 3.2$	$tK \geq 3.2$
Brun	$tK < 0.1$	$0.1 \leq tK < 0.4$	$0.4 \leq tK < 1$	$1 \leq tK < 1.5$	$tK \geq 1.5$
Brun andique	$tK < 0.15$	$0.15 \leq tK < 0.45$	$0.45 \leq tK < 1$	$1 \leq tK < 1.5$	$tK \geq 1.5$
Andosol	$tK < 0.1$	$0.1 \leq tK < 0.4$	$0.4 \leq tK < 1$	$1 \leq tK < 1.5$	$tK \geq 1.5$
Andosol perhydraté	$tK < 0.1$	$0.1 \leq tK < 0.4$	$0.4 \leq tK < 1$	$1 \leq tK < 1.5$	$tK \geq 1.5$

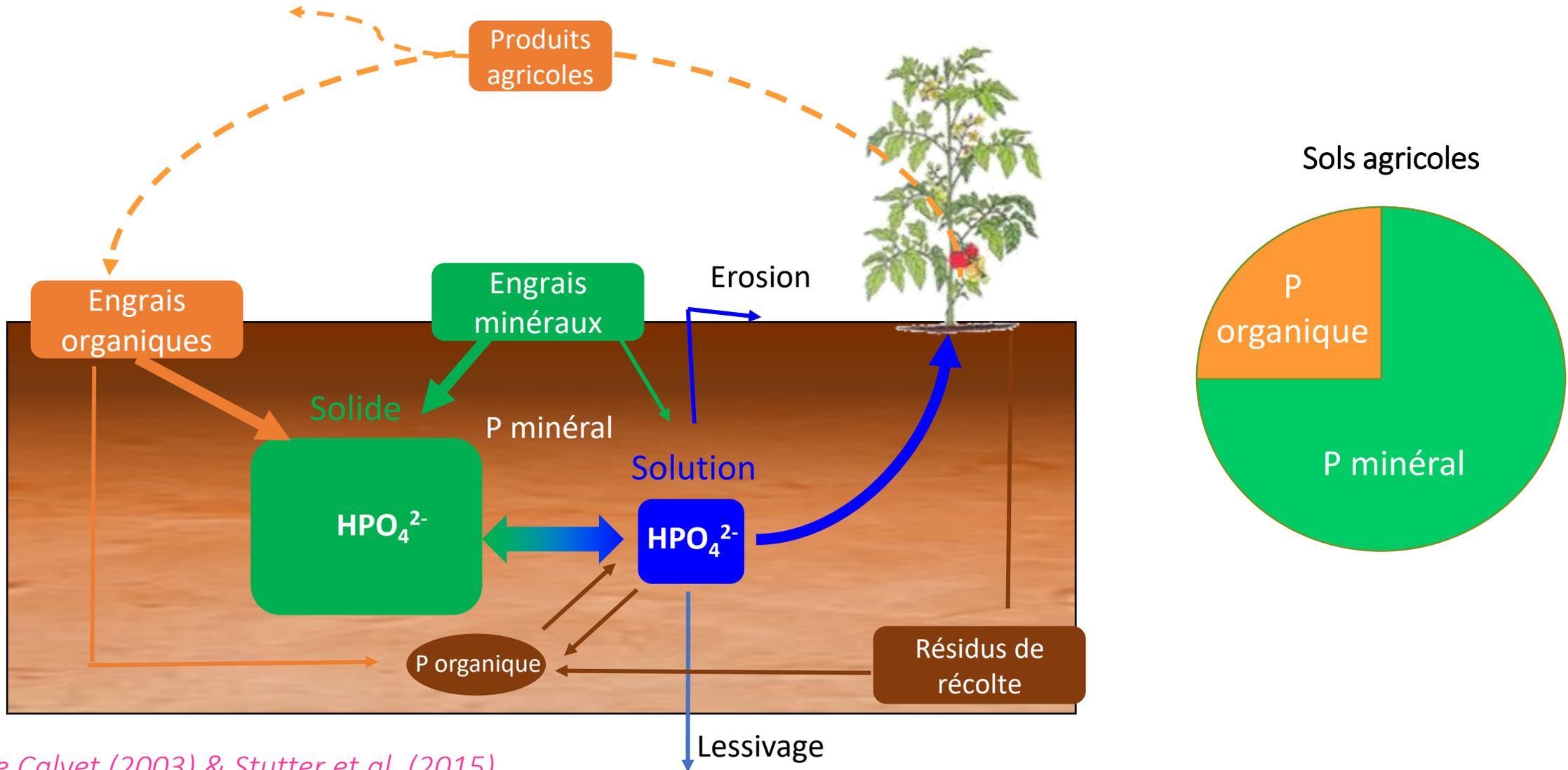
classe_K_cec	1 Très faible	2 Faible	3 Normal	4 Fort	5 Très fort
Tout sol	$K_{cec} < 2$	$2 \leq K_{cec} < 4$	$4 \leq K_{cec} < 6$	$6 \leq K_{cec} < 8$	$K_{cec} \geq 8$

