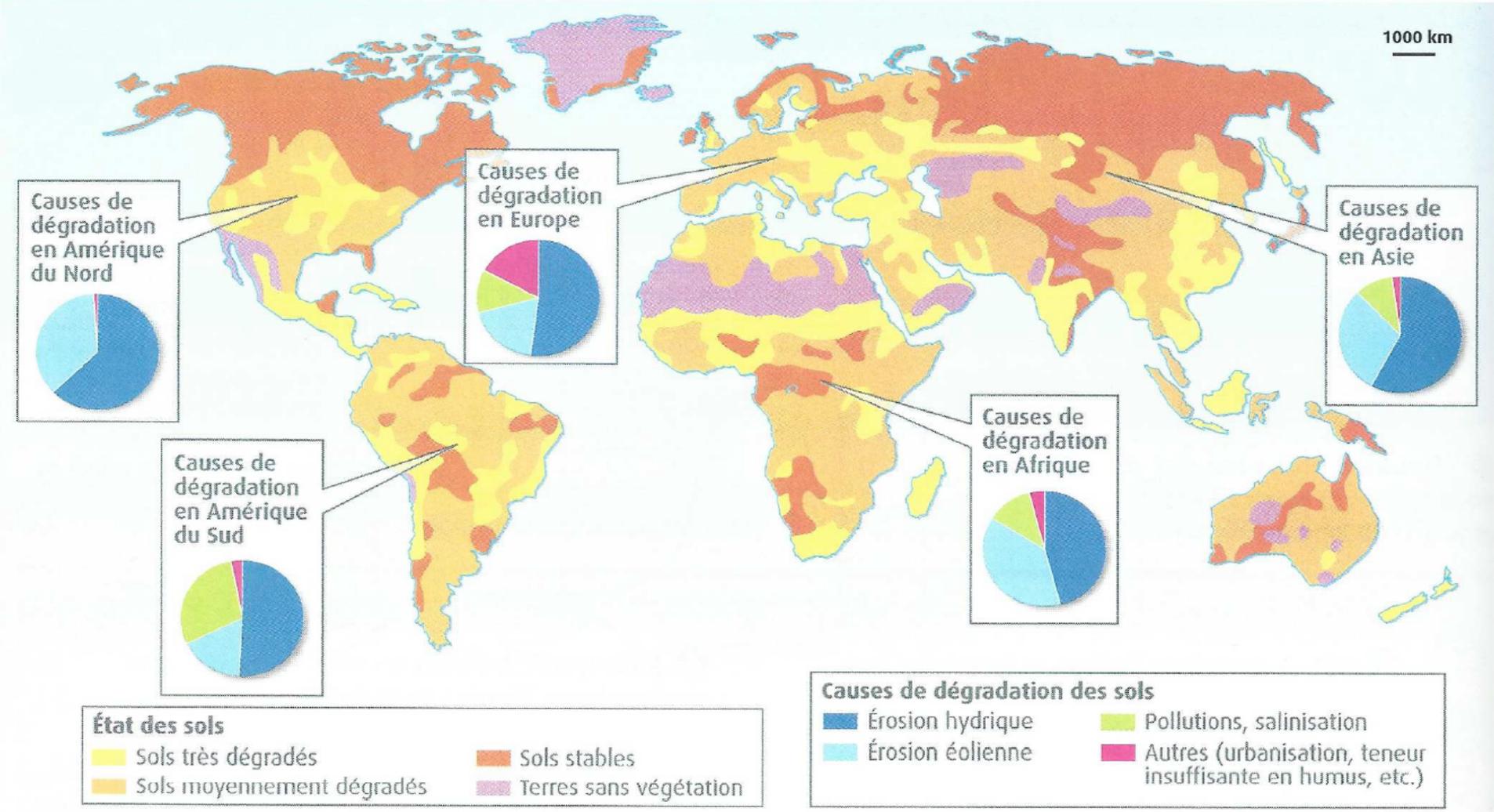


BG-B-2 LES ENJEUX DE LA GESTION DES SOLS



BIOGÉOSCIENCES

BG-B-2 LES ENJEUX DE LA GESTION DES SOLS

BG-B-2 Les enjeux de la gestion des sols

Les sols sont pourvoyeurs de services écosystémiques, parmi lesquels des services d'approvisionnement (fertilité et support de la production alimentaire) et de régulation liée au climat (stockage de carbone). Les pratiques agricoles ont un impact sur les sols et sur les services écosystémiques qu'ils délivrent. Par ailleurs, d'autres activités humaines conduisent à l'artificialisation des sols et à la perte des services écosystémiques rendus par les sols.

