

Genève, février 2018

Mort des sols



Mort des hommes

L'équipe du LAMS représentée
par Dr Emmanuel BOURGUIGNON

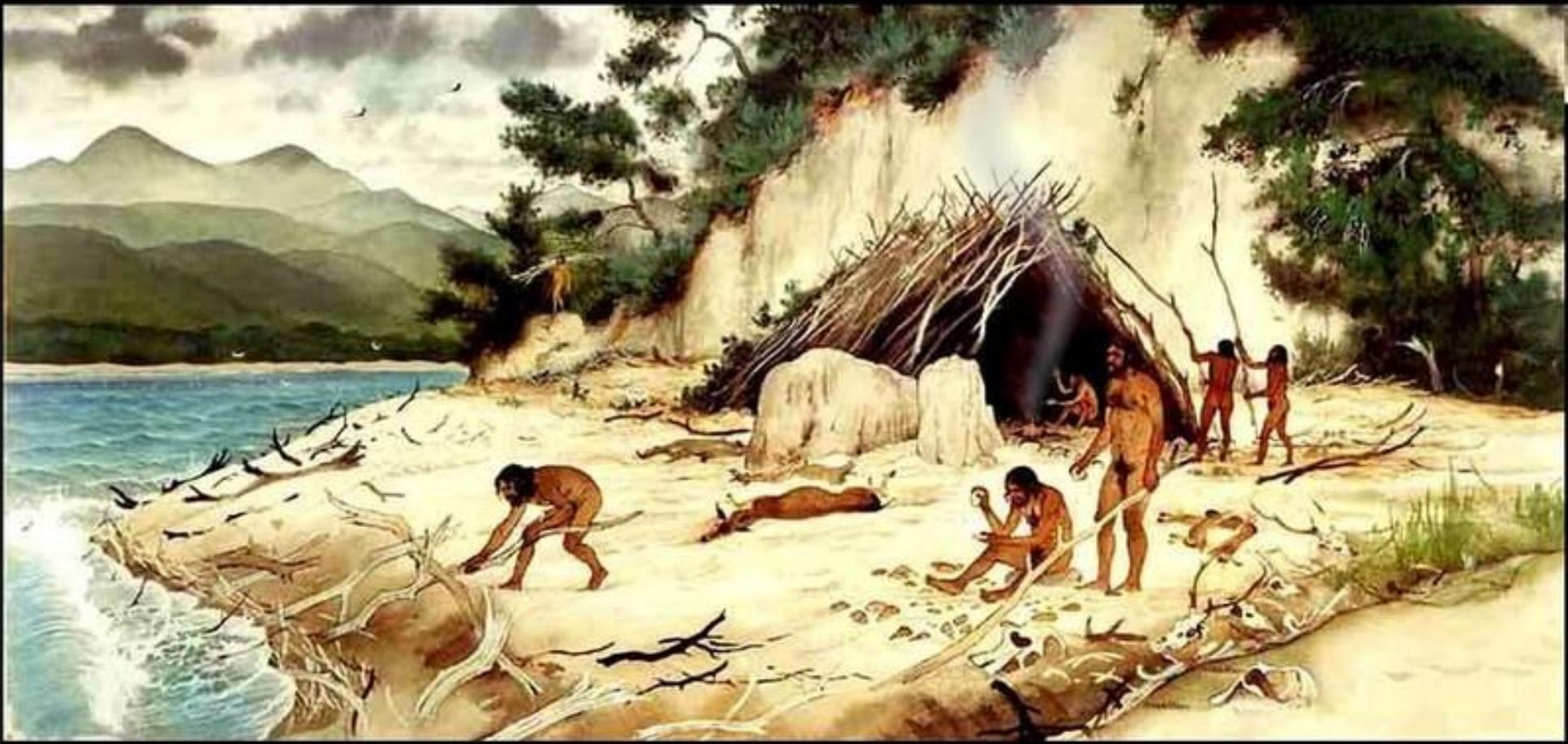


Plan

- **Un peu d'histoire....**
- **Les causes passées et actuelles**
- **Pourra-t-on inverser la tendance**



Historique



Apparition des premiers Hominidés : 5-7 millions d'années



Historique



- **Maîtrise du feu il y a environ 700 000 ans**



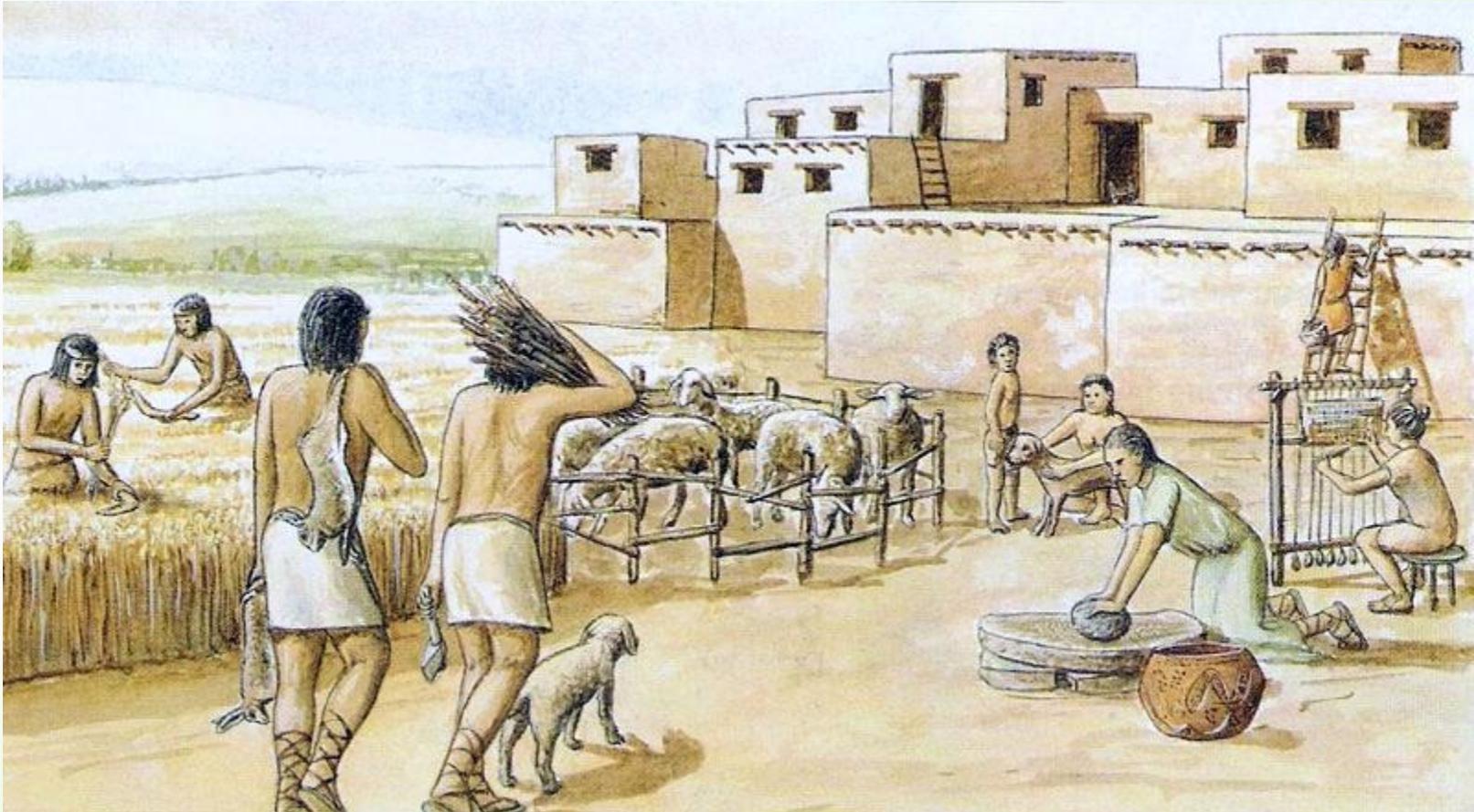
Historique



- **Transformation des communautés végétales**



Historique



- **L'agriculture il y environ 10 000 ans**
- **Domestication des ruminants 8000 ans**



Historique

Diversification des plantes et des animaux

- **Vers le 18^{ième} siècle jusqu'à la révolution industrielle, système équilibré.**
- **Agro-sylvo-pastoral**
- **1^{ère} guerre mondiale casse le système**
- **2^{ième} guerre mondiale prépare la révolution verte**



Historique



Etat des lieux

- **1 milliard ha désert créé depuis le XX^{ième} siècle (2005, Ramade F., Eléments d'écologie)**
- **Perte net annuelle de surfaces cultivables ~30 millions ha/an = superficie de l'Italie**
- **Érosion = 40 milliards de tonnes de sol fertile/an dans les océans**
- **800 000 T/sec d'humus érodé**
- **10 à 40 x plus rapide que la régénération des sols**



