

Carrefours

de l'innovation
agronomique
2012

Évaluer et gérer
la fertilité des sols

Vendredi 6 avril 2012



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Les sols au carrefour des enjeux de sécurité alimentaire et de protection de l'environnement : Quels services attendus et quelles menaces ?

Guy RICHARD et Sylvain PELLERIN
Département Environnement et Agronomie

Introduction

Jusqu'en 1970 : Augmentation de la production agricole par une intensification de l'agriculture

→ **une agriculture qui produit (enjeu national)**

A partir de 1970 : Alerte sur la dégradation de certaines composantes de l'environnement : la qualité des eaux souterraines. Rapport Hénin (1980)

→ **une agriculture qui produit sans dégrader l'environnement**

Depuis :

- une dégradation de l'environnement qui s'amplifie : érosion de la biodiversité, changement climatique, pollution...

- des attentes vis-à-vis de l'agriculture qui se diversifient: agriculture multifonctionnelle (1990), services écosystémiques (2000)

→ **une agriculture qui produit et qui contribue à gérer l'environnement dans le cadre d'un développement durable de la planète (enjeu mondial)**

Services écosystémiques attendus de l'Agriculture

Approvisionnement

- aliments
- fibres, énergie...

Culturel

- paysage
- patrimoine...

Régulation

- climat (GES)
- inondation, crues
- qualité de l'eau, de l'air
- bioagresseurs...

Support

- cycles biogéochimiques (C, N, P...)
- cycle de l'eau
- cycles des xénobiotiques
- formation/disparition du sol
- biodiversité

Processus écologiques

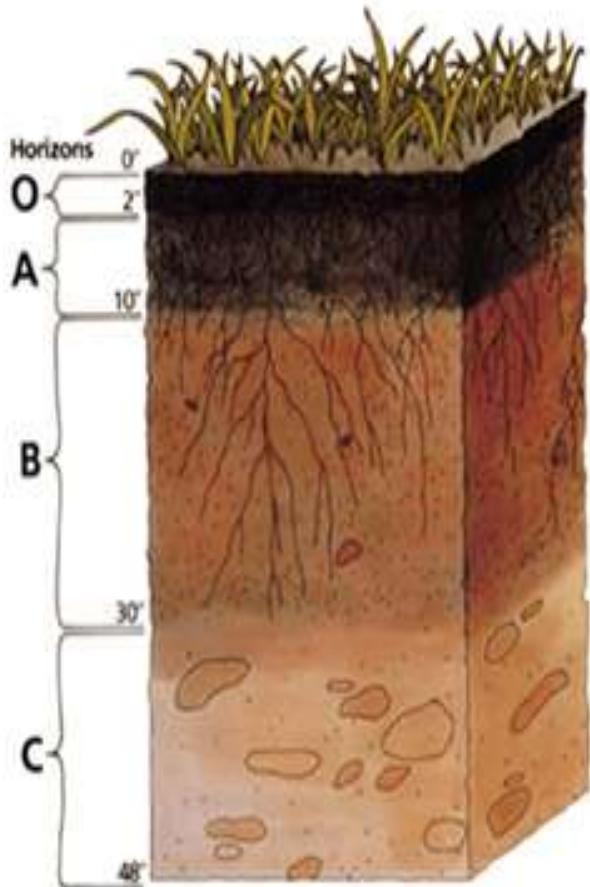
Ressources génétiques

Climat

Sol

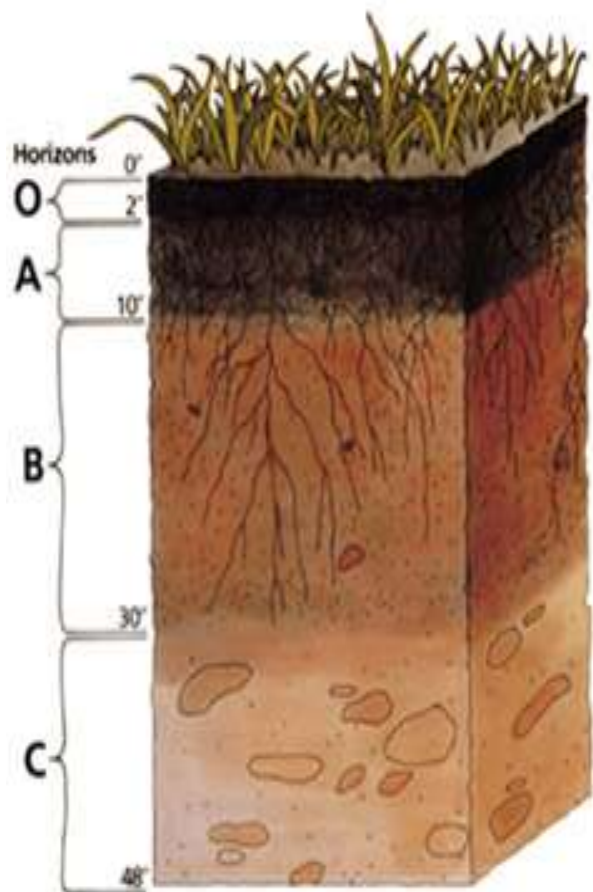
- Habitat
- Réacteur
- Support
- Réceptacle
- Source de matériaux
- Mémoire

Le sol : c'est quoi ?



- = la pellicule la plus superficielle de la croûte terrestre en interface avec l'atmosphère
- = le produit de l'altération, du remaniement et de l'organisation de la partie la plus superficielle de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges d'énergie qui s'y manifestent
- = l'épiderme vivant de notre planète, qui a permis l'expansion de la vie sur les continents

Les spécificités du milieu « sol »

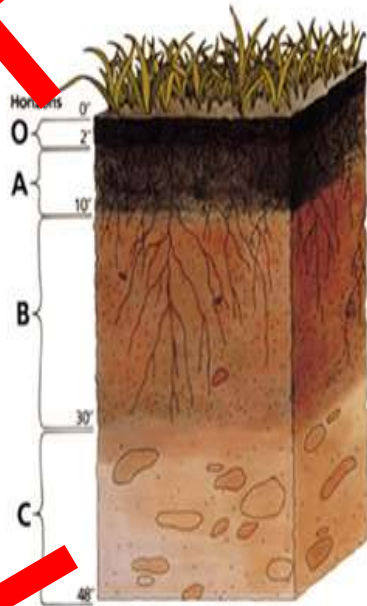


- Un milieu variable spatialement
- Un milieu complexe associant du minéral et de l'organique (99 et 1% en masse), des vides remplis d'eau ou d'air (50% en volume)
- Un milieu vivant avec une forte biodiversité :
260 millions d'individus par m²
1 million de géotypes bactériens par g de sol
- Un milieu évolutif : déformable, chimiquement et biologiquement réactif
- Un milieu fragile, non renouvelable à l'échelle humaine, limité, soumis à des fortes contraintes naturelles et anthropiques