Disponibilité du potassium

Valeurs pour les sols de La Réunion

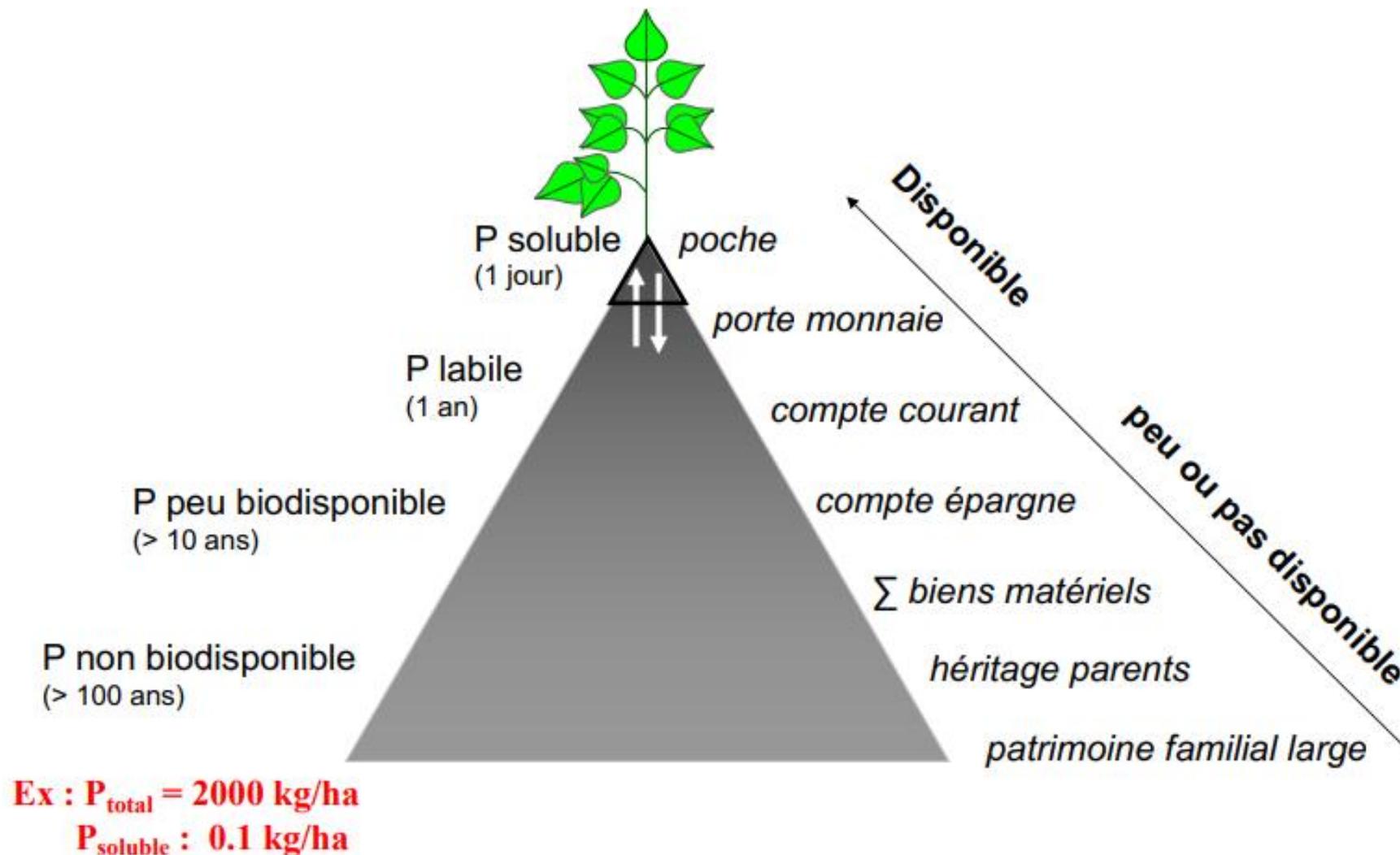


Cycle du phosphore



Tiré de Calvet (2003) & Stutter et al. (2015)

Disponibilité en phosphore

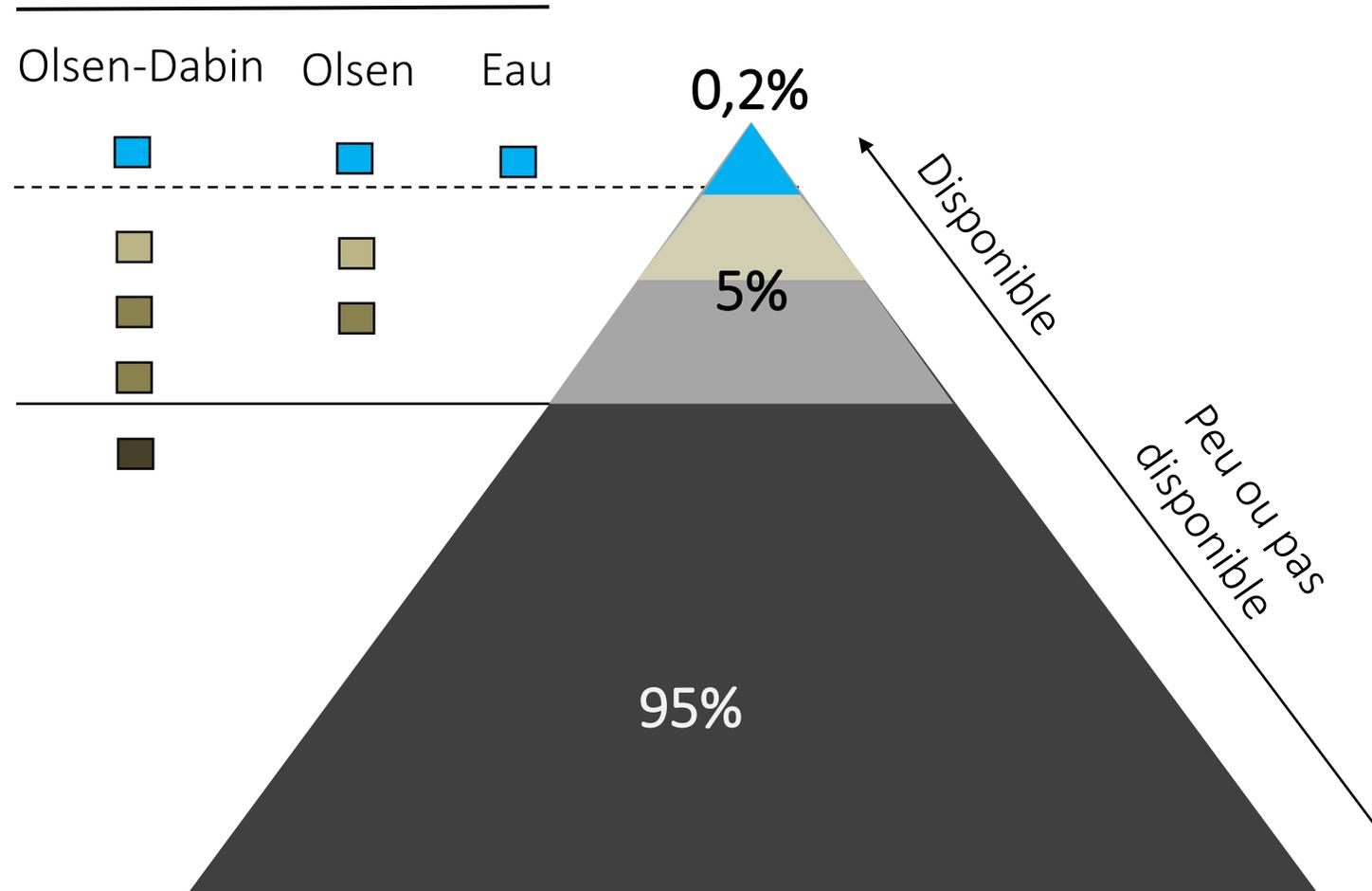


D'après COMIFER, 2019

Disponibilité en phosphore

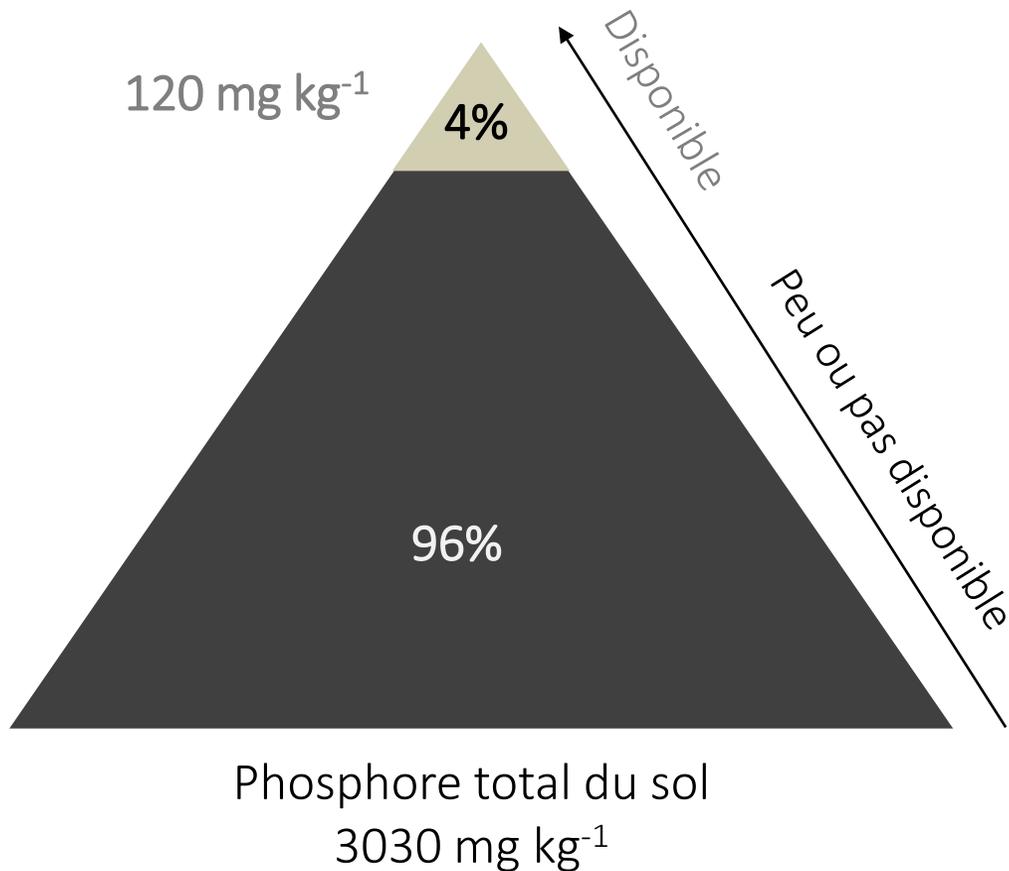
Analyse au laboratoire :