Erosion



Erosion



Erosion



Erosion



Désertification



Désertification



Déforestation



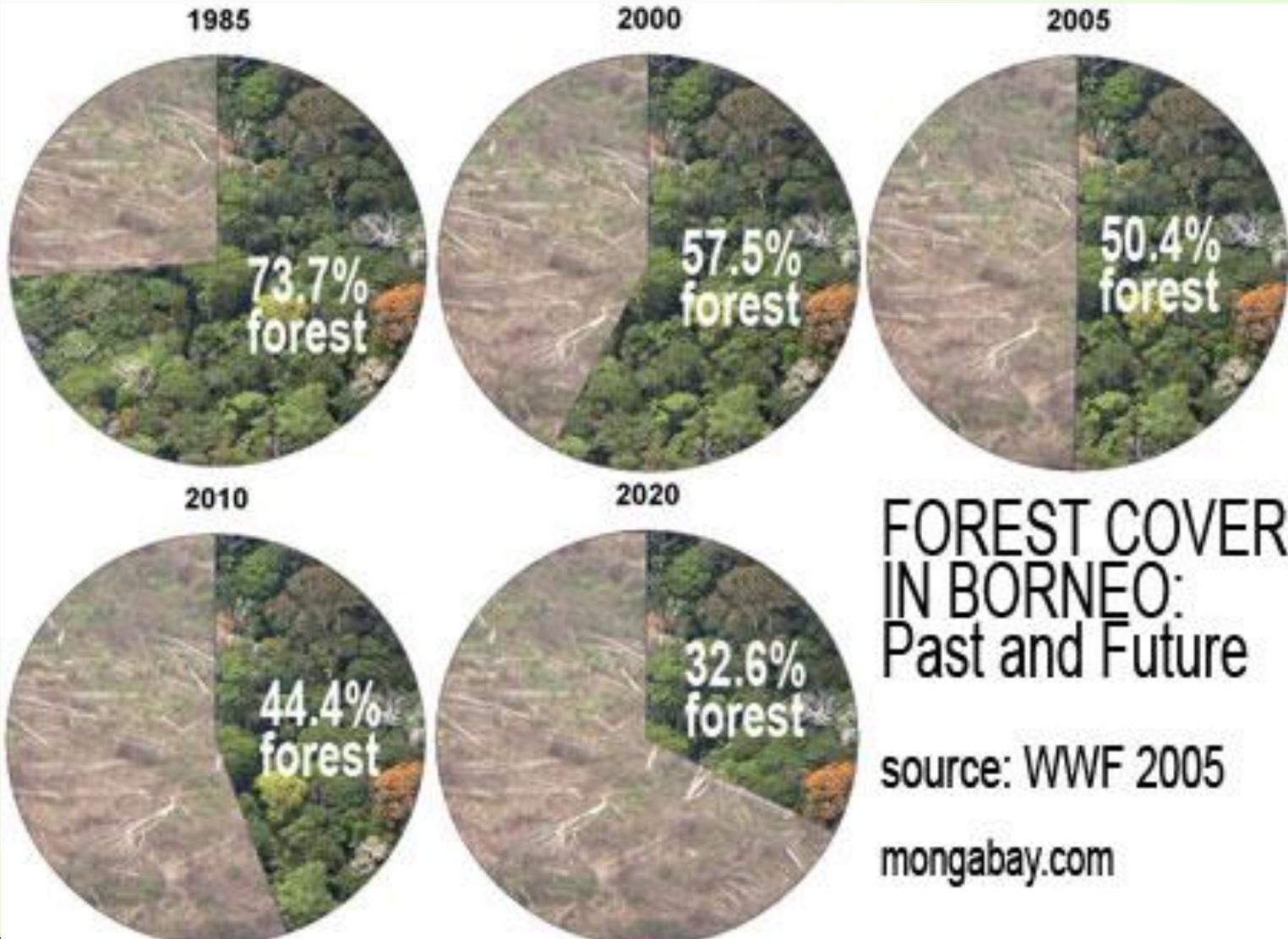
Déforestation



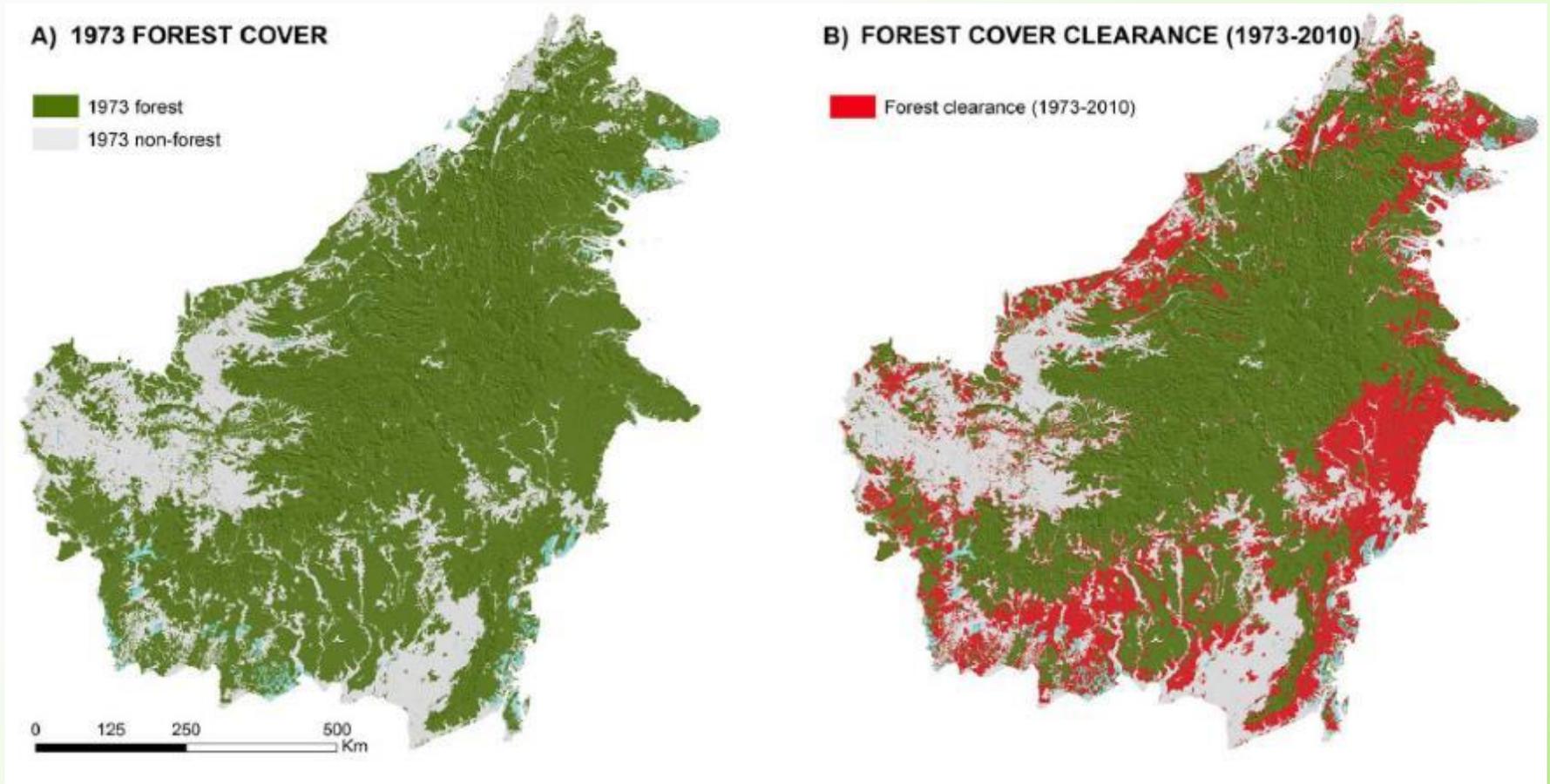
Déforestation



Déforestation



Déforestation



En 2012 l'Indonésie a détruit 840 000 ha de forêt = superficie de la Corse



Urbanisation



Sydney 1975



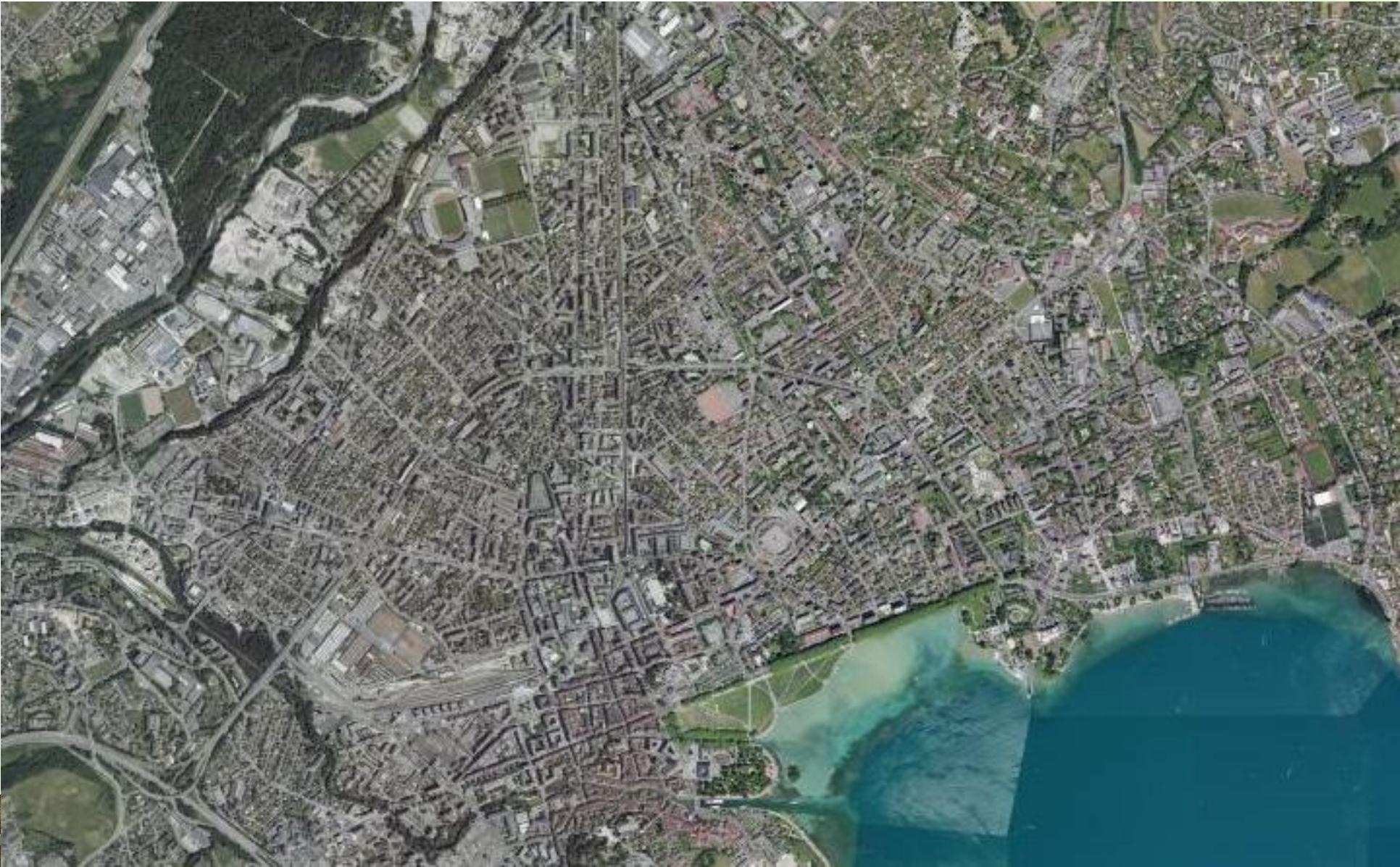
Sydney 2008



Urbanisation



Urbanisation



Irrigation



Pollution



Compaction



Compaction



Compaction



Imperméabilisation



© CG 30

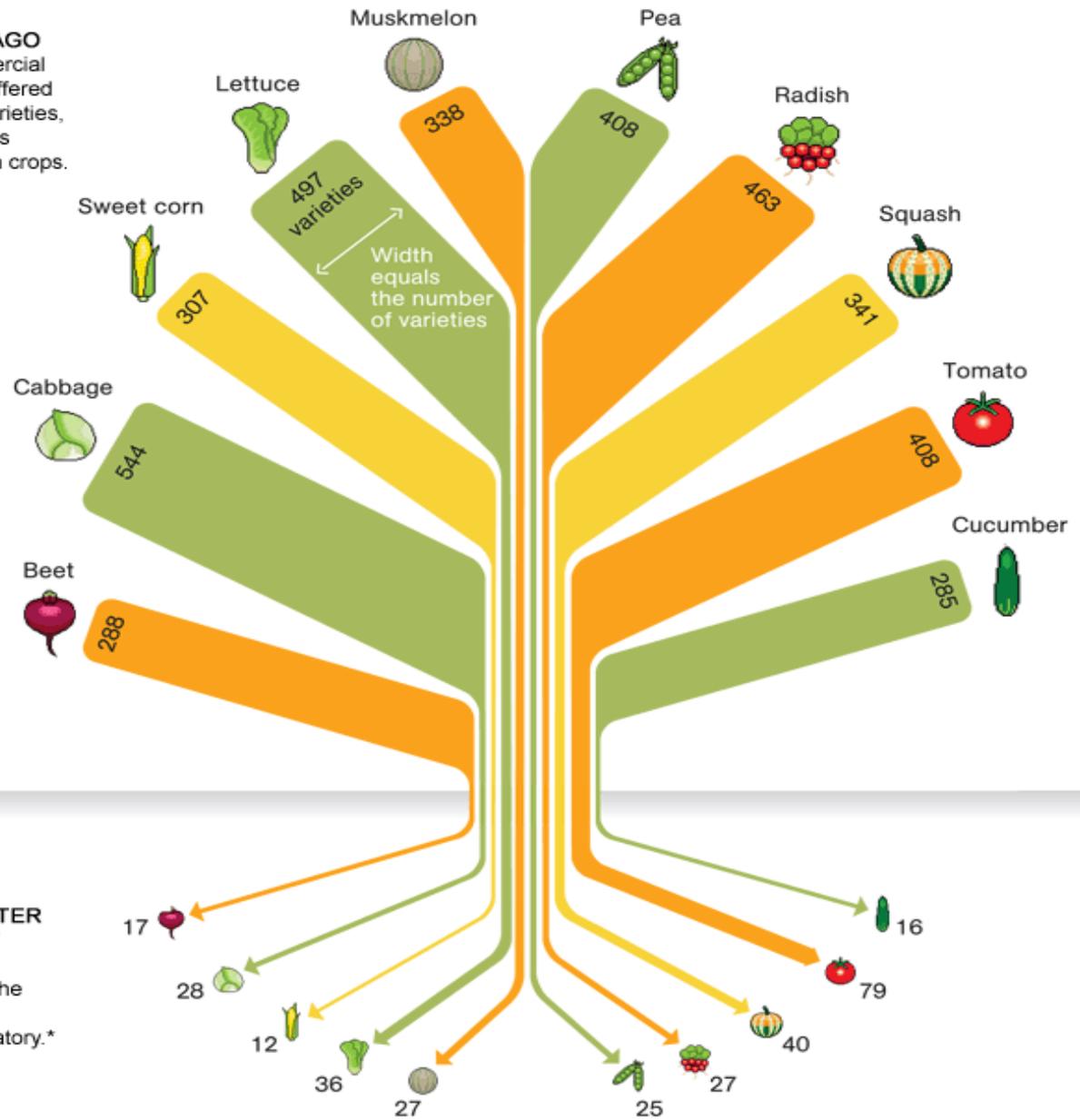
Inondations de décembre 2003 sur le Rhône aval