Les fonctions des sols

L'eau

L'air



Le vivant

Fonctions reconnues

Production de biomasse

Stockage, filtration & transformation
de nutriments, substances et d'eau

Pool de carbone

Pool de biodiversité

Environnement physique et culturel

Source de matières premières

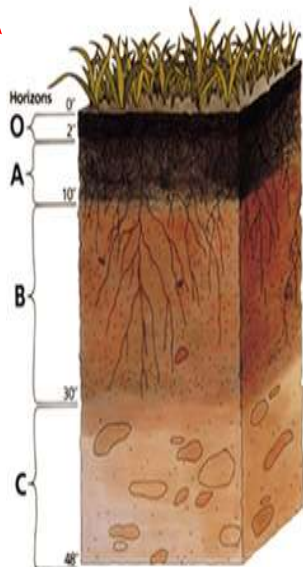
Héritage géologique et archéologique

CE (COM231/2006)

Les menaces sur les sols

L'eau

L'air



Le vivant

Menaces reconnues

- Diminution de la MO
- Tassement
- Salinisation
- Erosion
- Contamination
- Imperméabilisation
- Glissement de terrain

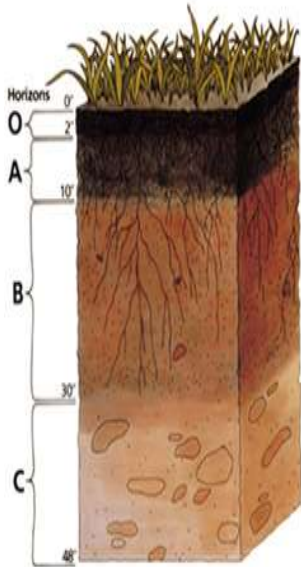
Agriculture, Industrie, Urbanisation

CE (COM231/2006)

Les menaces sur les sols

L'eau

L'air



Le vivant

Menaces reconnues

- Diminution de la MO
- Tassement
- Salinisation
- Erosion
- Contamination
- Imperméabilisation
- Glissement de terrain

Agriculture, Industrie, Urbanisation

CE (COM231/2006)

Sol et Agriculture

Agriculture

vendredi 29 février 2008

Usure des sols : l'homme s'est trop payé sur la bête



Les sols, un bien précieux malmené depuis une cinquantaine d'années. Comme ici en Australie au Nord-Ouest de Melbourne. Photo : William West.

Trop sollicitée, la terre s'épuise. Ce patrimoine est pourtant indispensable pour nourrir une planète qui comptera 9 milliards d'individus en 2050.

Le niveau d'alerte est atteint (1) : dans cinquante ans, les 9 milliards d'humains sur la terre, disposeront-ils suffisamment de terres arables, pour se nourrir ? L'urbanisation, l'augmentation des zones inondables, sont susceptibles de réduire les surfaces de terres arables disponibles pour l'agriculture. Les sols agricoles ont supporté depuis



Sol et Agriculture : une longue histoire

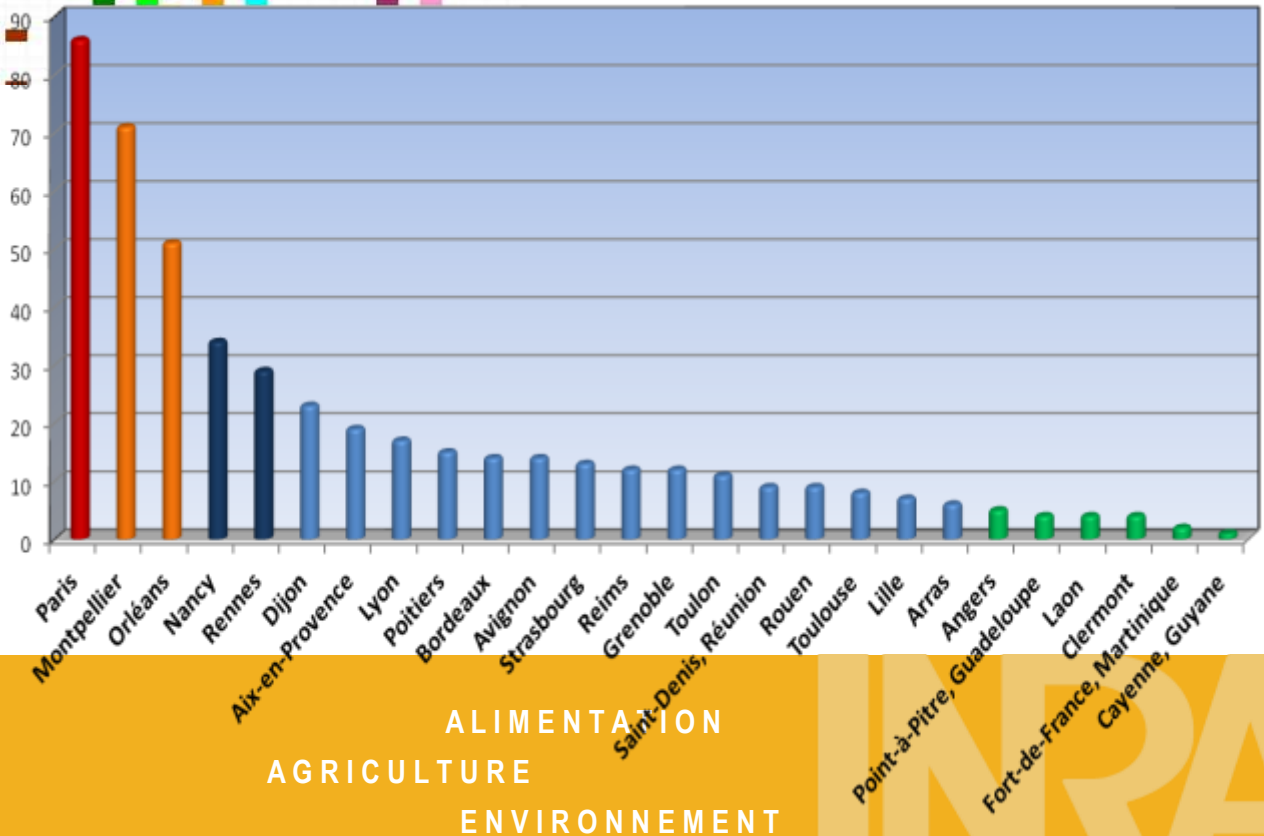
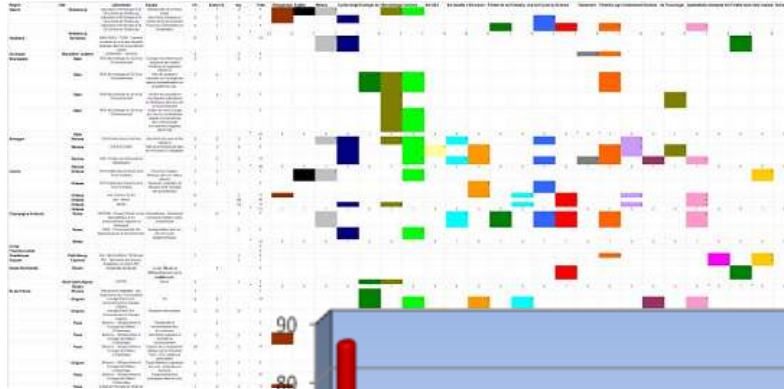
< Une intensification agricole excessive des sols qui aurait causé la perte de plusieurs civilisations :