- Interpréter des données permettant de quantifier les services écosystémiques rendus par les sols.
- Discuter à partir de documents fournis des impacts d'une pratique agricole, le labour, sur le sol et les services écosystémiques rendus par les sols (fertilité du sol et support de la production alimentaire, impact sur la biodiversité du sol, érosion et stockage de carbone).
- Quantifier l'évolution de la surface des sols artificialisés autour d'une région urbaine.

Précisions et limites :

Les services écosystémiques choisis comme exemples sont réutilisés pour illustrer leurs perturbations par les activités humaines.

INTRODUCTION

I- LES SOLS, POURVOYEURS DE SERVICES ECOSYSTEMIQUES

I.1 Les services d'approvisionnement : fertilité et support de la production alimentaire

I.2 Les services de régulation des sols

I.2.1 Les sols, puits de carbone

a) Les formes du carbone dans le sol

b) Stock de carbone dans les sols et enjeu climatique

I.2.2 Variation du stock de carbone d'un sol

a) Les phénomènes pouvant modifier le stock de carbone des sols

b) Quelques pratiques « stockantes »

I.2.3 Les autres services de régulation

II- IMPACTS DES PRATIQUES AGRICOLES SUR LES SOLS

II.1 Engins agricoles et compaction des sols

II.2 Effets d'une pratique agricole : le labour

II.3 Érosion des sols

II.3.1 L'érosion hydrique, principale responsable de l'érosion des sols

II.3.2 L'impact des pratiques culturales

II.3.3 Les conséquences de l'érosion des sols

II.4 Artificialisation des sols et la réduction des services écosystémiques

CONCLUSION

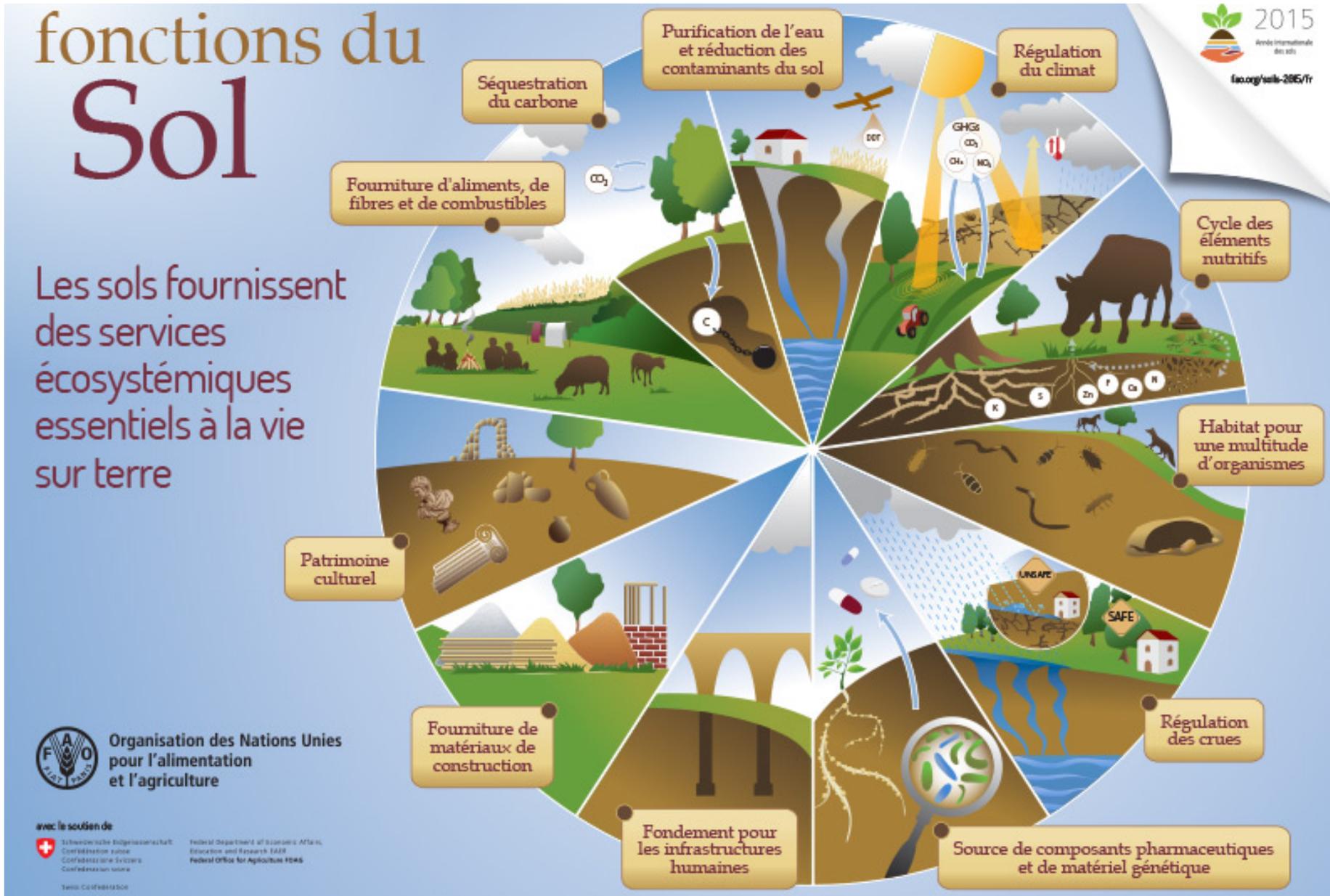
INTRODUCTION

Un sol constitue une ressource naturelle dont la formation nécessite plusieurs centaines d'années. Les sols sont pourvoyeurs de **services écosystémiques, bénéfiques que les sociétés humaines retirent des écosystèmes**, parmi lesquels des services d'approvisionnement (production alimentaire) et de régulation du climat (stockage de carbone).

Les menaces qui pèsent sur les sols (érosion, artificialisation) font du sol une **ressource naturelle fragile et peu renouvelable, d'où la nécessité d'une gestion durable.**

Comment les pratiques agricoles et d'autres activités humaines ont-elles un impact sur les services écosystémiques que délivrent les sols ?

I- LES SOLS, POURVOYEURS DE SERVICES ECOSYSTEMIQUES



Sol = « valeur utile »

Services écosystémiques en 4 catégories :