Perte de Biodiversité



A CENTURY AGO
 In 1903 commercial seed houses offered hundreds of varieties, as shown in this sampling of ten crops.



80 YEARS LATER
 By 1983 few of those varieties were found in the National Seed Storage Laboratory.*

* CHANGED ITS NAME IN 2001 TO THE NATIONAL CENTER FOR GENETIC RESOURCES PRESERVATION

JOHN TOMANIO, NGM STAFF. FOOD ICONS: QUICKHONEY SOURCE: RURAL ADVANCEMENT FOUNDATION INTERNATIONAL

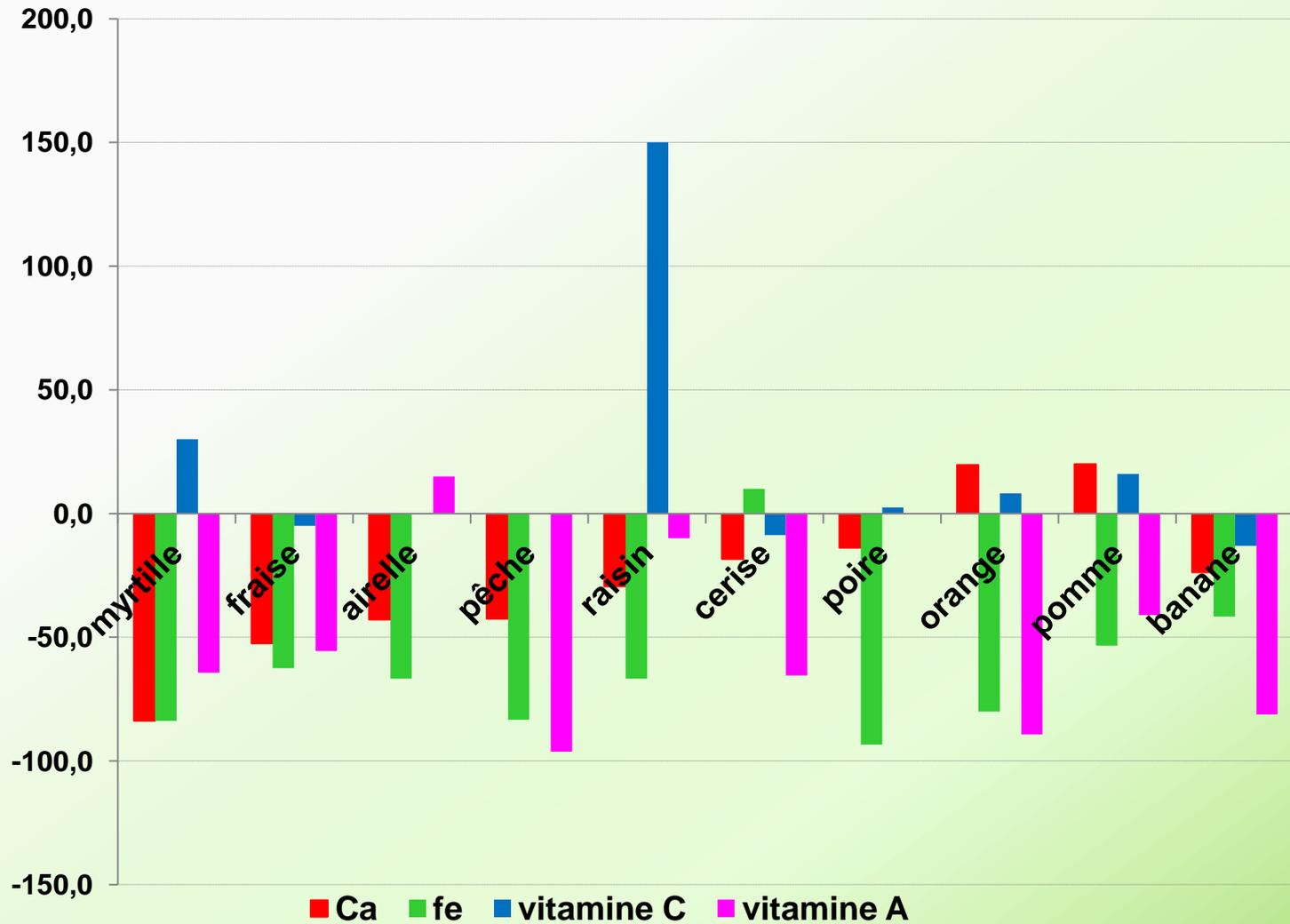


La biodiversité agricole

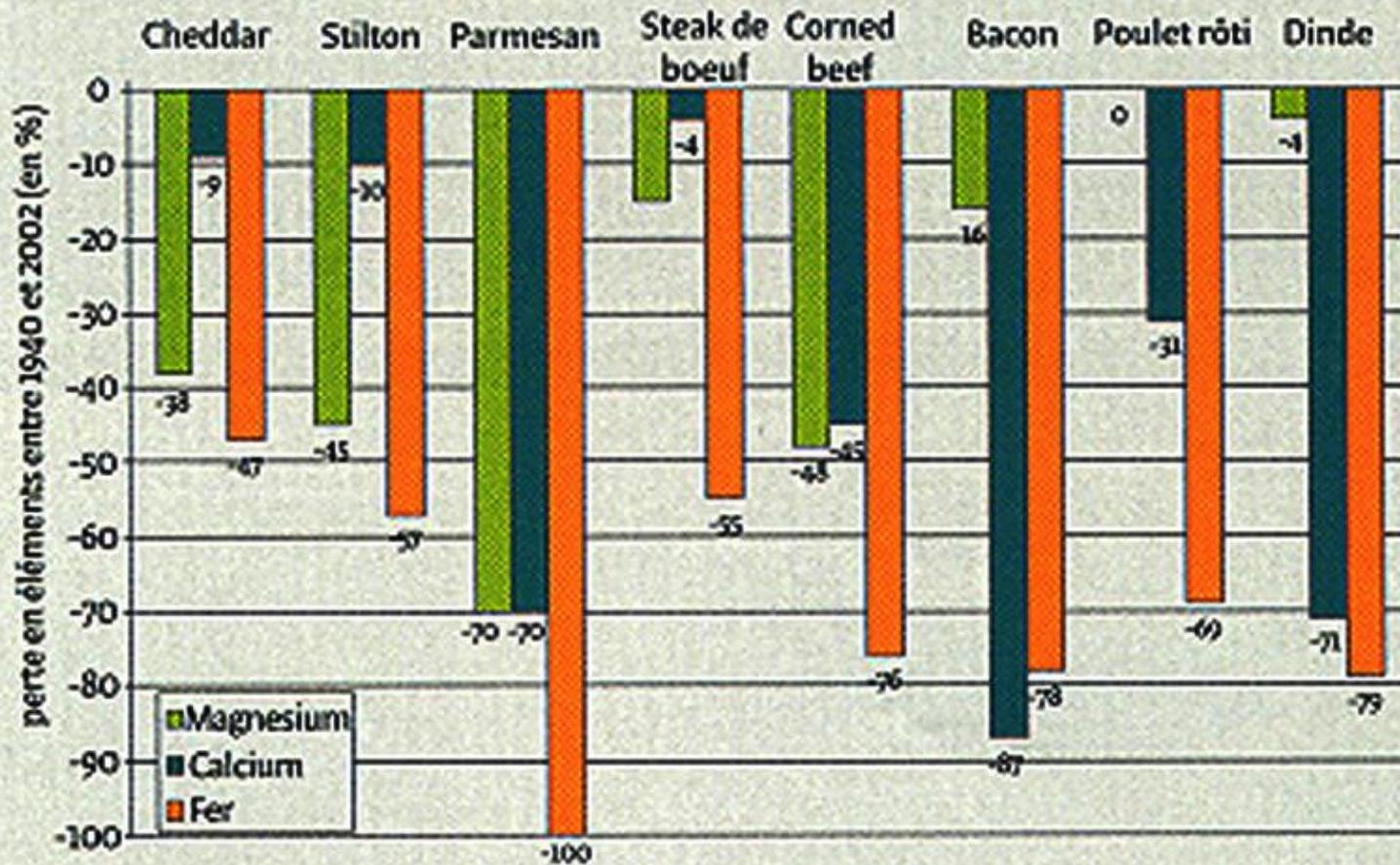
12 espèces végétales + **5** espèces animales
=
75 % des aliments sur Terre



Comparaison des ecart en % entre 1951 et 1999.



BASSE QUALITATIVE DES ALIMENTS ENTRE 1940 ET 2002



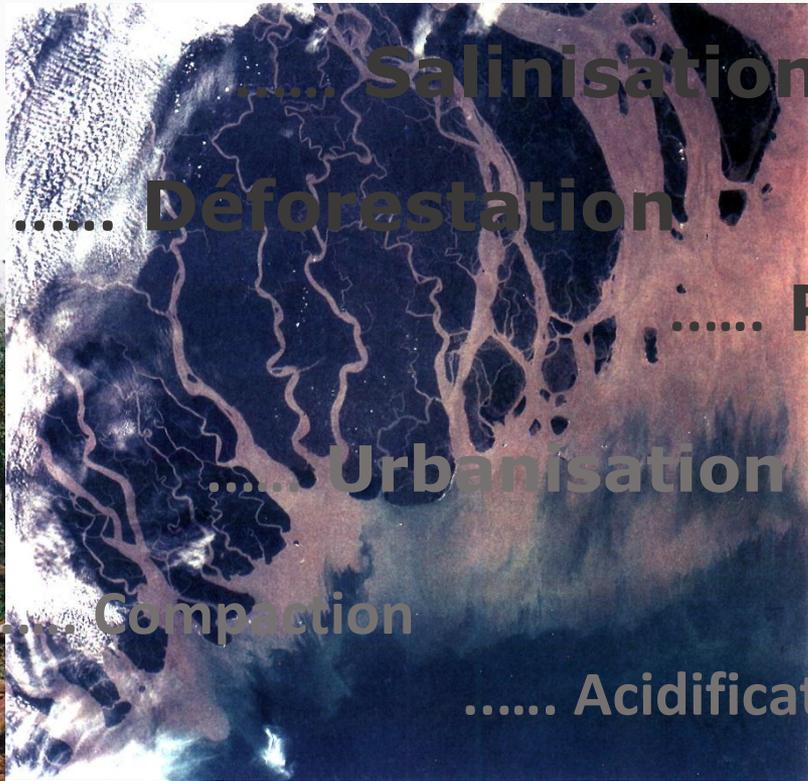
tiré de TCS n°48



Etat des lieux

Des causes multiples.....