- irrigation sur les rives de l'Euphrate (- 5000 ans)
salinisation et ennoyage des terres
- fragilité des « mollisols » mayas (-1000/ - 2000 ans)
érosion hydrique
- sédentarisation en Afrique subsaharienne
surpâturage et érosion éolienne

> Une utilisation par et pour l'agriculture qui a conduit à une amélioration de la qualité de certains sols :

- mise en valeur de la champagne crayeuse (autrefois « pouilleuse »)
- augmentation de la fertilité chimique au cours du 20^e siècle

La recherche sur les sols : Qui ?



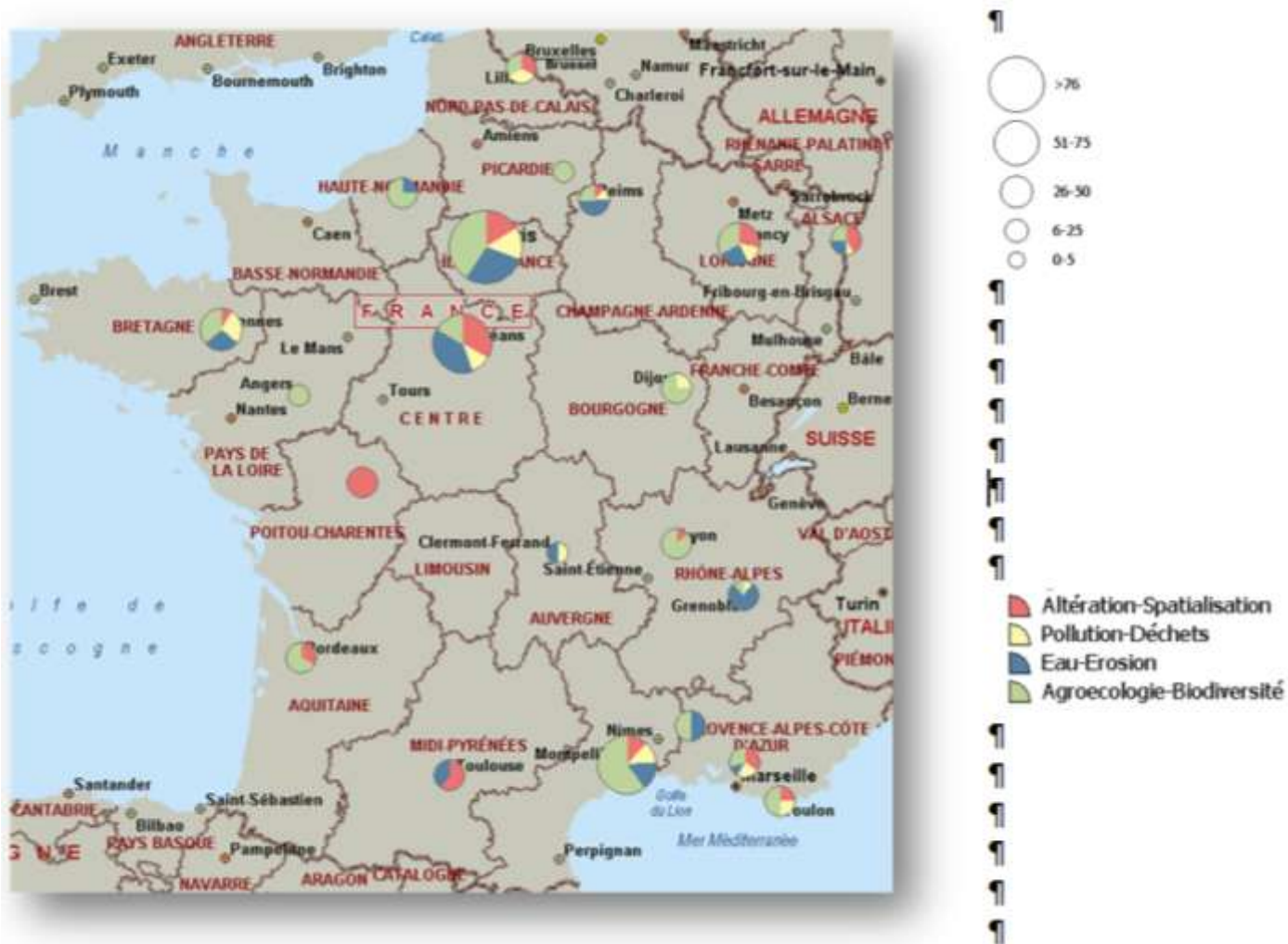
ALIMENTATION

AGRICULTURE

ENVIRONNEMENT



La recherche sur les sols : Qui ? Où ?