Extraction

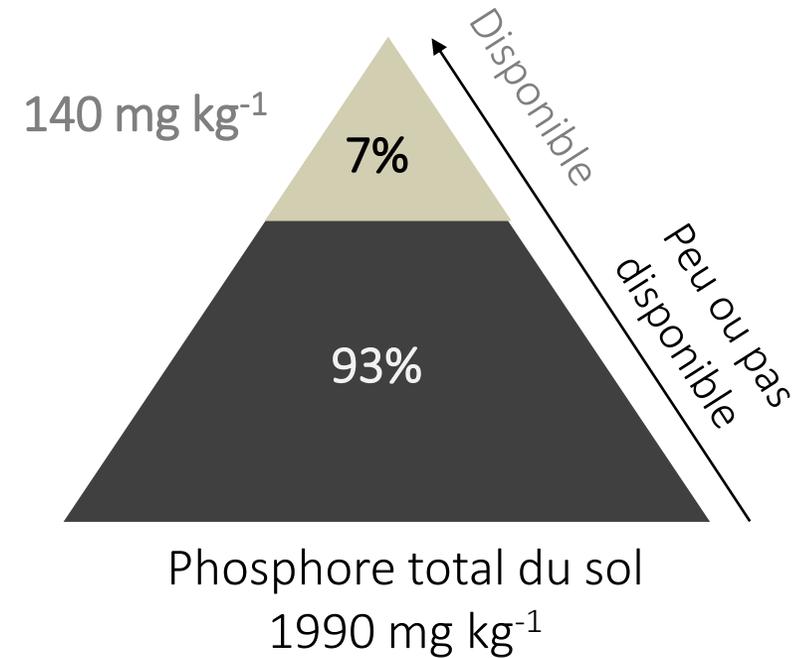


Disponibilité en P ≠ selon les sols

Sol andique



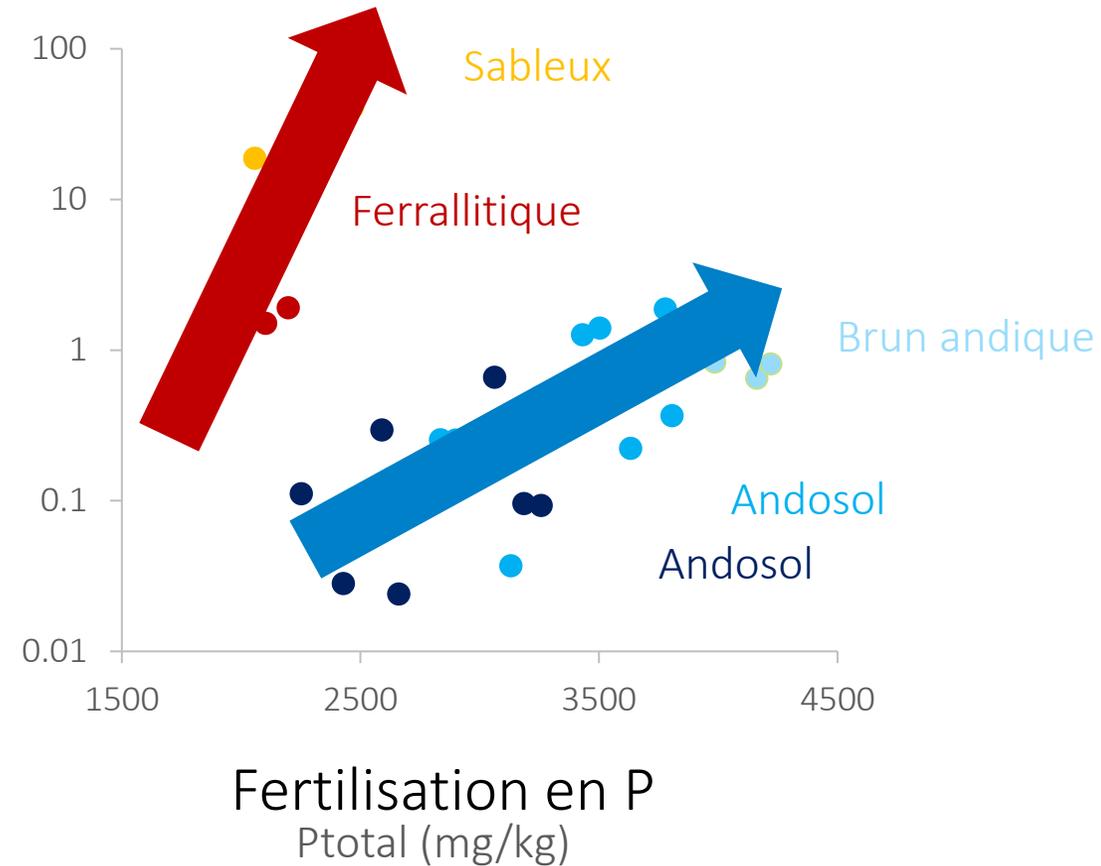
Sol ferrallitique



Effet de la fertilisation en P ≠ selon les sols

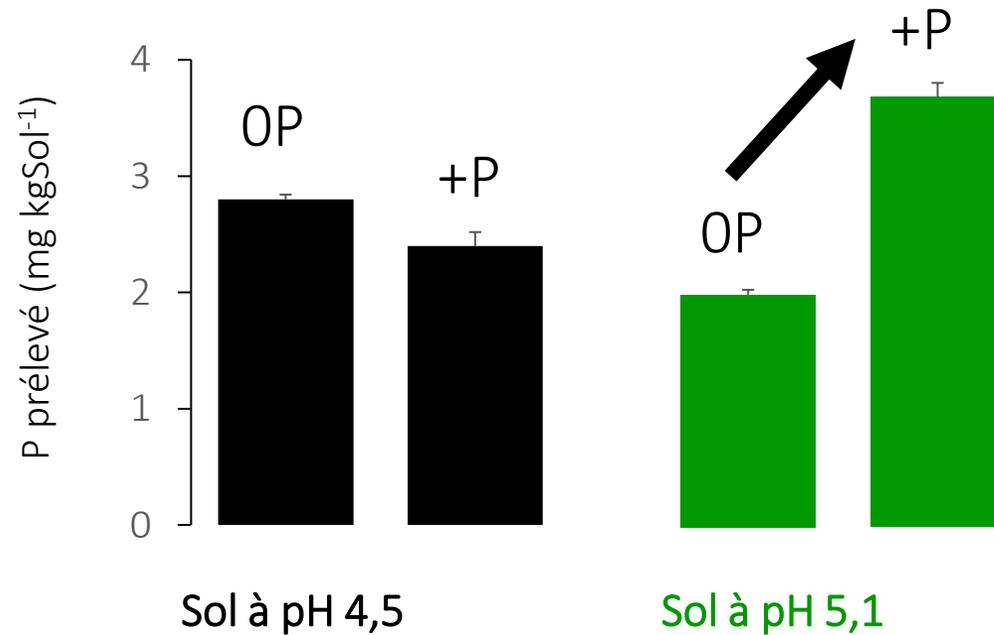
Phosphore disponible

Peau (mg/kg)