.....l'Erosion hydrique et éolienne



Enjeux planétaire

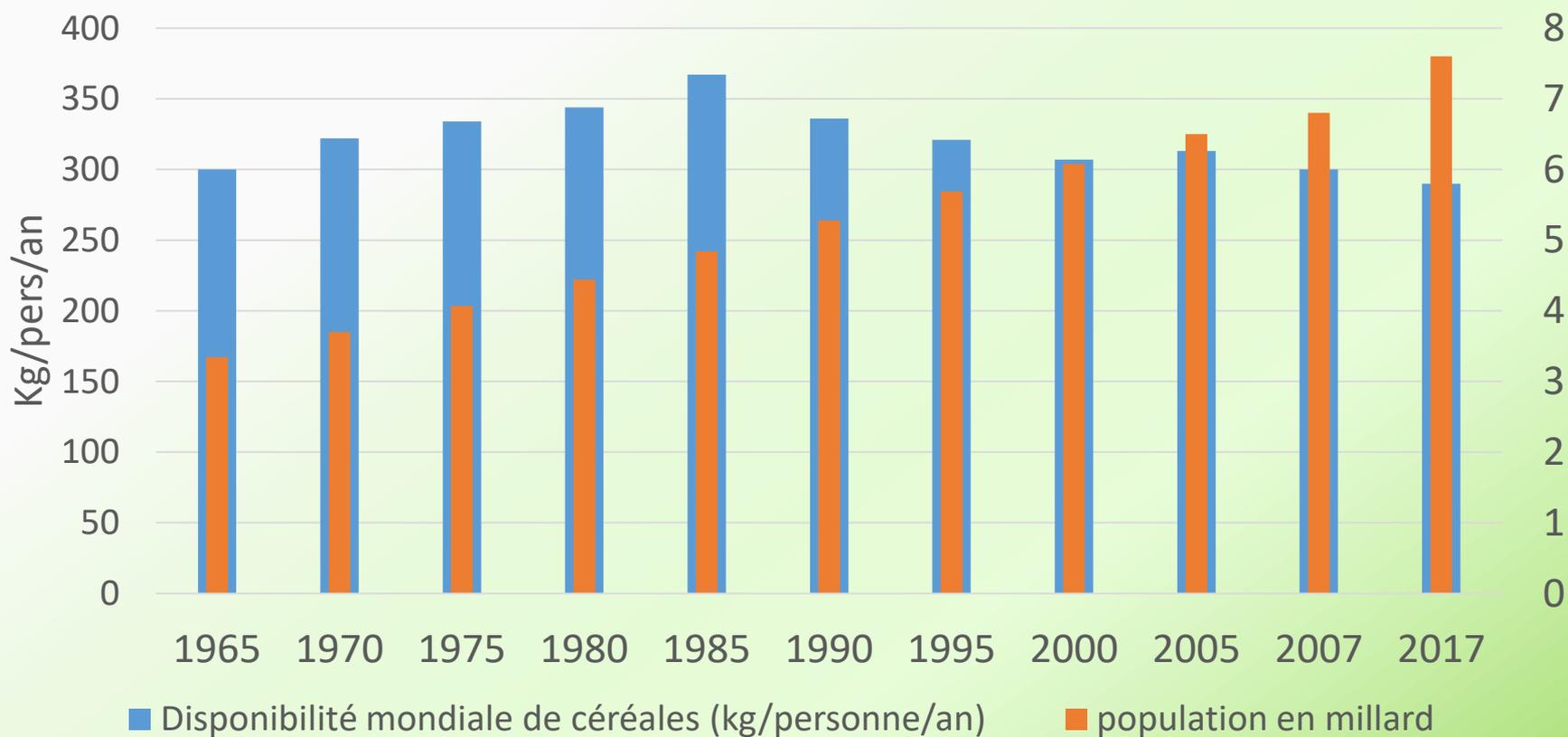


La préservation des sols

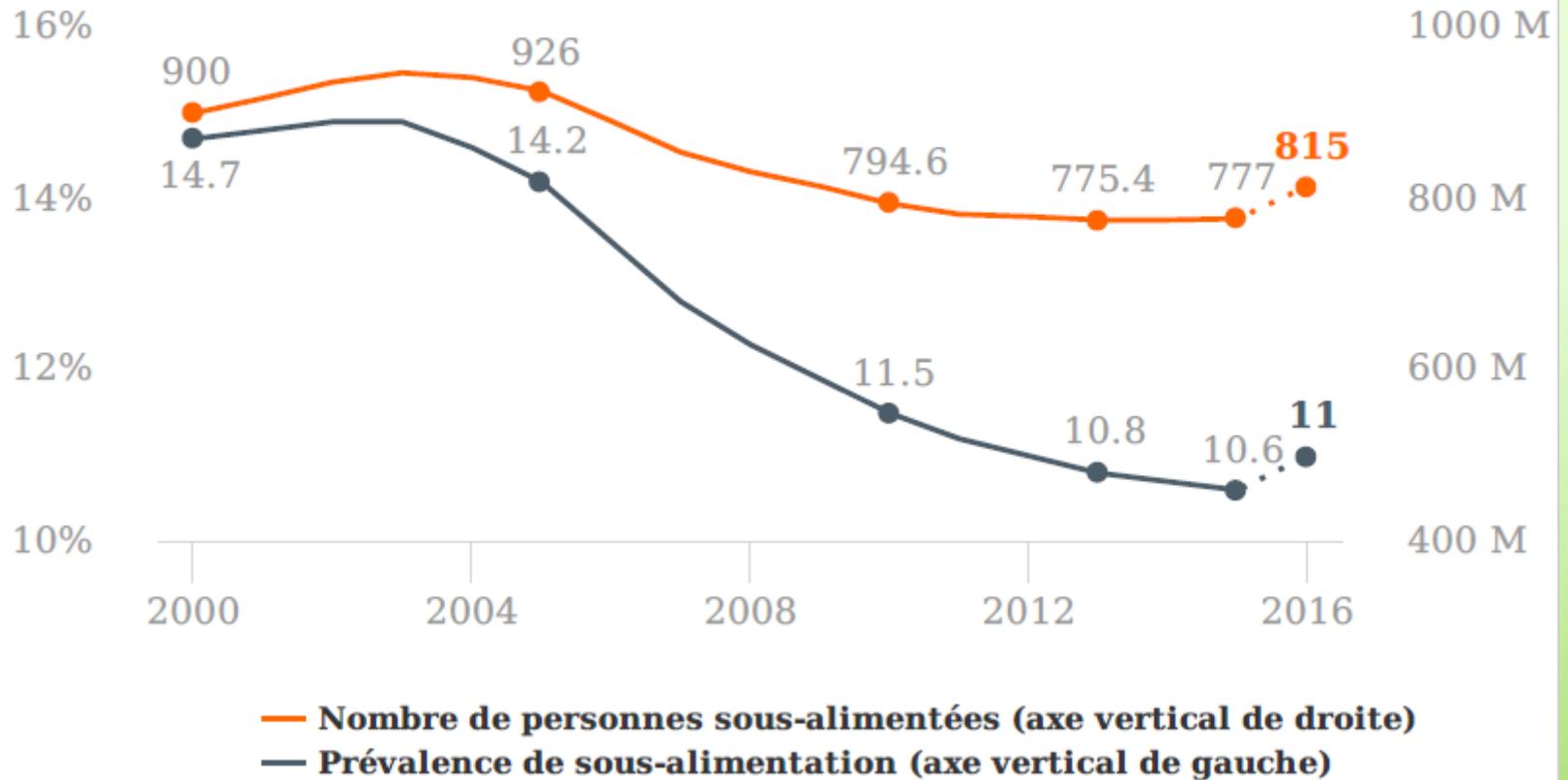


Population mondiale et disponibilité en céréales

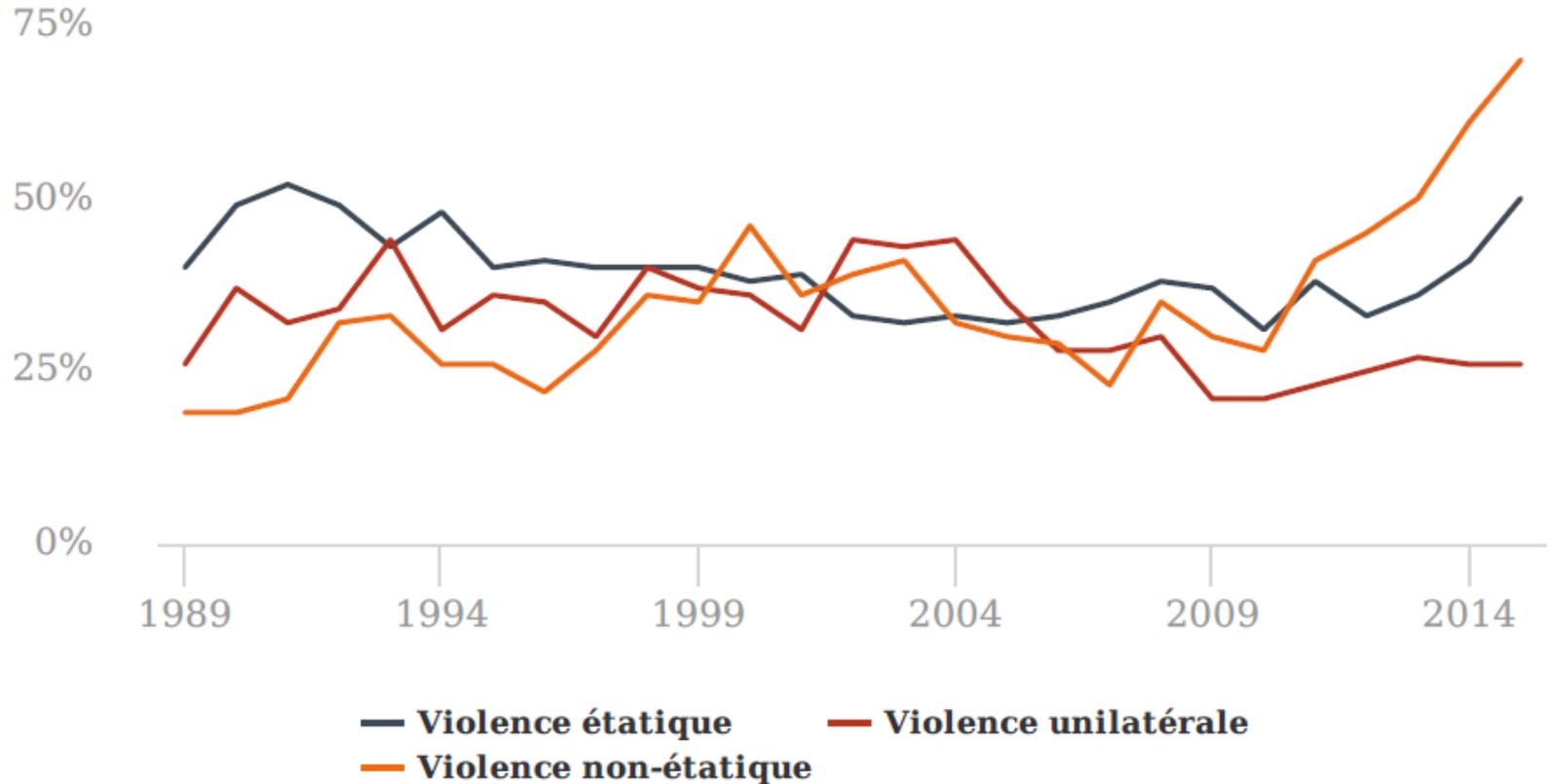
FAOSTAT © *fao* Statistic division 2017



Le nombre de personnes sous-alimentées est reparti à la hausse en 2014 et s'élèverait à 815 millions en 2016



Hausse prononcée du nombre de conflits depuis 2010



SOURCE : Uppsala Conflict Data Program (UCDP)
(Programme d'Uppsala sur les données relatives aux conflits).