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

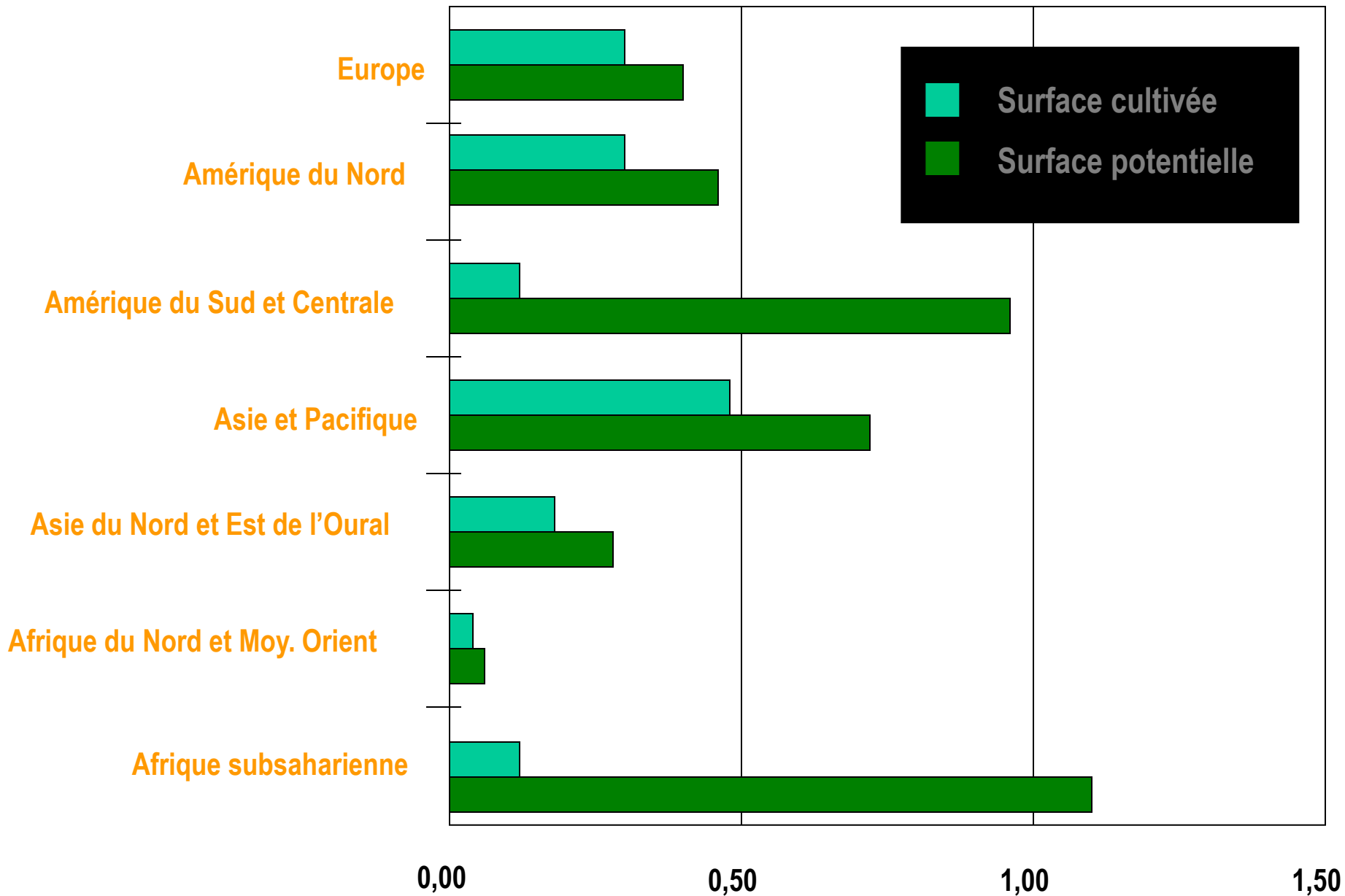


Le sol, au cœur des grands défis qui se posent à l'Agriculture

- Sécurité alimentaire mondiale
- Santé des consommateurs
- Changement climatique
- Raréfaction de l'énergie
- Pollution des milieux
- Eutrophisation
- Perte de biodiversité

Des compromis à trouver, dans un contexte de :

- de conflits d'usage : alimentaire/non alimentaire, urbain/rural, production/atténuation/protection
- d'engagements internationaux, européens, nationaux (Kyoto,...)
- de limitation des ressources : eau, phosphore, énergie
- d'exigence croissante des citoyens: réduction pesticides, sécurité sanitaire des produits

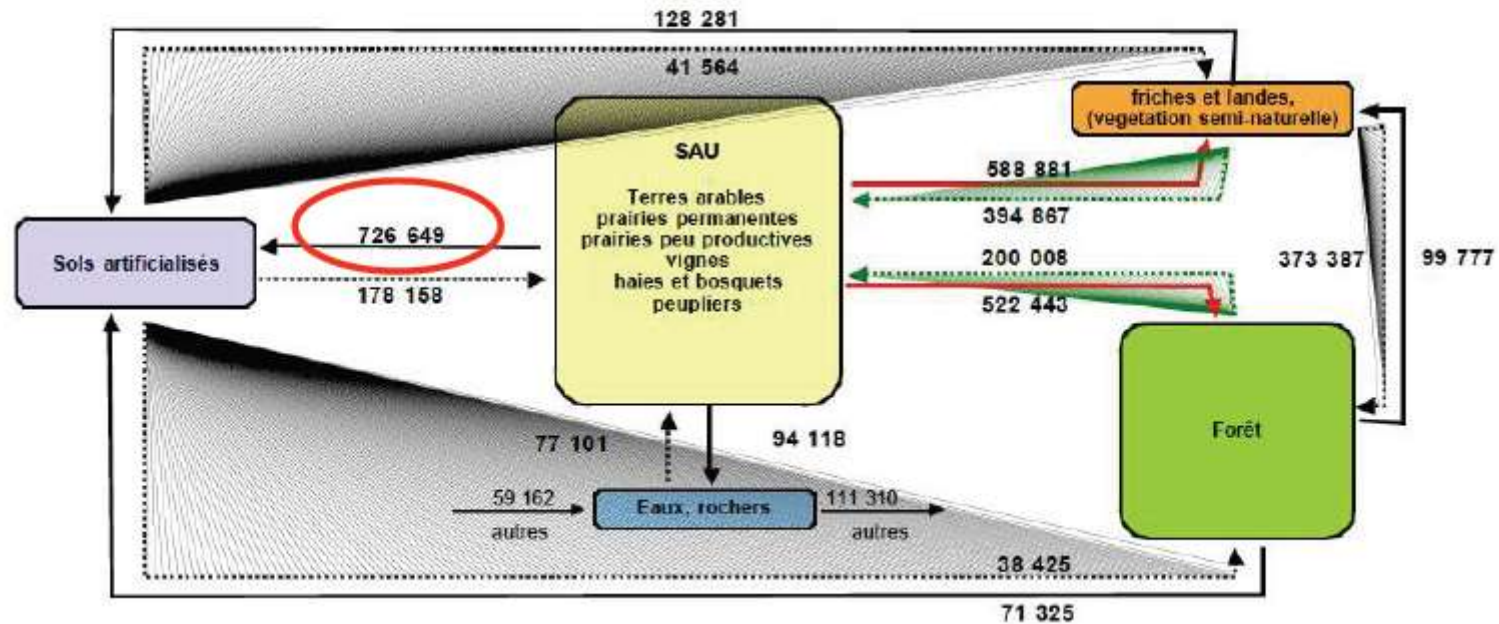


Surfaces cultivées et potentiellement utilisables en 1994 (FAO, 2000)