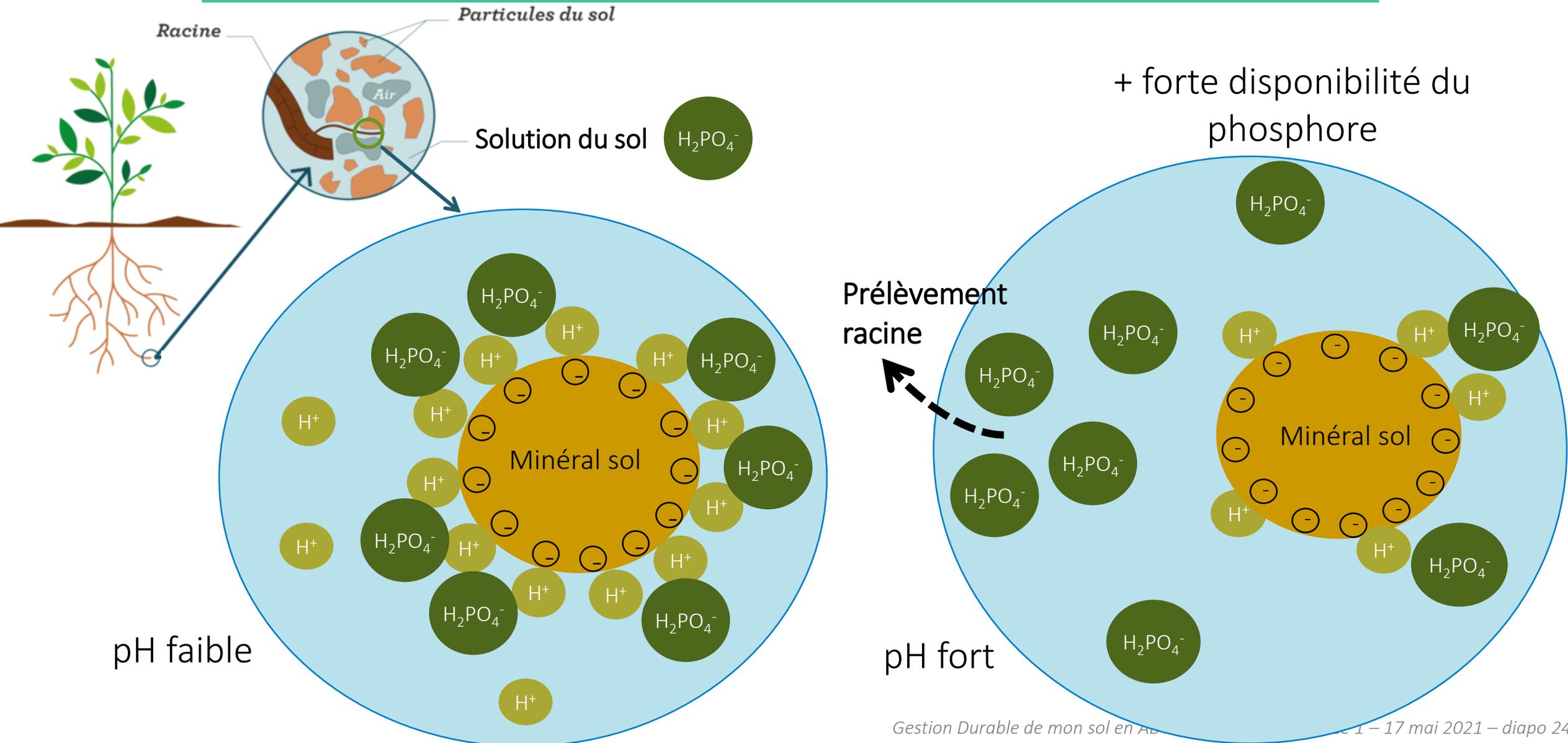
Effet du pH

P prélevé par la plante



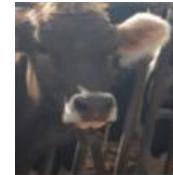
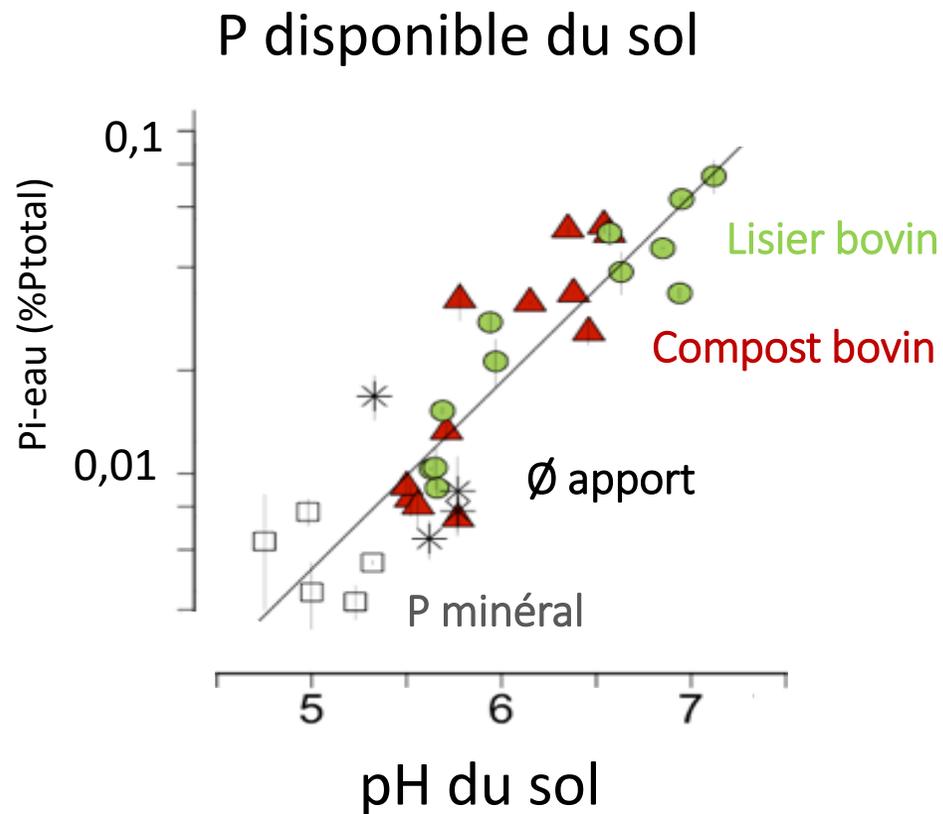
⇒ **Sol trop acide : la fertilisation phosphatée n'est pas efficace**

Effet du pH



Effet du pH

Essai sur un andosol
Plaine des Cafres



Disponibilité en P dépend :