Genève Février 2018



Le fonctionnement des sols

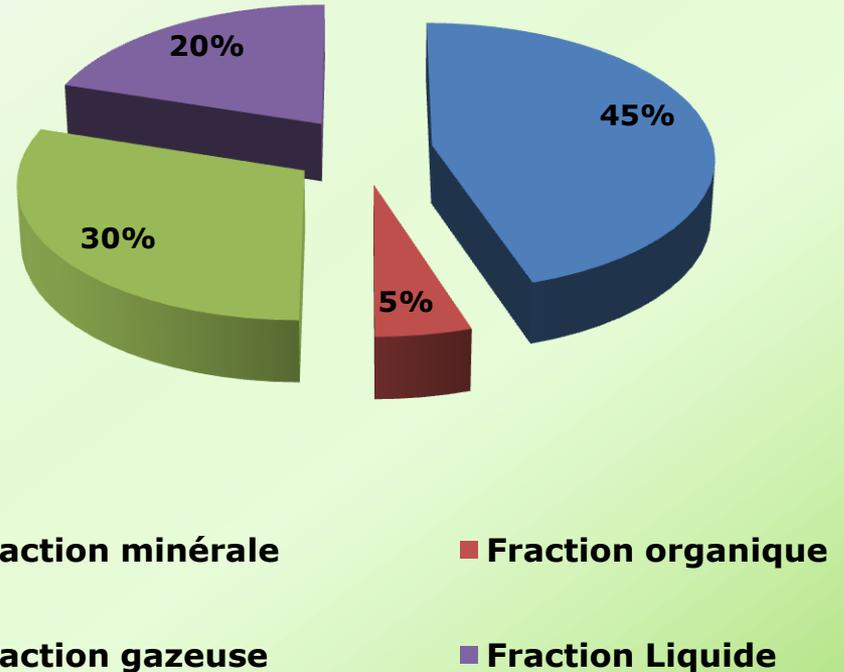
L'équipe du LAMS représentée
par Dr Emmanuel BOURGUIGNON



Les Bases

Milieu multifonctionnel

- **Biodiversité la plus élevée**
- **Réservoir et lieu de transformation des MO et MM**
- **Régulateur des flux sur la planète**
- **Systeme épurateur**



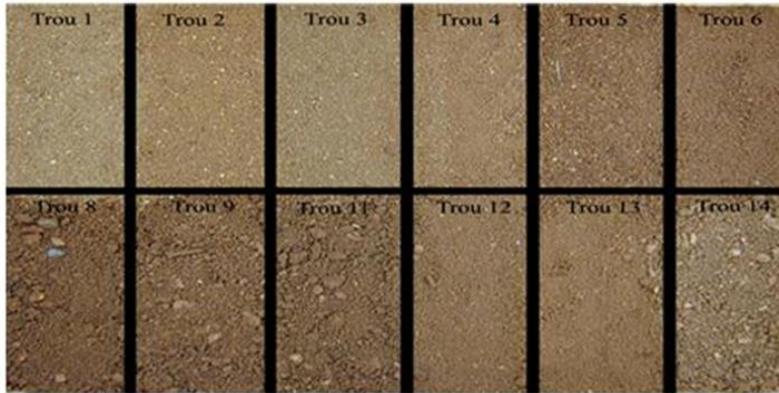
Les Bases

- **Milieu très organisé**
- **Dynamique= Pedogénèse**
- **Influencé par le climat, la vie, l'homme**
- **Milieu organo-minérale**
- **Liens fragiles entre la MO et le monde minéral**



Les Bases

Les horizons de sol:



Horizons de surface (A) souvent homogènes



Horizons profonds (C) souvent hétérogènes



La pédologie

Cambisol



Gleysol



Luvisol



Histosol



Différents horizons viennent définir le sol: histic, cambic, gleyic, fulvic, etc...

Vassili Dokoutchaïev

inventeur de la pédologie vers 1870-1880



Connaître son sol

L'analyse de sol

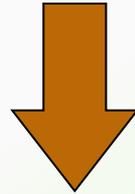
- Caractériser la MO
- Caractériser les argiles
- Mesurer l'activité biologique
- Mesurer la faune
- Le pH
- La fertilité agronomique



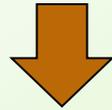
Les Bases



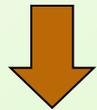
Roche mère



Pierre



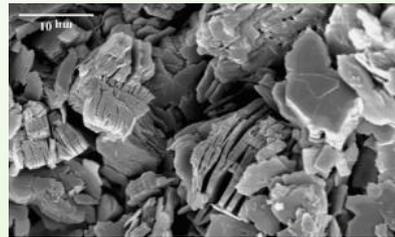
Gravier + Sable



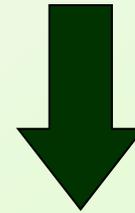
Limons



Argiles⁻



Litière



**Décomposition
biologique**



Polymérisation



Humus⁻



Les bases

La composition de l'eau est impactée:



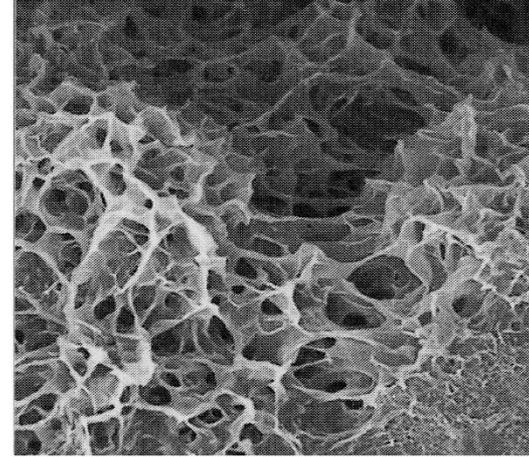
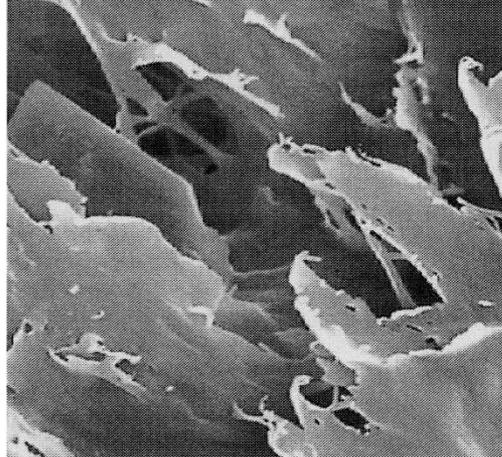
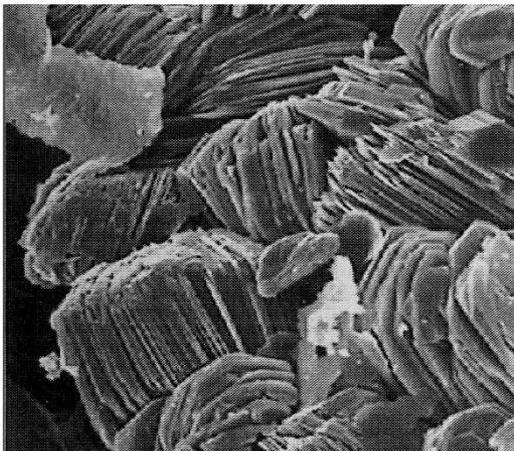
	Résidu sec à 180°C	pH	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ³⁻	NO ₃ ³⁻
Mont Roucous	25	5,8	3,1	2,4	0,5	2	6,3	3
Vittel	844	7,3	5	203	43	328	399	4,3
Hépar	2513	7,2	14,2	549	119	1530	383	4,3



La Fraction Minérale

Les Argiles: Silicates d'Alumine (Si et Al)

- Ecorce terrestre: **O = 46%** / **Si = 28%** / **Al = 8%** / **Fe = 5%**
- Elles possèdent une surface interne (SI).
- La SI des argiles varie entre 30 m²/g et 800 m²/g.
- A l'intérieur de ces feuillets se trouve la CEC.