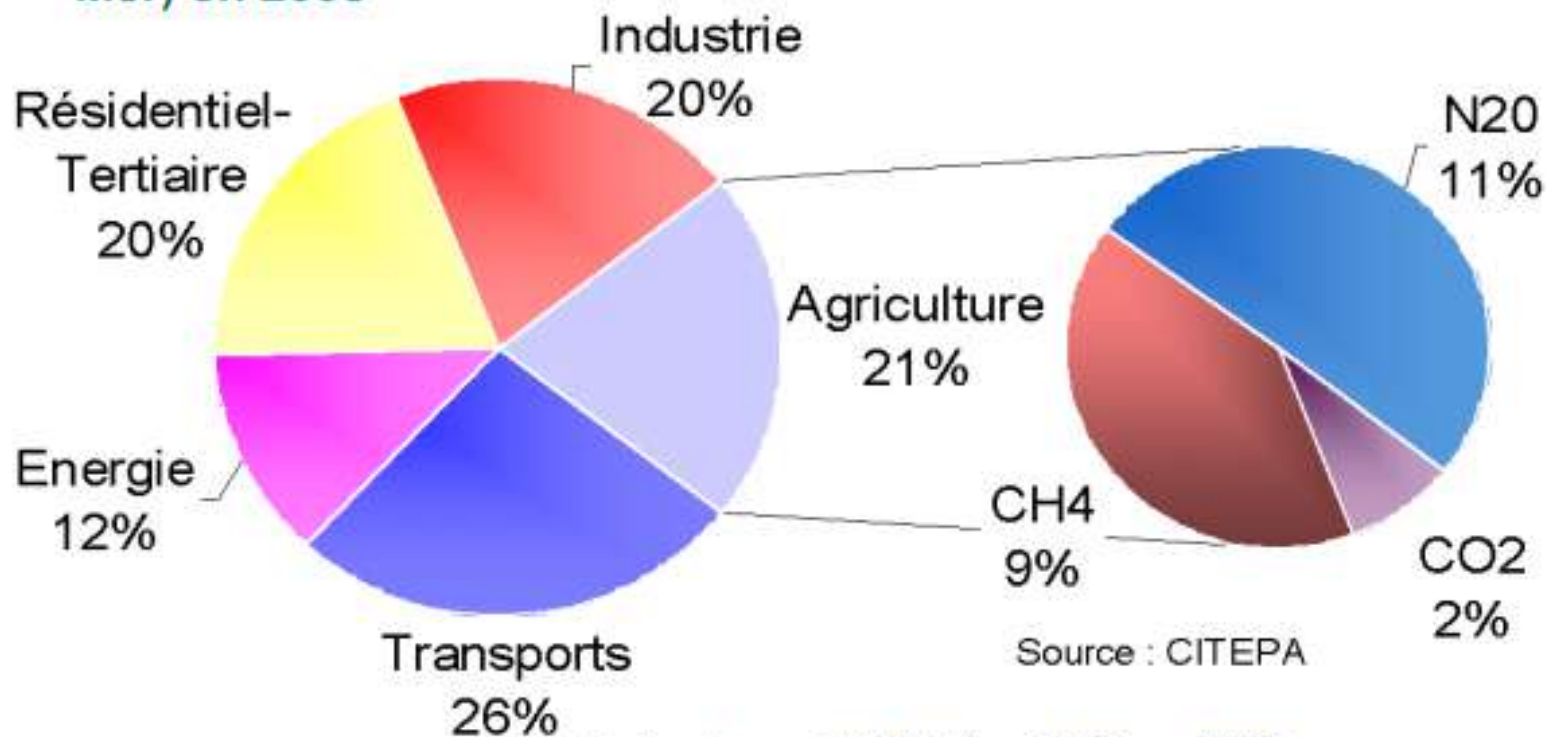
Artificialisation des terres en France

Accélération: (6 100 km²) en 7 ans de 2003 à 2009, 90% sur la SAU;
"les meilleures terres"

Flux de surfaces 1992-2003 d'après Teruti in Solagro :



Bilan des émissions de gaz à effet de serre en France (métropole + Outre Mer) en 2008