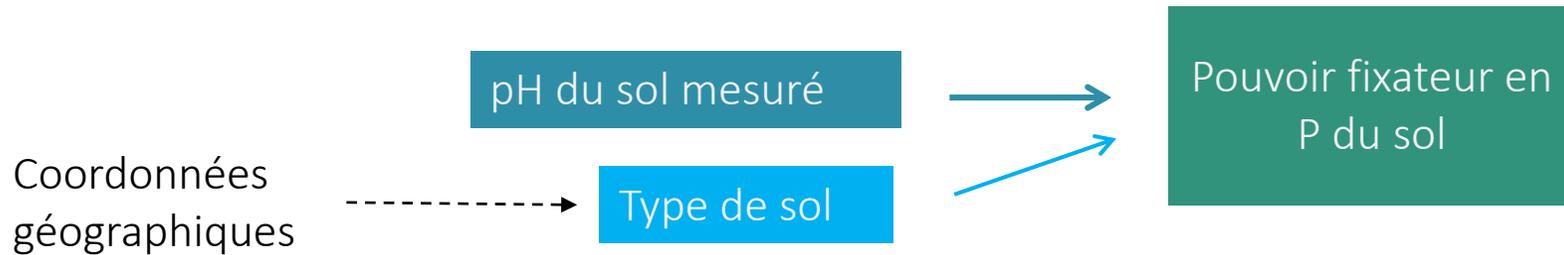
⇒ du type de sol

⇒ du pH du sol

Serdaf : phosphore

Données en entrée

Données intermédiaires



pf	pH < 5	5 ≤ pH < 5.5	5.5 ≤ pH < 6	6 ≤ pH < 7	pH ≥ 7
Andosols perhydratés	3	3	3	2	2
Andosols non perhydratés	3	3	3	2	2
Sols bruns andiques	3	2	2	1	1
Sols ferralitiques	3	2	2	1	1
Sols bruns	2	2	1	1	1
Sols vertiques	1	1	1	1	1

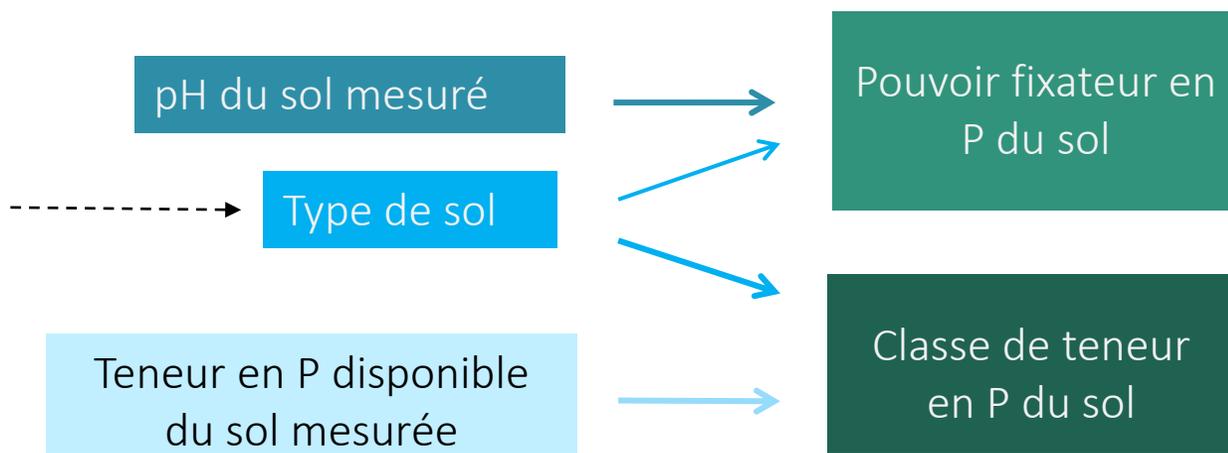
Table serdaf_pouvoir_fixateur

Serdaf : phosphore

Données en entrée

Données intermédiaires

Coordonnées géographiques



classe_tP	1 Très faible	2 Faible	3 Normal	4 Fort	5 Très fort
Ferralitique	tP < 60	60 ≤ tP < 100	100 ≤ tP < 200	200 ≤ tP < 300	tP ≥ 300
Vertique	tP < 60	60 ≤ tP < 100	100 ≤ tP < 200	200 ≤ tP < 300	tP ≥ 300
Brun	tP < 60	60 ≤ tP < 100	100 ≤ tP < 200	200 ≤ tP < 300	tP ≥ 300
Brun andique	tP < 100	100 ≤ tP < 200	200 ≤ tP < 300	300 ≤ tP < 400	tP ≥ 400
Andosol	tP < 100	100 ≤ tP < 200	200 ≤ tP < 300	300 ≤ tP < 400	tP ≥ 400
Andosol perhydraté	tP < 100	100 ≤ tP < 200	200 ≤ tP < 300	300 ≤ tP < 400	tP ≥ 400

Santé et bioindicateurs du sol

Matthieu Bravin et Antoine Versini

Quelques définitions (1/2)

Qualité du sol

- Potentialité intrinsèque du sol à fournir des fonctions

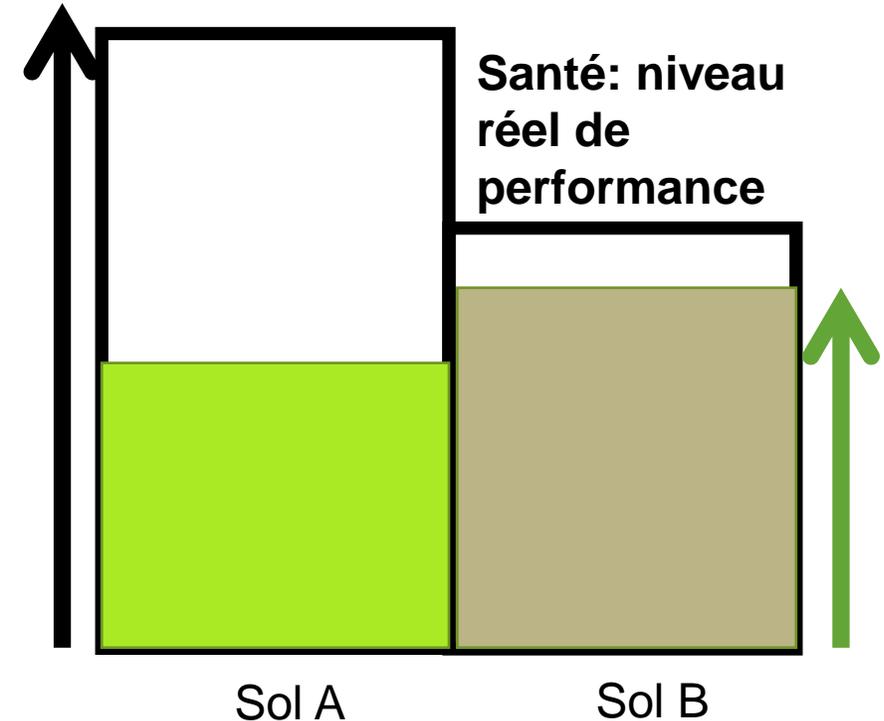
Santé du sol

- Performance ou fonctionnement réel du sol relatif à son potentiel

Fertilité du sol

- Capacité à fournir l'eau et les éléments nutritifs nécessaire à la bonne croissance d'une culture