Support ou soutien

Approvisionnement

Régulation

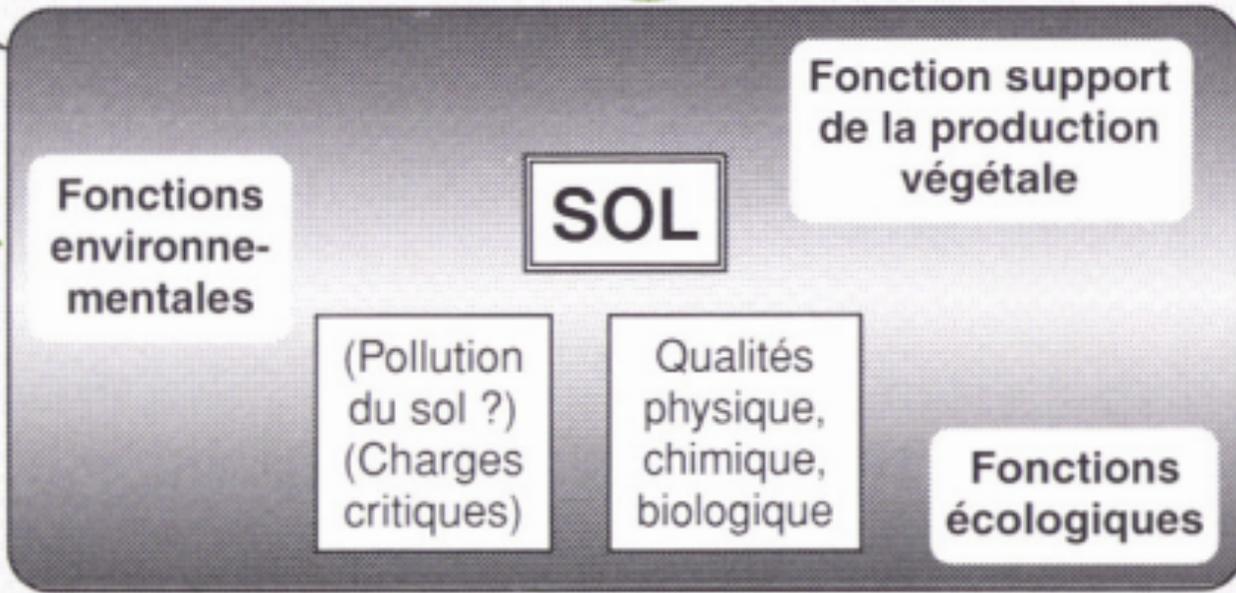
Culturels

ATMOSPHERE
Effet de serre, qualité de l'air
dénitrification, méthanisation, NH₃
stock et flux de C

Santé humaine
Qualité chimique et
biologique de l'eau

Santé humaine
Production alimentaire,
qualité des aliments

EAU
De surface,
ruissellement,
érosion



Stock et flux
(liquide et particules)

EAU souterraine,
infiltration, drainage

BIODIVERSITÉ
Le sol est un milieu
vivant

PAYSAGES

Sol 1 : Les catégories de services écosystémiques

Services culturels

Valeurs spirituelles et religieuses.
Valeurs esthétiques.
Bien-être et santé.
Récréation, loisirs et écotourisme.

Services de régulation

Régulation du climat, qualité de l'air, flux hydriques.
Erosion, dégradations géologiques, risques naturels.
Parasites, maladies, vecteurs d'infection.
Espèces pollinisatrices.

Services de support et de soutien

Cycles biogéochimiques (carbone, azote, phosphore...).
Cycle de l'eau.
Formation des sols et matière organique.
Conservation de la biodiversité.

Services de Production

Alimentation, eau, énergies renouvelables.
Bois, roches, métaux.
Combustibles fossiles et non-renouvelables.
Ressources et biodiversité génétique.
Ressources biochimiques et moléculaires.