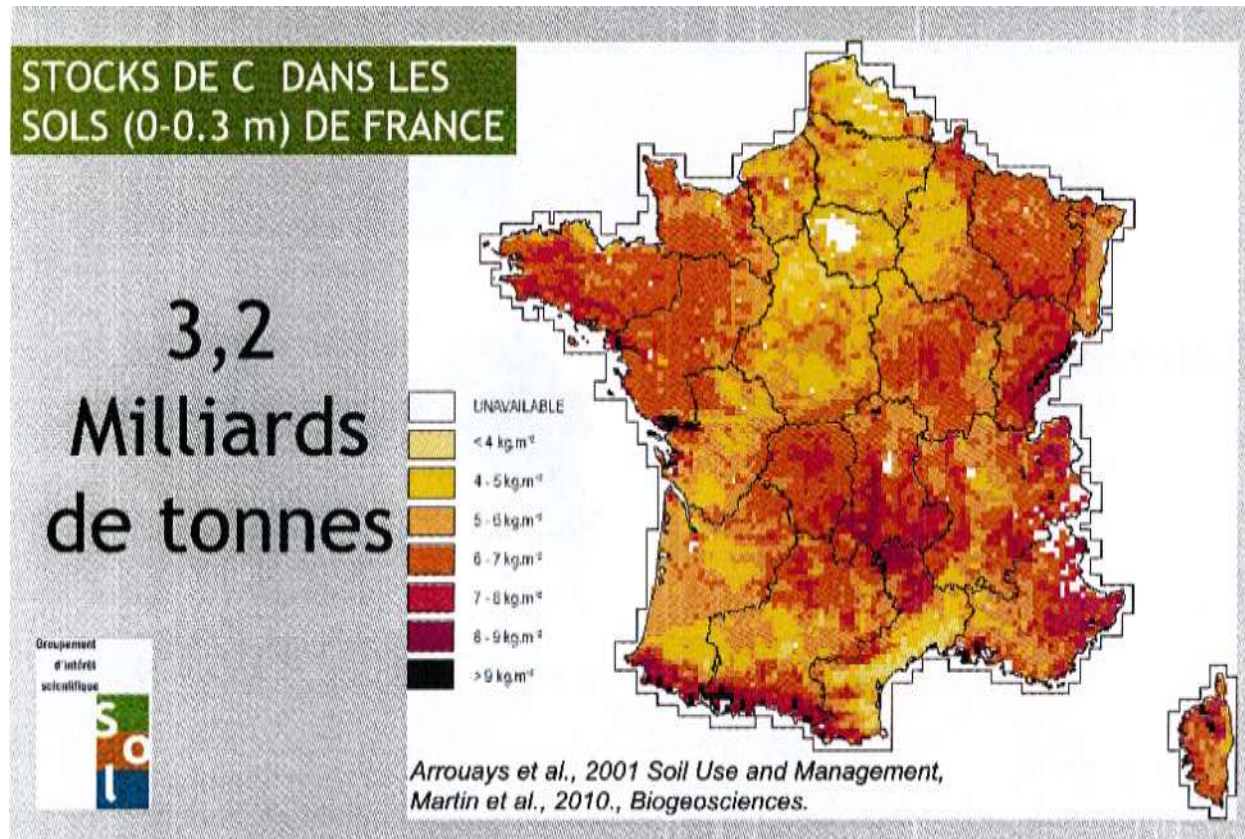


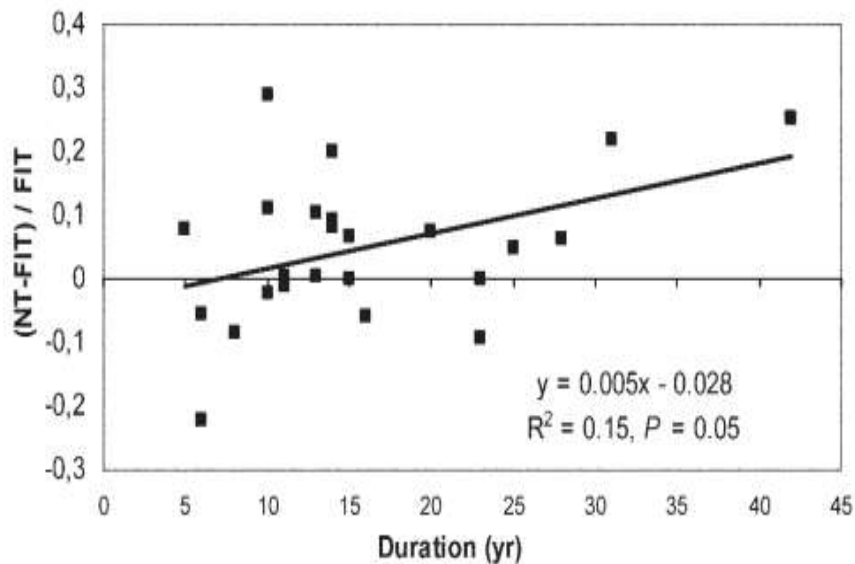
Source : CITEPA

Agriculture : 110 Mt éq. CO2 en 2008

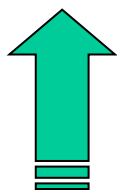
Total tous secteurs hors UTCF : 527 Mt éq. CO2 en 2008

Un potentiel national
de stockage
additionnel par des
changements d'usage
et de pratiques estimé
entre 1 et 3 10^6 t de C
par an sur 20 ans...

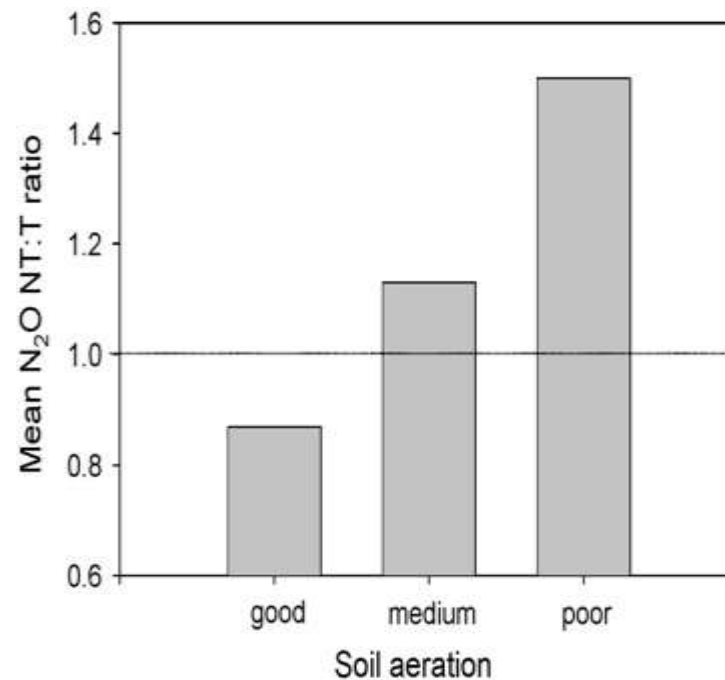
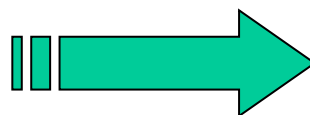




Sur l'évolution du stock de C (méta-analyse 27 essais, SSSAJ, 2008)



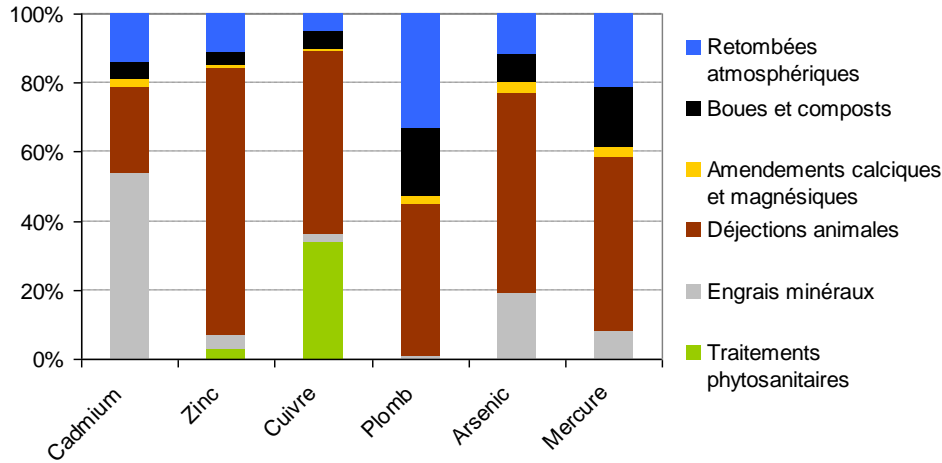
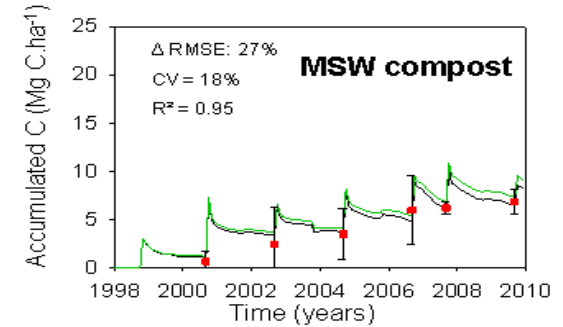
Effet du non labour



Sur les émissions de N_2O (méta-analyse 25 essais, STR, 2008)