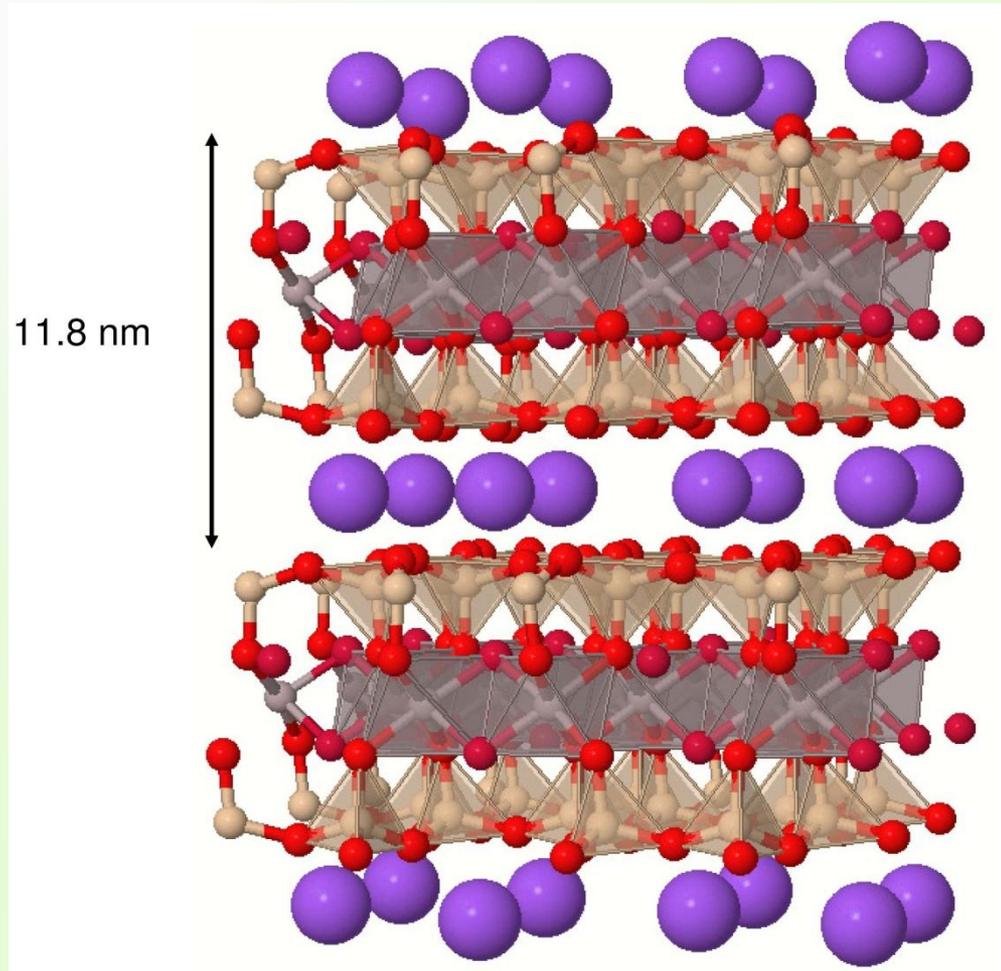
La Fraction Minérale

Les Groupes d'argiles

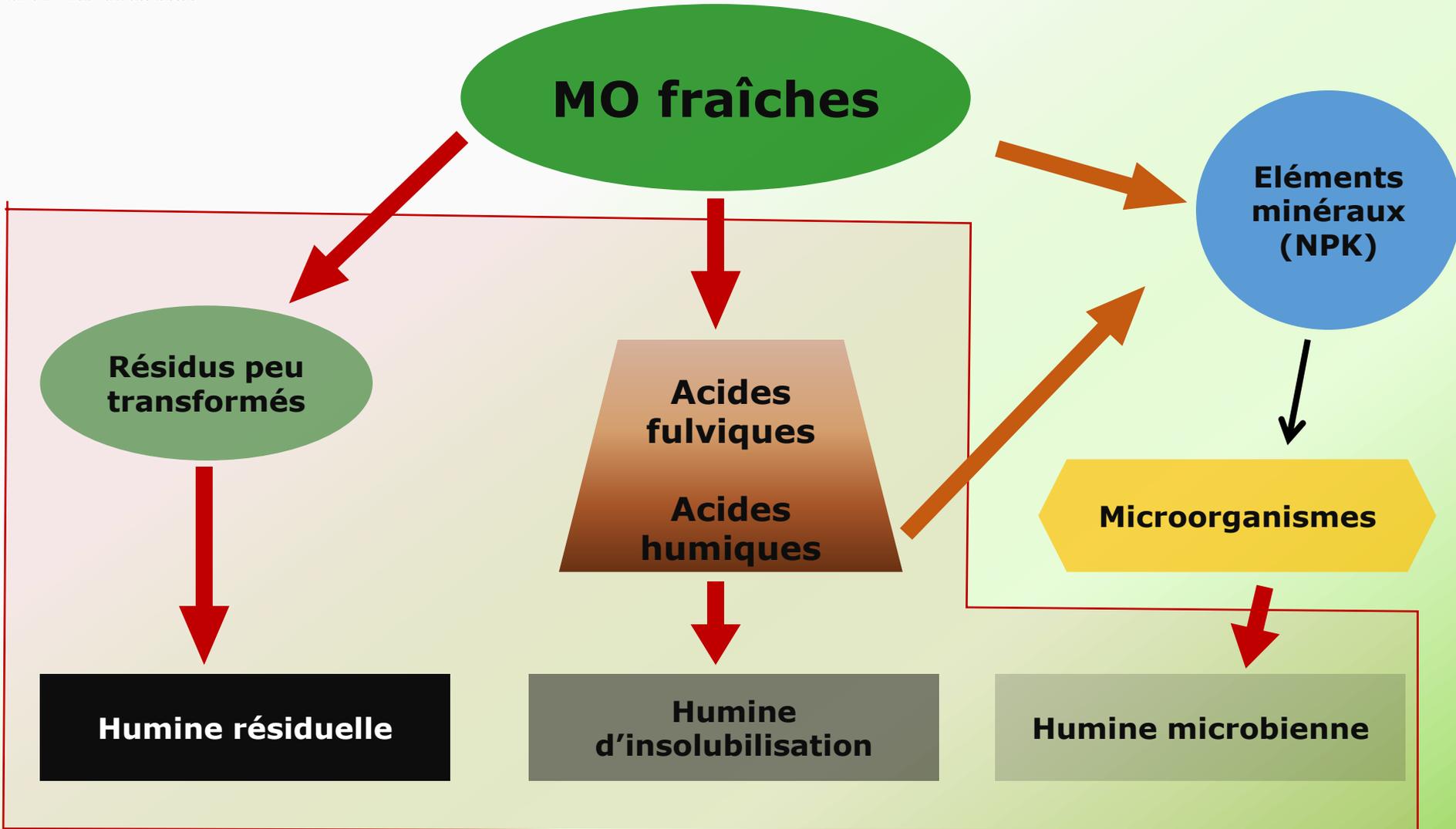
Kaolinite : CEC faible, capacité moyenne d'adsorption de l'eau

Smectites : CEC élevée, forte capacité d'adsorption de l'eau (ex: Montmorillonite)

Illites: Site inter-foliaire est plus complet. Il s'agit d'un mica fortement hydraté. CEC moyenne.



La Fraction organique



La Fraction organique

- **La minéralisation:** (bactéries) nutrition de la plante.



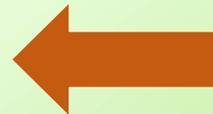
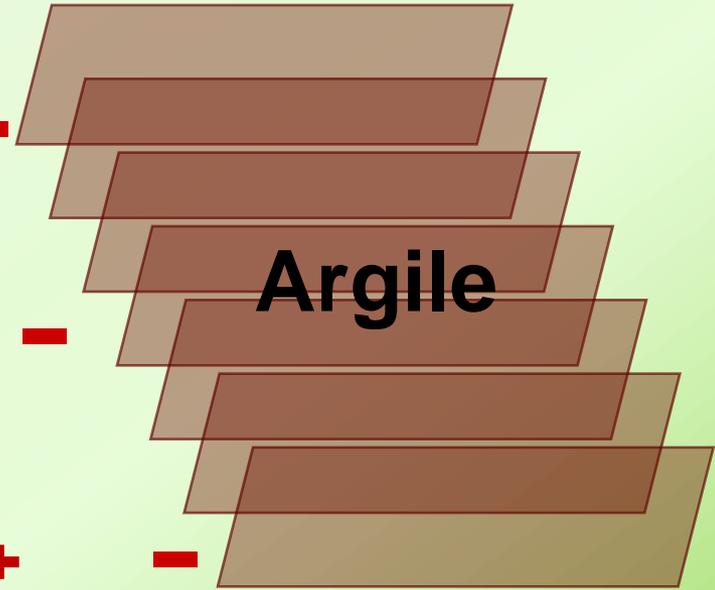
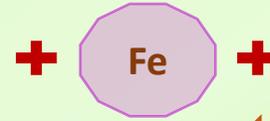
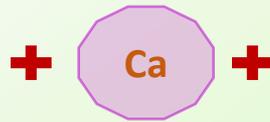
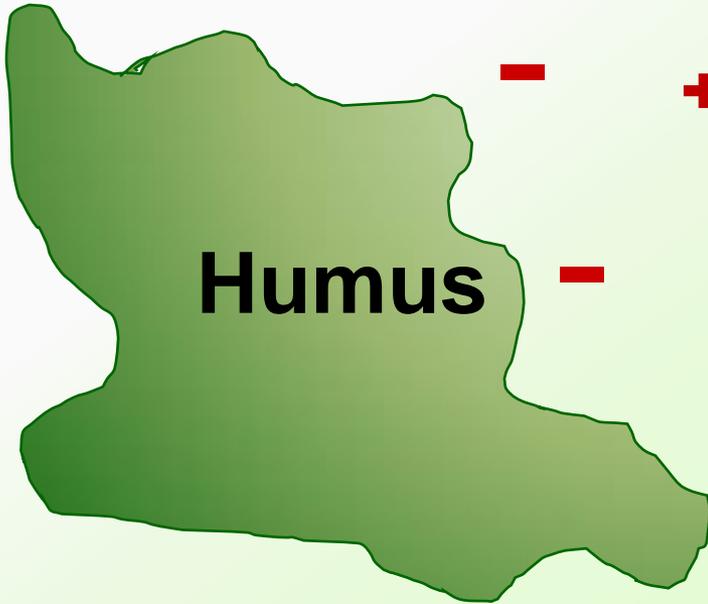
- **L'humification:** (champignons) nutrition du sol.



Complexe Argilo-Humique

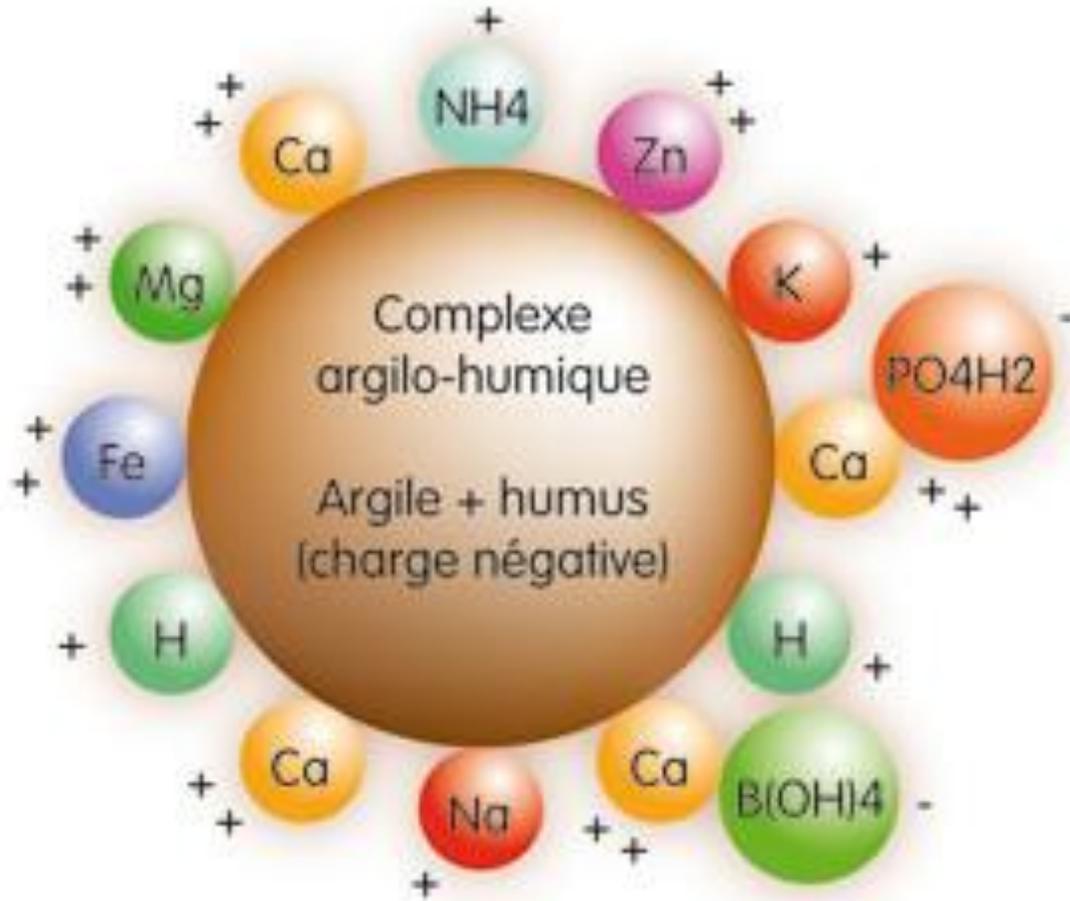
Dégradation de la MO
physico-chimique + biologique