I.1 Les services d'approvisionnement : fertilité et support de la production alimentaire

Le sol et la production végétale

Pour fixer les idées :

1. 99 % de la nourriture consommée à l'échelle mondiale provient du sol contre 1% provenant de l'eau
2. Agricultures et forêts représentent respectivement 50 et 30 % de la superficie de la France métropolitaine

Le double rôle du sol comme :

1. Support **physique** permettant l'ancrage mécanique
2. Support **nutritionnel** : eau et nutriments (N, P, K, S, Ca,)

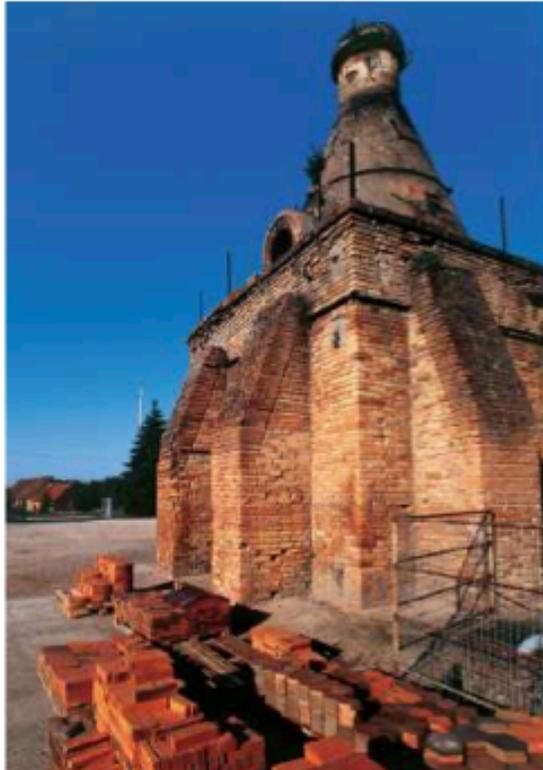


Hêtraie avec tapis de jacinthes des bois (Forêt d'Eawy – Seine Maritime) – F. Lebourgeois, INRA

Le sol source de matériaux

Les sols fournissent trois grands type de matériaux :

- terre fine (torchis, pisé,...) et argiles (briques, poteries, cosmétiques...)
- éléments grossiers (pierre de construction) ;
- tourbe (chauffage, terreau)



Briqueterie-tuilerie à Ligny-le-Ribault, Loiret. Gis Sol, 2011



Type de production	Production 2008 (en milliers de tonnes)
Tuiles & accessoires	3 006
Briques de structure	2 331
Briques apparentes + pavage	276
Autres produits	25
Total	5 638

Les tas sur la bordure du plateau rassemblent les morceaux choisis pour la constructions de murs (Mathieu, 2009)

L'extraction d'argile en France en 2008. FFTB in Gis Sol, 2011.