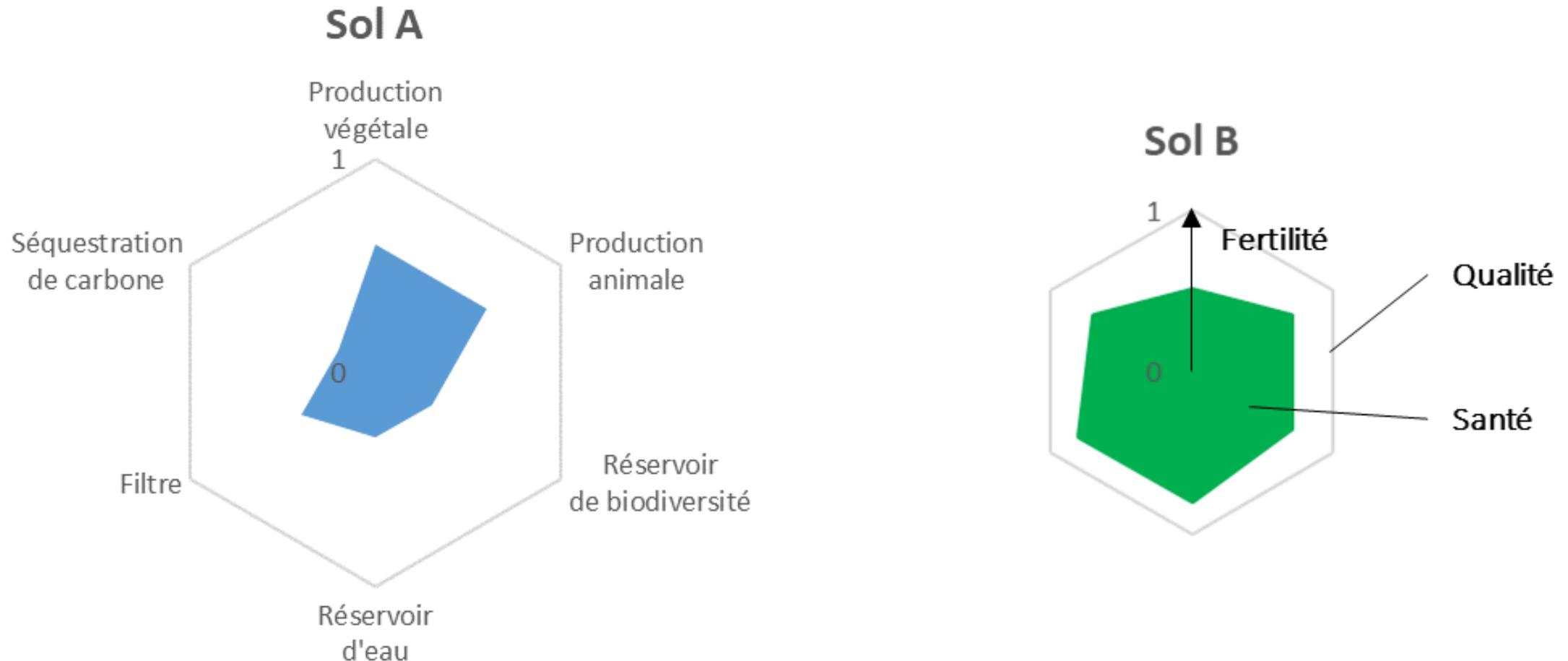
Qualité : niveau potentiel de performance



D'après Brauman et Thoumazeau 2020

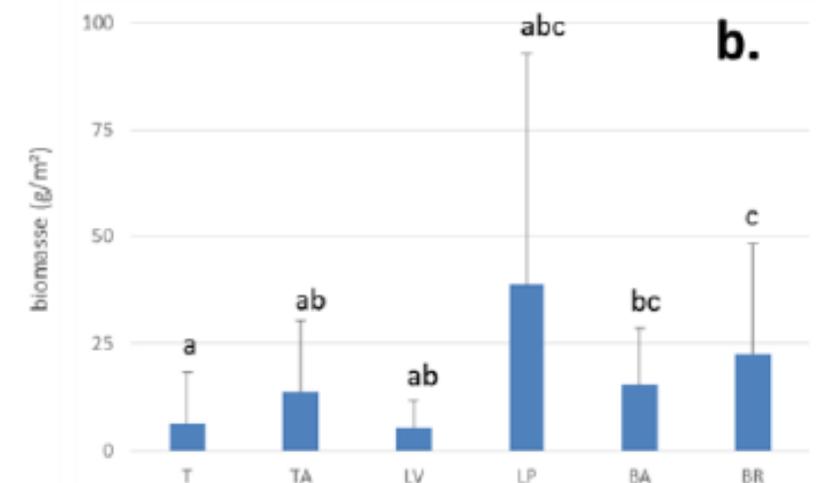
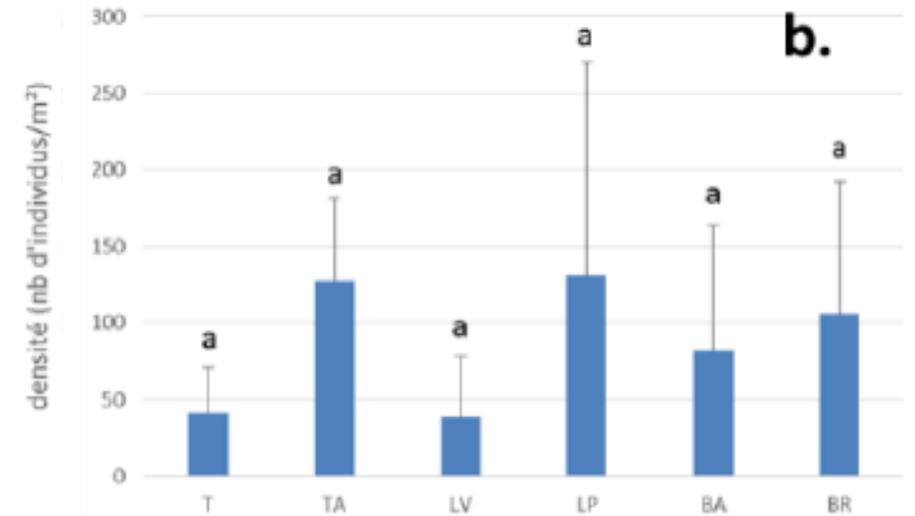
Quelques définitions (2/2)