Dégradation des roches
physico-chimique + biologique



Complexe argilo-humique

Effet réservoir mobilisateur



Capacité d'échange en cations (ANSTETT 1960) méq/100g

Humus
600-800

Argile
50-150

Tourbe
50-100

Sable
10-40



Biodiversité des sols



Collemboles



Acaridans



Vers de terre et autres





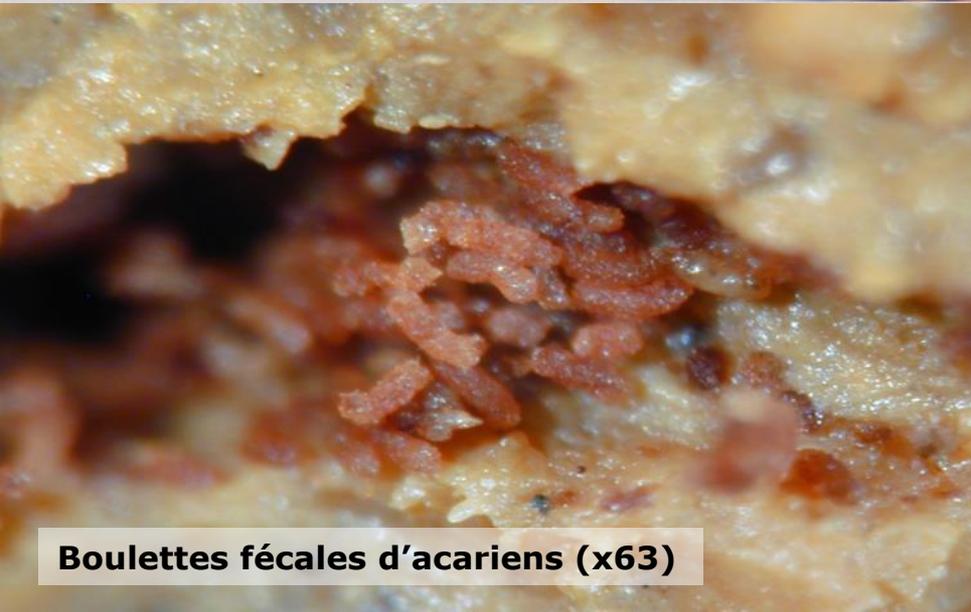
Biodiversité des sols



Boulettes fécales d'enchytreïdes(x63)



Boulettes fécales d'enchytreïdes (x10)



Boulettes fécales d'acariens (x63)



Boulettes fécales de vers épigé (x45)

Biodiversité des sols



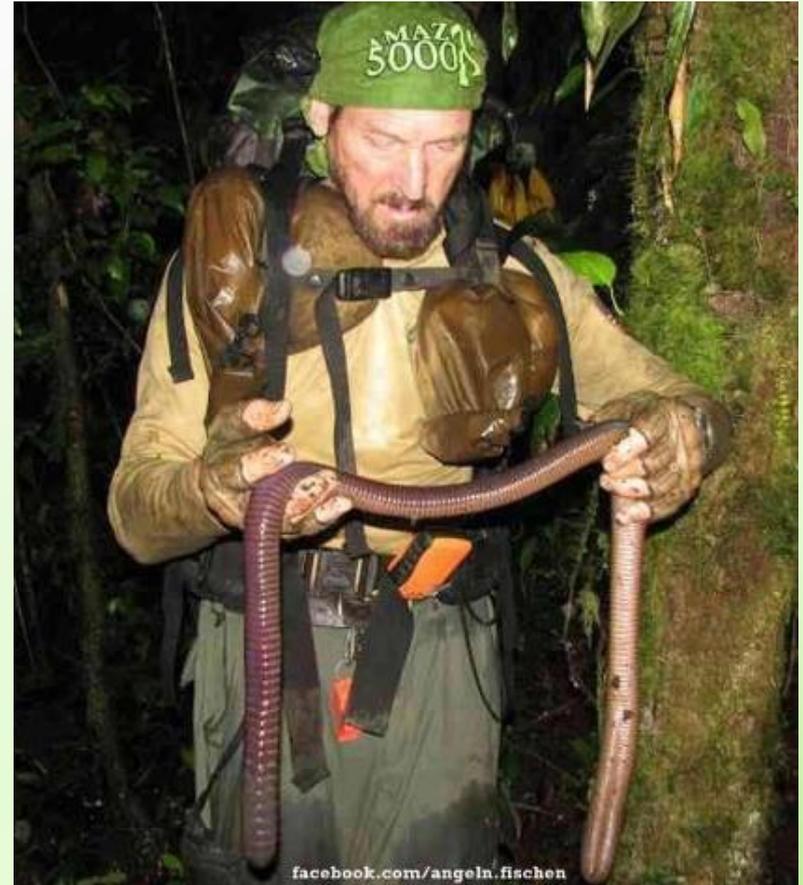
Biodiversité des sols



Le cas des tropiques



Biodiversité des sols



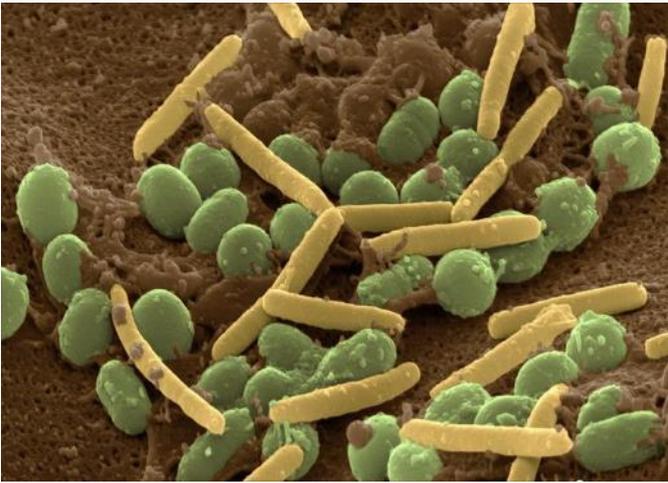
1882 Darwin disait (p 256):

« La charrue est une des inventions les plus anciennes et les plus importantes de l'homme, mais longtemps avant qu'elle n'existe, le sol était labouré régulièrement par les vers de terre et il ne cessera jamais de l'être encore. »

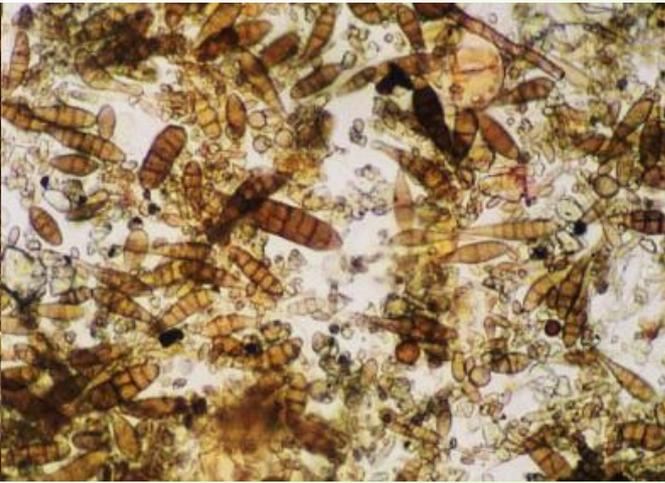


Biodiversité des sols

1 g de sol



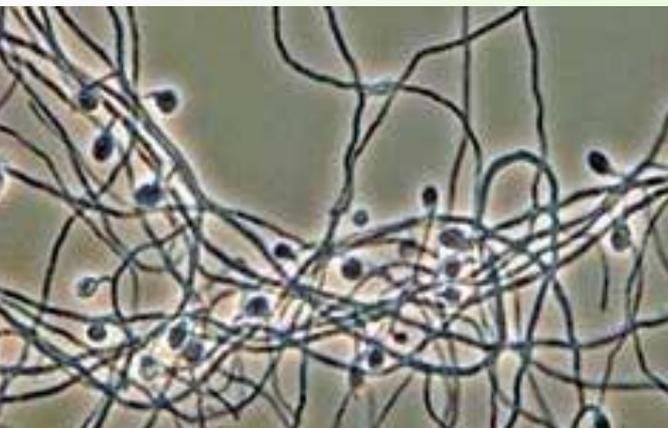
Bacterie = 10^6 à 10^9



Champignon = 10^4 à 10^6



Levure = 10^2 à 10^4



Actinomycetes = 10^4 à 10^8



Protozoaire = 10^3 à 10^6



Algue = 10^2 à 10^4

Biodiversité des sols



Basidiomycetes

Principaux décomposeurs de la lignine



Mycorrhiza

Champignon symbiotique



Plan

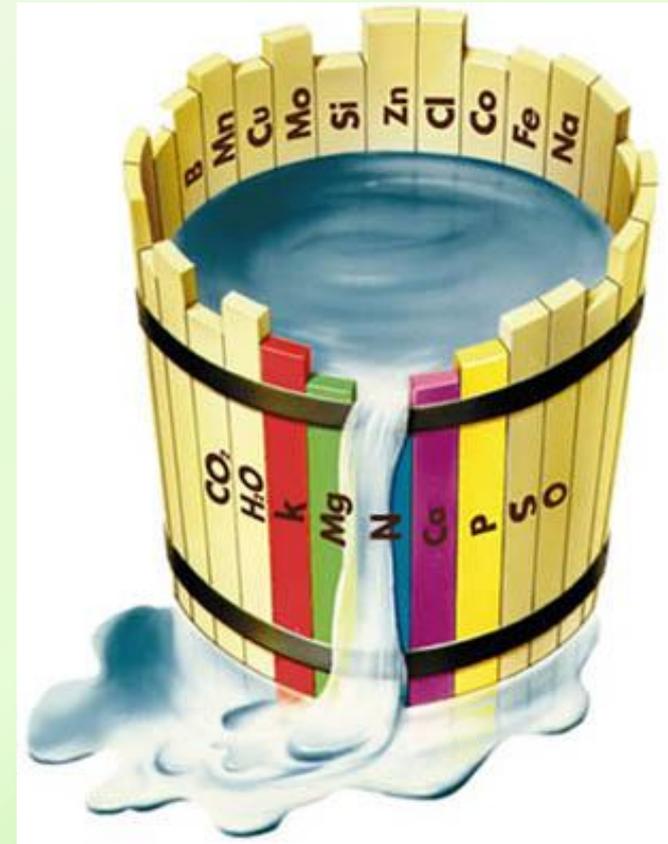
- **Les bases du sol**
- **Fertilité des sols**
- **Nutrition des plantes**
- **Terroir et pratiques culturales pérennes**