I.1 Les services d'approvisionnement : fertilité et support de la production alimentaire

- support nécessaire à l'ancrage et au développement de l'appareil racinaire ;
- réserve d'eau et d'ions minéraux ;
- milieu qui abrite de nombreux partenaires (pédofaune, décomposeurs, champignons mycorhiziens ...) mais aussi des pathogènes et des phytophages.

Sauf cultures hydroponiques, sol = support nécessaire à la production primaire agricole, elle-même base de la production alimentaire.

Le sol par sa fertilité est donc producteur de biomasse, que l'on peut utiliser comme source d'aliments directement pour les aliments végétaux (céréales, champignons forestiers.....) ou indirectement en tant que nourriture pour les animaux d'élevage.

Il est aussi source de fibres textiles (coton, lin...), de papier, ou source d'énergie (biogaz, bois ou biomasse pour le chauffage) ou encore de matériaux de constructions (bois, argiles).

Comment nourrir les plus de 9 milliards d'individus attendus en 2050 (contre 2,6 milliards en 1950) ?

L'augmentation des rendements agricoles a permis depuis les années 1960 une forte augmentation de la production alimentaire mondiale (x3 environ) MAIS techniques écologiquement coûteuses et peu durables (pollutions aux nitrates et aux pesticides, perte de biodiversité, chute du stock de carbone des sols ...).

L'extension des surfaces cultivées MAIS l'essentiel des terres non cultivées est impropre à la culture, et les terres potentiellement cultivables mais non cultivées se trouvent dans des zones à très forte valeur écologique → impact sur la biodiversité et les populations locales + libération du C stocké dans ces sols, amplifiant alors le réchauffement climatique.

Différents phénomènes → pertes de surfaces agricoles favorables à la production alimentaire : l'artificialisation des sols, la concurrence des productions non alimentaires comme les biocarburants, la dégradation des sols ...

Comment nourrir les plus de 9 milliards d'individus attendus en 2050 (contre 2,6 milliards en 1950) ?

Modification de la nature et de la répartition des productions alimentaires peut permettre de limiter les besoins en terres cultivées. Production de 1 kg de viande nécessite 6 à 7 kg de céréales : une réduction de la proportion de viande dans les régimes alimentaires permet donc de limiter les besoins en terre cultivable.

INRAE et CIRAD de 2018 : possibilité de nourrir la population mondiale en 2050, sans augmentation notable des surfaces cultivées, grâce à un rééquilibrage des régimes alimentaires entre pays. Réduction de 50% de la consommation de viande et réduction de 25 % des calories consommées quotidiennement en occident.