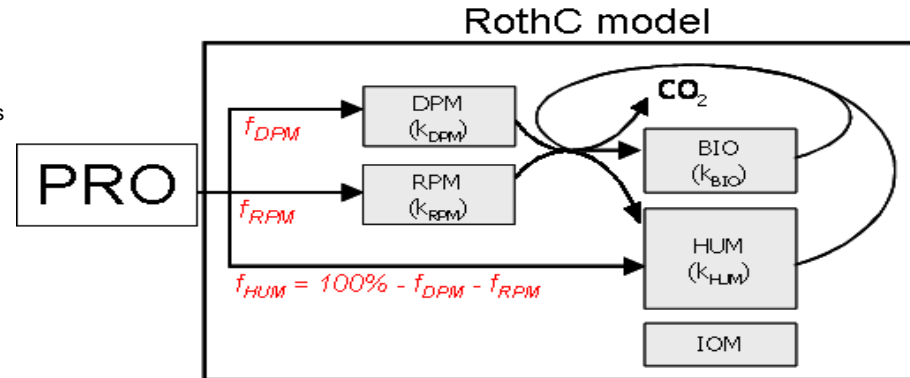


Simulation : Roth C



Origine des ETM dans les sols agricoles français (source ADEME)

— Simulated with fitted partitioning coefficients
— Simulated with predicted partitioning coefficients
● Measured



Des compromis à trouver, dans un contexte de :

- de conflits d'usage : alimentaire/non alimentaire, urbain/rural, production/atténuation/protection
- d'engagements internationaux, européens, nationaux (Kyoto,...)
- de limitation des ressources : eau, phosphore, énergie
- d'exigence croissante des citoyens: réduction pesticides, sécurité sanitaire des produits

Des compromis à trouver, dans un contexte de :

- de conflits d'usage : alimentaire/non alimentaire, urbain/rural, production/atténuation/protection
- d'engagements internationaux, européens, nationaux (Kyoto,...)
- de limitation des ressources : eau, phosphore, énergie
- d'exigence croissante des citoyens: réduction pesticides, sécurité sanitaire des produits

- **Des exemples :**

- Non travail du sol *et* Stockage C *versus* Emissions N₂O *et* Contrôle mécanique des bioagresseurs (adventices)
- Recyclage des effluents *et* Valorisation P *et* Stockage C *versus* Contamination
- Couverture des sols *et* Protection des sols *versus* Ressource en eau

Des compromis à trouver, grâce à :

une meilleure utilisation de l'ensemble des interactions biotiques au sein des écosystèmes (intensification écologique, agroécologie), et ceci dans leurs dimensions spatiales et temporelles

→ Changement de paradigme

Protection totale contre les perturbations

Faible intérêt pour la biodiversité fonctionnelle



Pas de protection totale contre les perturbations

Intérêt fort pour la biodiversité fonctionnelle

Fronts de recherches sur les sols à l'INRA

- Les interactions biotiques au sein des agrosystèmes, en vue d'une réduction des intrants
 - ▶ Le sol siège d'interactions biotiques à piloter (mycorhizes, régulation des pathogènes telluriques)
- Le devenir des contaminants (pesticides, ETM) et des molécules réactives (N, P), en vue d'une meilleure maîtrise de la qualité des milieux et des récoltes
 - ▶ Le sol lieu de transformation et de transfert de molécules au sein des paysages, phytoremediation
- Les émissions de gaz à effet de serre et le stockage du C, à des fins d'inventaire et d'atténuation
 - ▶ Le sol siège de processus clés des cycles biogéochimiques contrôlés par la biomasse microbienne et les conditions physico-chimiques
- L'évolution des matières organiques, compartiment clé des fonctions
 - ▶ Le sol réceptacle des matières organiques, au coeur de la biogéochimie des éléments trophiques et polluants, du fonctionnement physique et de l'activité biologique
- L'intégration des connaissances au travers de la modélisation (plateforme Sol Virtuel)
La spatialisation aux échelles du paysage, régionale, nationale, européenne et mondiale (SIG, Bases de données sur les sols, les climats et les pratiques)