Un sol peut remplir de nombreuses fonctions

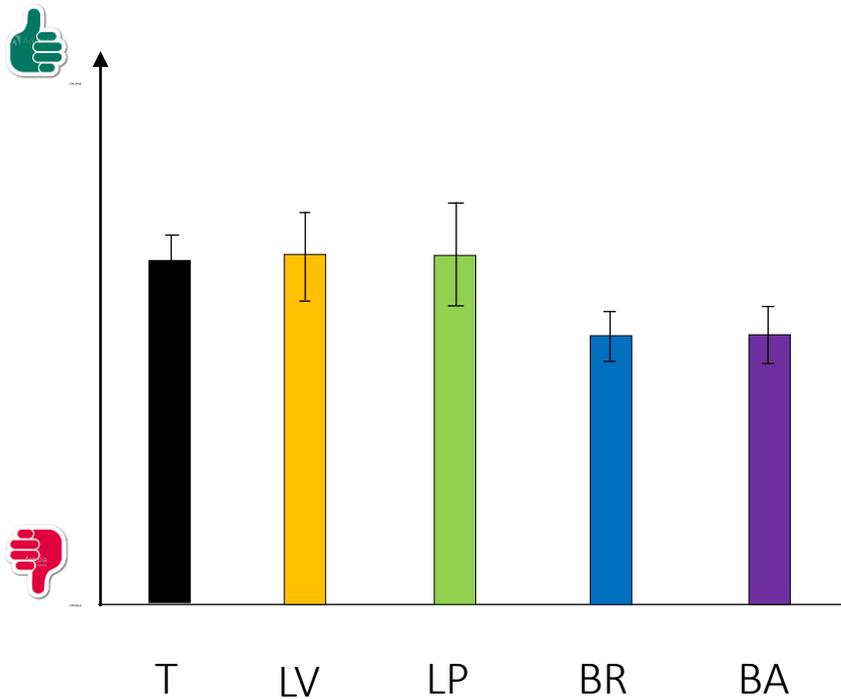


Présence de vers de terre

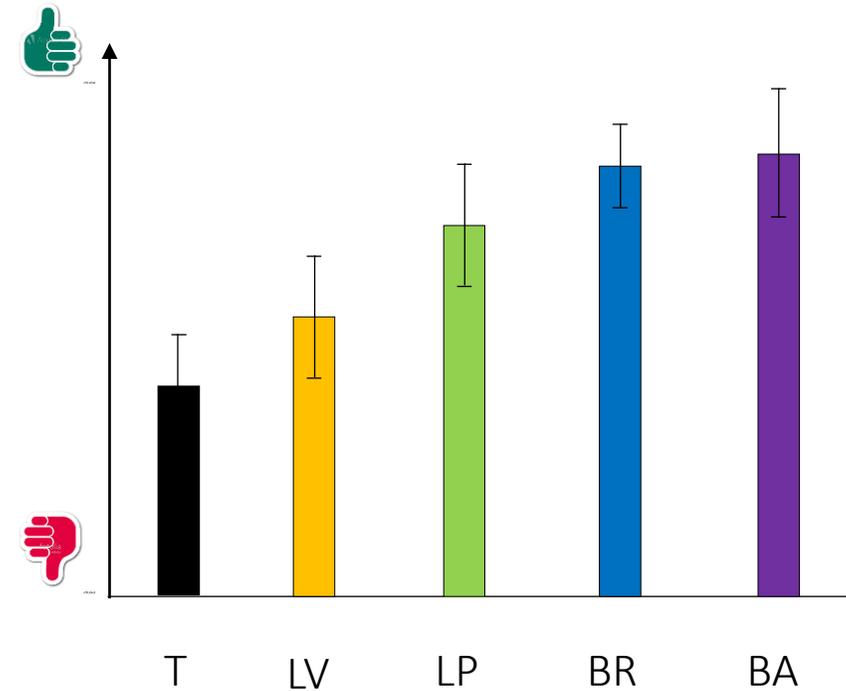
- Pas d'effet des pratiques de fertilisation
- 25 à 140 individus/m²
- 5 à 40 g/m²
- 6 à 10 espèces différentes représentant les 3 grands groupes
- Résultats tout à fait normaux, voire élevés, pour un milieu tropical humide



Indicateurs nématofaune

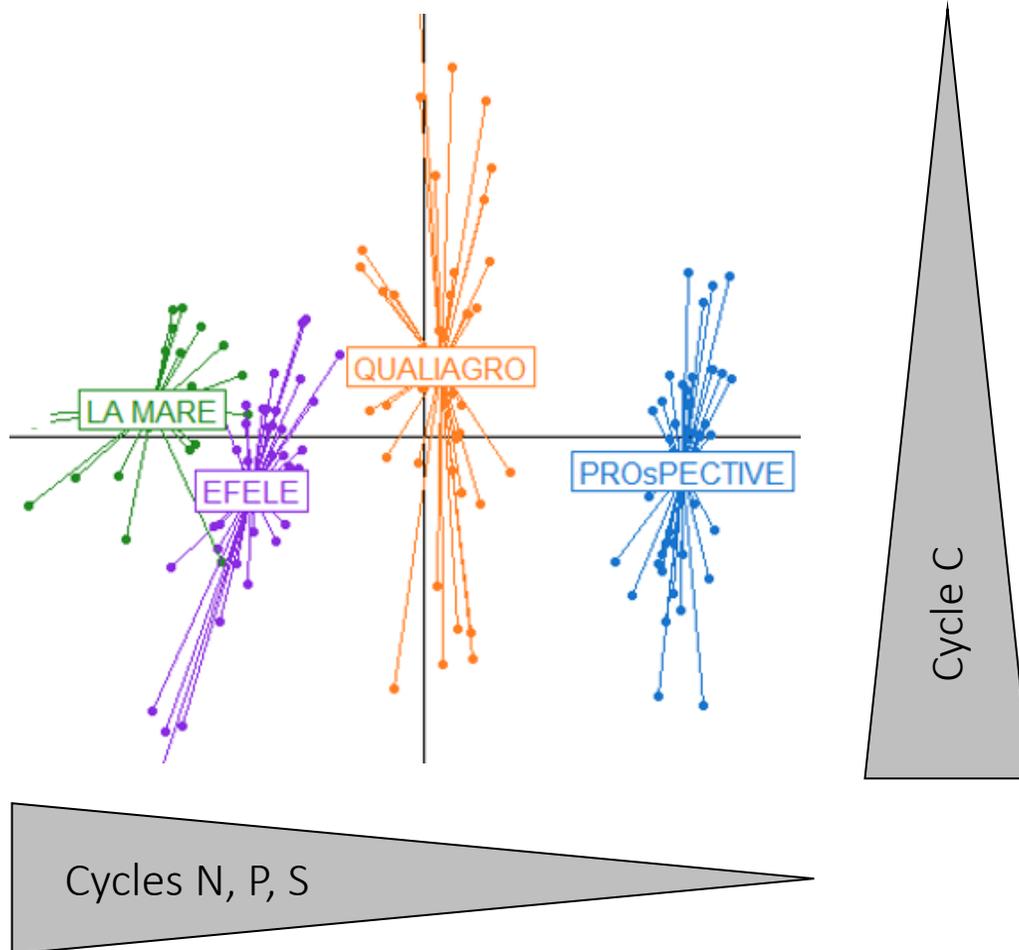


Indicateur μ Bio (BMM)



Quels indicateurs pour quelles fonctions et services écosystémiques ?