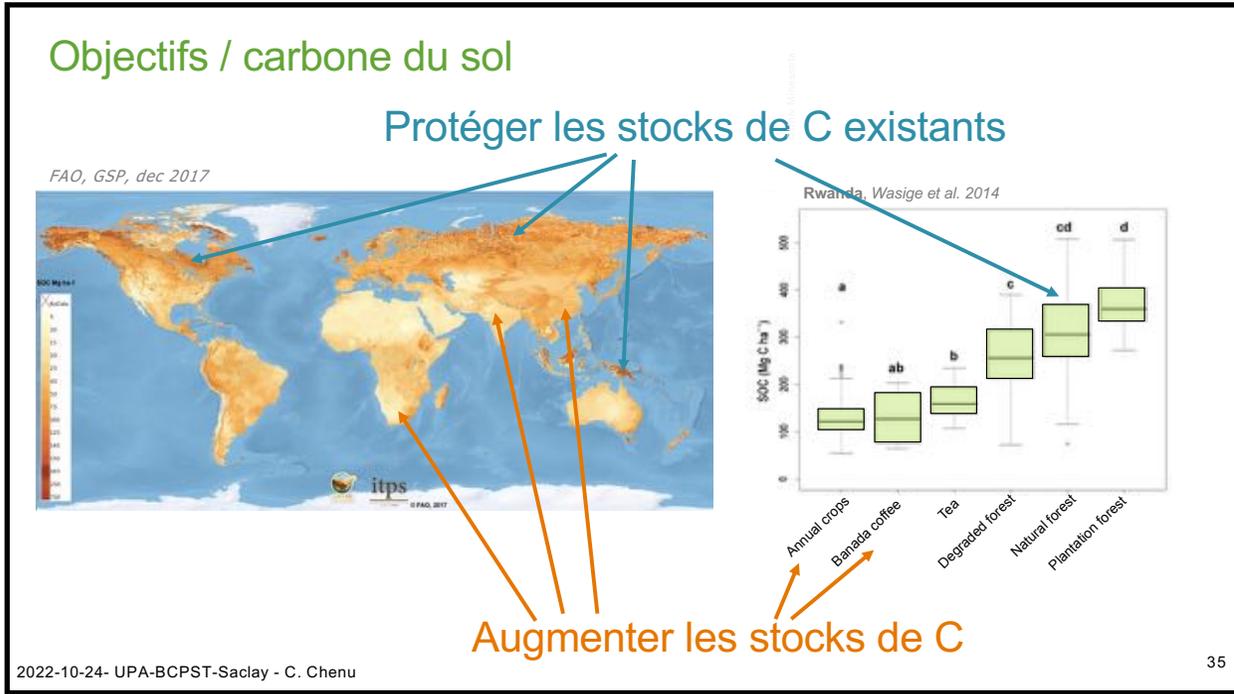
I.2 Les services de régulation des sols

I.2.1 Les sols, puits de carbone

a) Les formes du carbone dans le sol

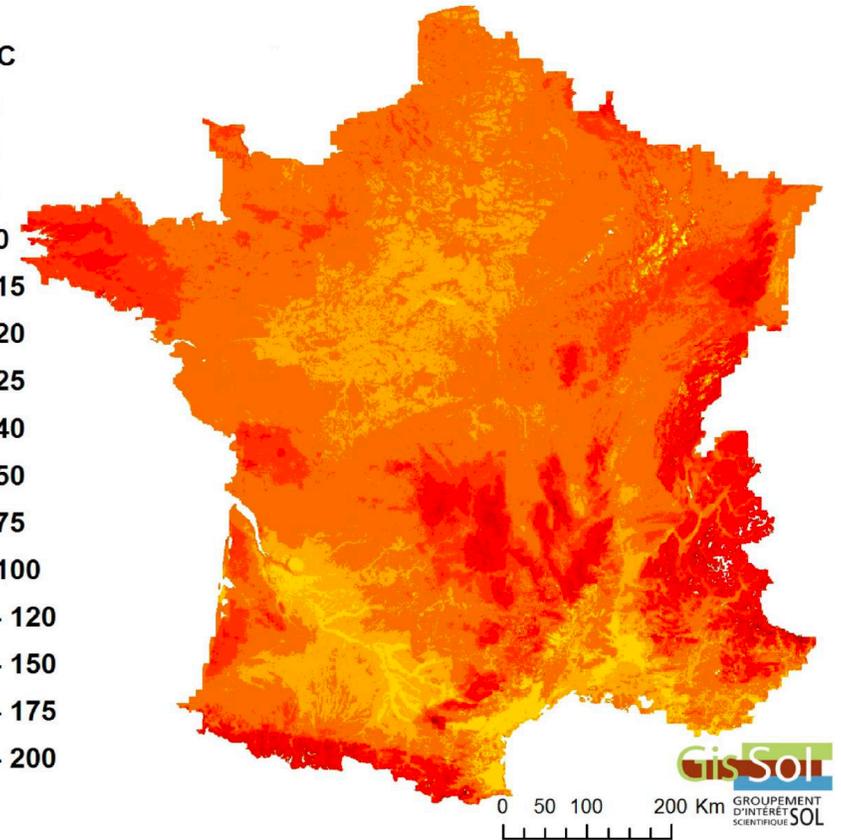
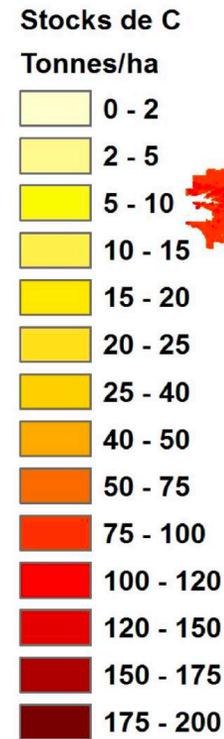
- Le carbone du sol se situe essentiellement au sein des matières organiques mortes (qui contiennent en moyenne 50 % de C).
- Cette matière organique morte provient de la production primaire, directement (litière végétale à différents niveaux de décomposition) ou indirectement (notamment restes de microorganismes, mais aussi excréments animaux).
- On observe un gradient vertical dans la répartition du carbone, avec des concentrations allant de plus de 30 gC/kg de sol dans les premiers centimètres à des concentrations inférieures à 5 gC/kg de sol au-delà de 50 cm de profondeur