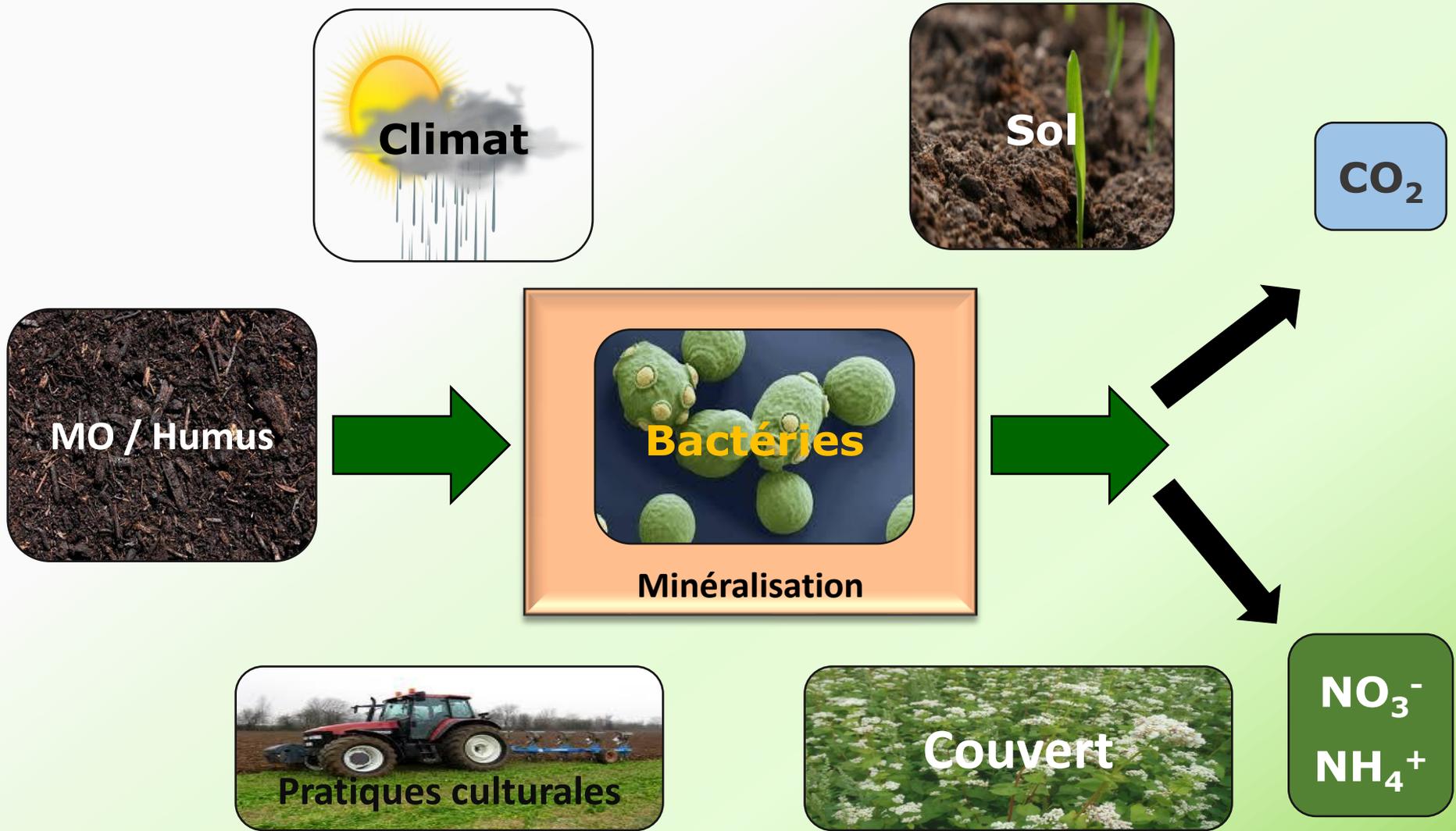
Fertilité des sols

Facteurs impactants:

- Géologie, climat, végétation
- Teneur en éléments nutritifs
- Texture du sol
- CEC du sol et pH
- Disponibilité en eau
- Porosité du sol = O_2
- Activité biologique



Fertilité des sols



Fertilité des sols

Facteurs impactants la minéralisation de la MO:

1. La teneur en argile du sol
2. La teneur en CaCO_3 du sol
3. Le type de fertilisation et de MO/humus (Farine de plumes = + 50% /ha/an de Minéralisation de N après 5 ans)
4. Humidité du sol (max a la Capacité au champ et min au Pf)
5. Température du sol: $T^\circ\text{C}$ ↗ 10°C alors minéralisation x 3
6. Le pH du sol (pH acide et basique minéralisation faible)
7. L'activité microbienne et aération du sol



Plan

- **Les bases du sol**
- **Fertilité des sols**
- **Nutrition des plantes**
- **Terroir et pratiques culturales pérennes**



Nutrition des plantes

1. Atmosphere:

94% de la matière sèche

3 atomes prélevés:

Carbone, Oxygène, Hydrogène



2. Sol:

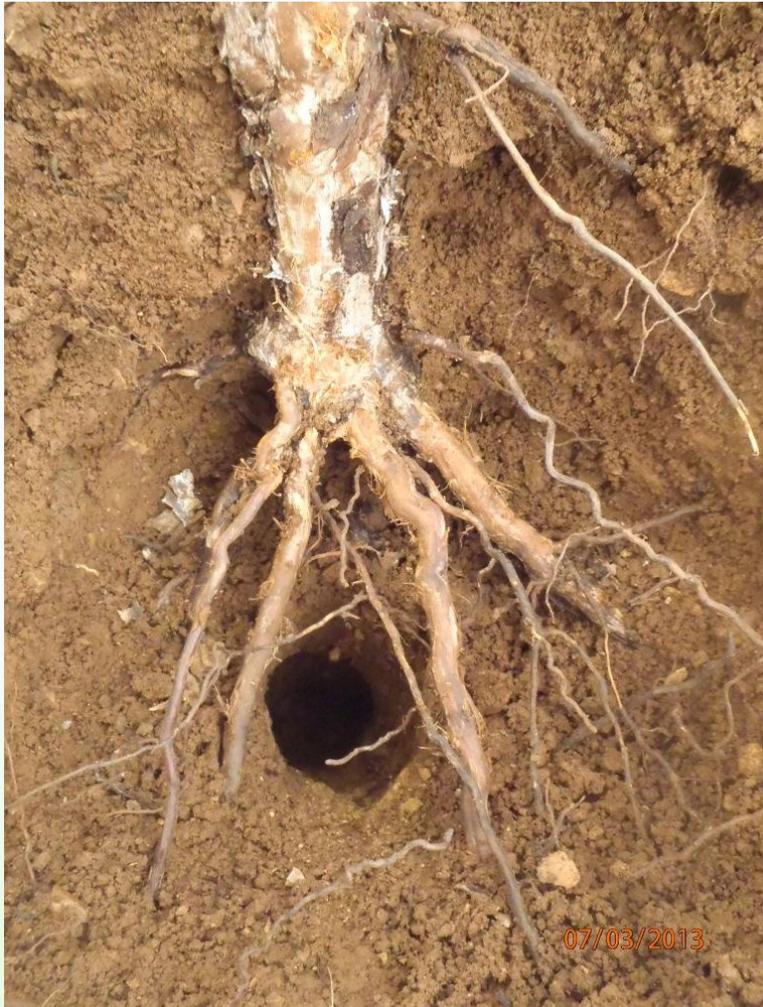
6% de la matière sèche

23 atomes prélevés:

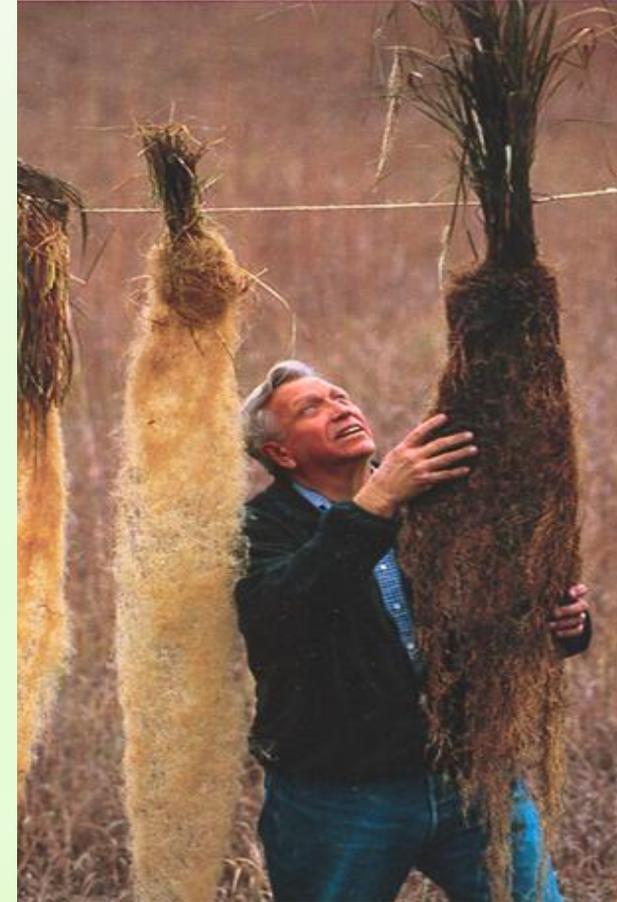
Azote, Phosphore, Fer, etc...



Nutrition des plantes



Nutrition des plantes



Développement du système racinaire de différentes céréales (John E. Weaver).

Orge = 1,6 m

Blé = 1,9m

Maïs = 1,5m



Interactions sol-plantes-microbes

- Il existe un endroit dans le sol où cette interaction est à son maximum:

La rhizosphère

- Il s'agit du sol sous l'influence directe de la racine (~5mm)
- C'est le « moteur » / « bioréacteur » du sol
- C'est le « Hot spot » de la biodiversité microbienne.



Les exsudats racinaires

Les petites molécules:

Acides organiques, Acides aminés, Sucres, Flavonoïds, Phytoalexins, Régulateurs de croissances

Les grosses molécules:

Protéines et enzymes, Mucilage

La biochimie des molécules excrétées par le système racinaire des plantes est encore mal connue.

L'impact sur les communautés microbiennes des sols est un champ infini d'exploration



Quels outils ?.....

Pour le mettre en valeur





Association de couvert

Mélange de Landsberger = Raygrass + Trèfle incarnat + Vesce



Association de couvert

L'effet cocktail

- **Augmentation de la biomasse**
- **Augmentation de la biodiversité**
- **Restructuration du sol sur différentes profondeurs**
- **Fertilisation du sol accrue**
- **Meilleure couverture du sol**
- **Concurrence plus forte vis-à-vis des adventis**
- **Levée du semis garantie**



Les légumineuses

Importante fixation d'Azote kg/ha

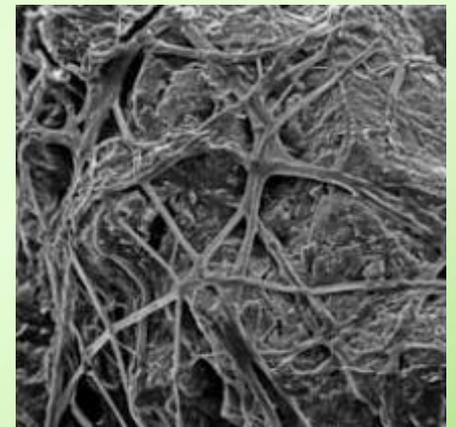
Espèce	Min - max	Moyenne
Trèfle	45 - 670	250
Luzerne	90 - 340	250
Féverole	100 - 300	200
Pois	50 - 500	150
Lupin	140 - 200	150
Soja	60 - 300	100
Lentille	50 - 150	80



Destruction des couverts Rolo faca



Le monde microbien



Une complexité et une diversité folle.....



La biodiversité agricole

Le système agro-sylvo-pastoral



Agrologie

« La difficulté n'est pas de comprendre les idées nouvelles, mais d'échapper aux idées anciennes »

John Maynard Keynes

Vers de nouvelles pratiques agronomiques?!



Respecter son sol

Les plantes des alliés précieux



- **Protection contre l'érosion**
- **Fertilisation douce des engrais verts**
- **Protection des porosités**



Respecter son sol

Gestion de l'humus



- **Apport compost et/ou broyage des sarments sains**
- **Stimulation de l'activité biologique**
- **Maintient du complexe argilo-humique**



Respecter son sol

Protéger la vie du sol



- **Limiter ou supprimer les pesticides/herbicides**
- **Créer des refuges , retrouver la biodiversité**
- **Nourrir la faune pour préserver la porosité**



Merci pour votre attention