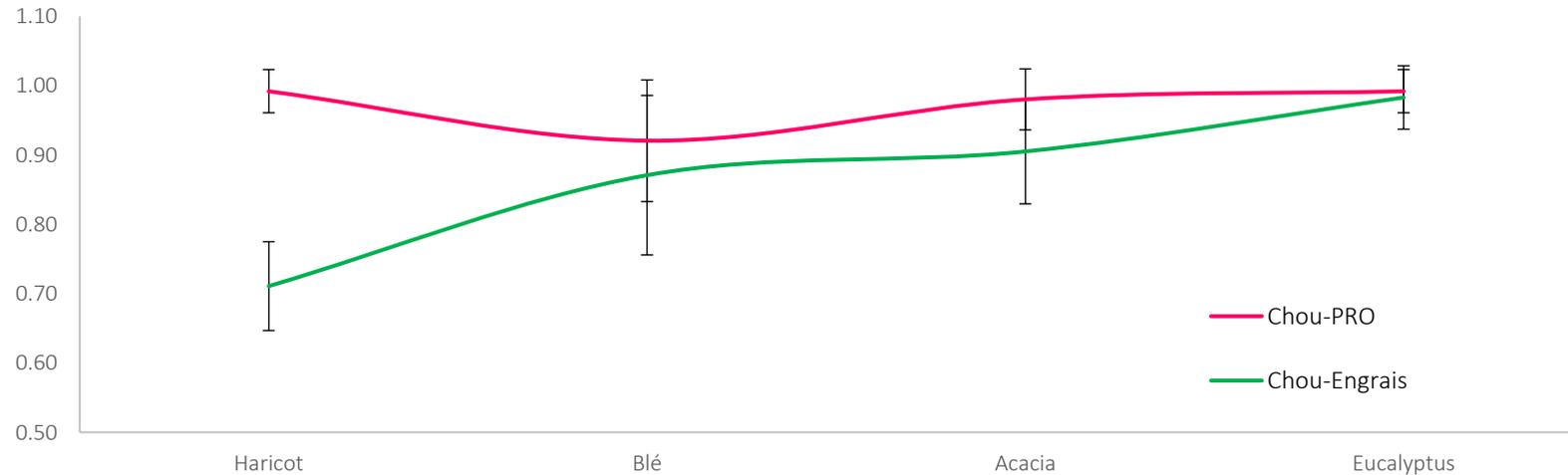
Activité enzymatique



Construire un référentiel
d'interprétation tenant compte
des pédoclimats réunionnais, en
lien notamment avec conditions
tropicales

Lamina Baits

Colimaçons – ≈1 mois



Construire un référentiel d'interprétation tenant compte des pratiques culturelles

TP Analyses de sol

Matthieu Bravin et Antoine Versini

Analyser son sol : pour quoi faire ?

Pilotage à court-terme

- Caler apport d'engrais
- Caler un chaulage

Evaluation potentiel (nouvelle) parcelle

- Fertilité initiale
- Redressement nécessaire

Evolution temporelle de la fertilité

- Valider pratiques courantes d'apport engrais et amendements
- Faire 1 analyse par (groupe de) parcelle tous les x cycles de culture

Bien prélever pour une analyse pertinente

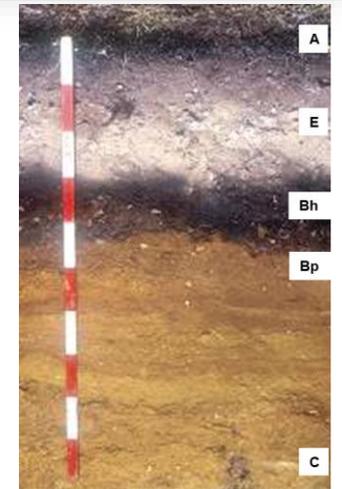
Tenir compte de l'hétérogénéité de surface

- Identifier visuellement les zones hétérogènes
 - Si hétérogénéités mineures, les écarter du prélèvement
 - Si hétérogénéités majeures, faire plusieurs prélèvements
- Faire un échantillon composite à partir de 10-15 prélèvements élémentaires
- Faire plusieurs prélèvements si surface > 1 ha



Tenir compte de l'hétérogénéité du sol en profondeur

- Profondeur travail du sol
- Enracinement culture cible
- Si horizons visuellement très différents sur profondeur à échantillonner
⇒ Faire plusieurs prélèvements



Quelles analyses demandées ?

Menu standard

- $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ et pH_{KCl}
- Azote et carbone
- Phosphore Olsen-Dabin
- CEC au pH_{sol} et Ca, Mg, Na, K échangeables
- Coût Rita = 75 €
- *Coût réel = 235 €*

Analyse complémentaire

- Oligo-éléments : Fe, Mn, Cu, Zn
21 € TTC

CIRAD Réunion
40 ch Grand Canal - CS12014
97743 St-Denis cedex 9
Tel : 0262 52 80 19
Fax : 0262 52 80 01

Le 10/02/2021 à 12:14:54
Diagnostic de l'échantillon 135220 par Mathieu BRAVIN

Bulletin d'analyse de sol
Référence Client: CE851

Exploitant	Nom, Prénom	Bigot Sabrina
N° CHCS	Adresse	97417 LA MONTAGNE
Demandeur	Structure	Exploitant Exploitant
Technicien	Exploitant	
Localisation	Lieu de prelevement	ST-DENIS ST BERNARD
	Latitude, Longitude	768209, 33266
	N° lot	
Echantillon	Type de sol	Ferrallique
	Ref. Clust	2016-0216-135220
Données Cultures	Type de Culture	Maroichage
	Surface (ha)	0
	Irrigation	Absorption
	Rendements (tha)	Potentielle: Espère: 0
	Type de coupe	
	Apport de centre (tha)	0.00
	Apport de la O.	

Caractéristique	Valeur	Min.	Souhaité	Faible--	Faible	Moyen	Fort	Fort++
pH H2O	6.17		5.50					
pH HKCl	5.17							
N g/kg de sol sec	2.26		1.80					
Nmin kg/ha/an	121.71		150.00					
C g/kg de sol sec	25.62		22.00					
C/N	11.32		11.00					
P mg/kg de sol sec	116.32		100.00					
K cmol(+) /kg de sol sec	0.69		0.40					
Ca cmol(+) /kg de sol sec	6.22		2.50					
Mg cmol(+) /kg de sol sec	4.37		1.40					
Na cmol(+) /kg de sol sec	0.13		0.04					
S. bases cmol(+) /kg de sol sec	11.41							
CEC cmol(+) /kg de sol sec	11.83		10.80					
sat %	96.48		80.00					
KCEC %	5.82		4.00					
Mg/Ca	0.7		0.50					
Fe mg/kg de sol sec								
Mn mg/kg de sol sec								
Zn mg/kg de sol sec								
Cu mg/kg de sol sec								

Echantillon 135220, le 10/02/2021 à 12:14:54

Apport de matière organique
Votre sol est normalement pourvu en matière organique. Le CN indique que son activité biologique est normale. La minéralisation de la matière organique se déroule donc dans de bonnes conditions.

Chaulage
Le pH de votre sol est correct avec des teneurs normales en calcium et magnésium. Vérifier l'acidité du sol à la prochaine analyse.
Le diagnostic ci dessus est valable pour une majorité de cultures.
Dans le cas de bananes, celui-ci tolère des pH acides (4.5-5) mais les teneurs en calcium et magnésium doivent être suffisantes pour assurer une nutrition correcte. Effectuez de temps en temps un apport d'entretien en amendement minéral basique.

Produits Chaulant
Attention, conformément à une décision de la DGAL et malgré d'éventuels conseils contradictoires dans ce bulletin, l'apport de cendres doit être limité à 26 tha de cendres sèches une fois tous les 5 ans pour les cendres de Bois Rouge, et à 50 t pour celles du Gol.

CEC
La capacité de stockage en éléments basiques du sol est moyenne et très saturée en éléments. Etudier les possibilités d'apporter de la matière organique et de la chaux pour améliorer la fertilité et la capacité de stockage.

Azote
Votre sol est légèrement déficient en azote minéralisable. La fourniture d'azote est jugée insuffisante pour la culture. La fumure azotée doit donc être renforcée.

Phosphore
L'offre du sol en P est correcte.

Potassium
La teneur du sol en K est correcte et le complexe argilo humique est moyennement saturé. Un apport normal est conseillé.