Synthèse sur l'état des sols de France



LES SERVICES RENDUS PAR LES SOLS

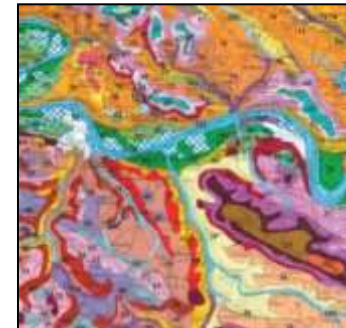
LES PRESSIONS SUBIES PAR LES SOLS

LE DIAGNOSTIC SUR L'ÉTAT DES SOLS DE FRANCE

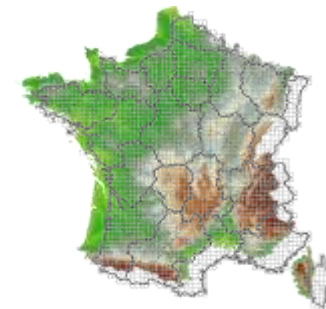
Stratégie
d'avenir
vivables



IGCS



RMQS

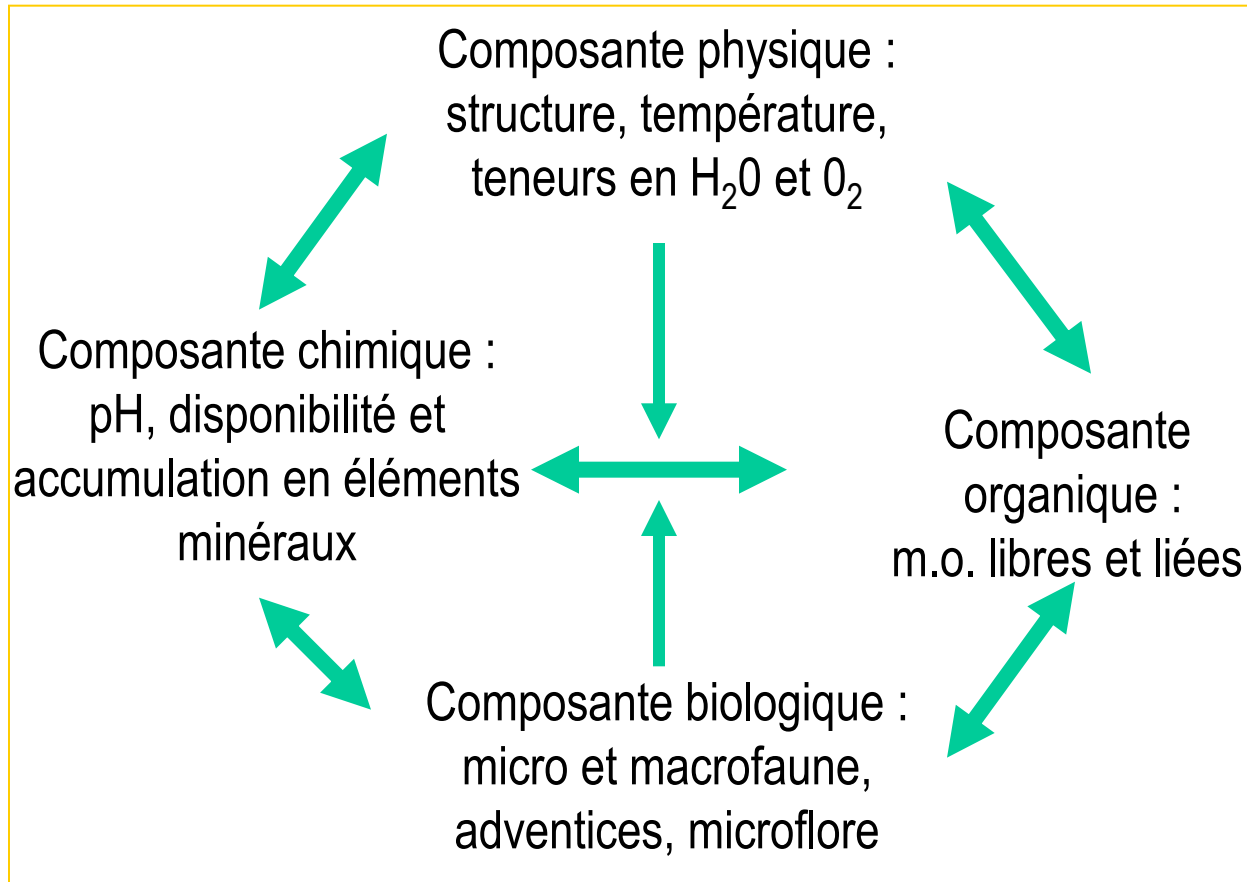


ON

ENVIRONNEMENT

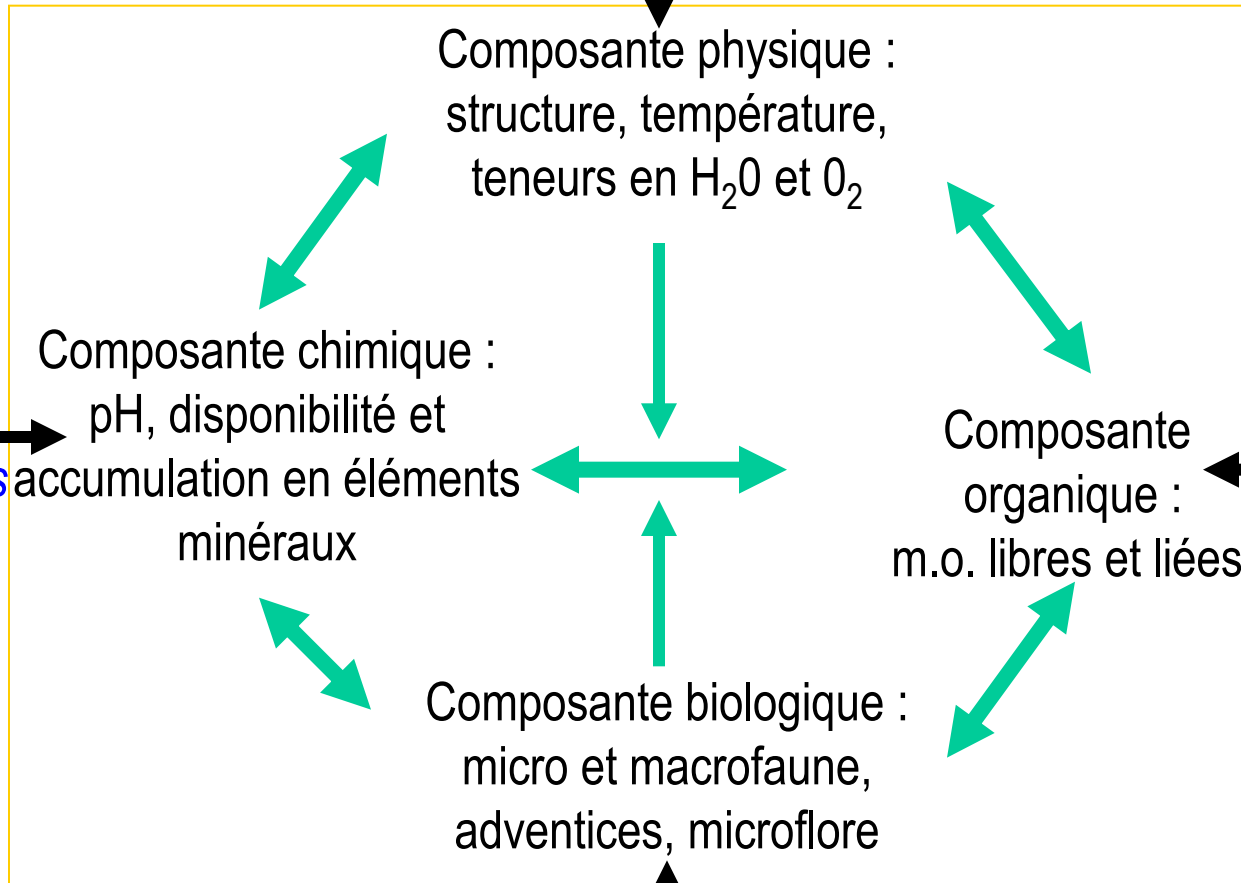
INRA

Les 4 composantes des sols



Les leviers d'action sur les sols

Travail sol, Succession, Aménagements



Fertilisation
Amendements

Amendements
Travail du sol
Succession

Travail sol, Protection phytosanitaire, Succession

En conclusion

- Le sol redevient à la fois :
 - un enjeu socio-économique majeur
 - « *on est passé des enjeux de clocher à ceux de la planète !* »
 - et un front de science actif en écologie
- De nouvelles méthodes, de nouveaux outils de caractérisation des sols nous permettent d'aborder les processus pédo-écologiques dans plusieurs dimensions :
 - Spatiale
 - Temporelle
 - Systémique
- L'INRA et ses partenaires investissent activement dans l'étude des sols
 - au niveau national : *Allenvi-Groupe Agroécologie et Sol, ANR-ARP Sols et sédiments, MEEDTL Pg GESSOL, GIS SOL (RMQS, IGCS, BDAT), INRA PTF Sol Virtuel, RMT Sols et Territoires*
 - au niveau européen et international : *ESBN, Global Soil Map*