Carte mondiale des stocks de carbone des sols



2022-10-24- UPA-BCPST-Saclay - C. Chenu

Estimation des stocks de carbone organique de 0 à 30 cm de profondeur en France métropolitaine hors Corse



Source: Gis Sol, IGCS-RMQS, Inra 2017.

Stocks en tonnes/ha pour la couche 0-30 cm

I.2 Les services de régulation des sols

I.2.1 Les sols, puits de carbone

- a) Les formes du carbone dans le sol
- b) Stock de carbone dans les sols et enjeu climatique

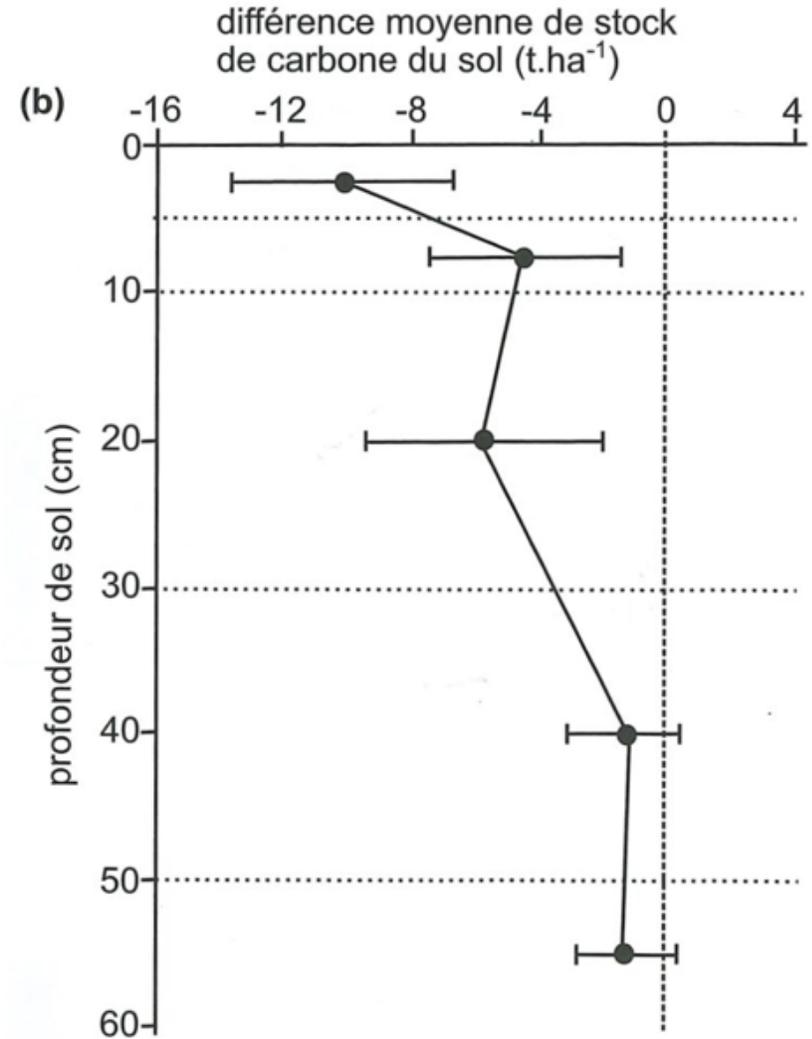
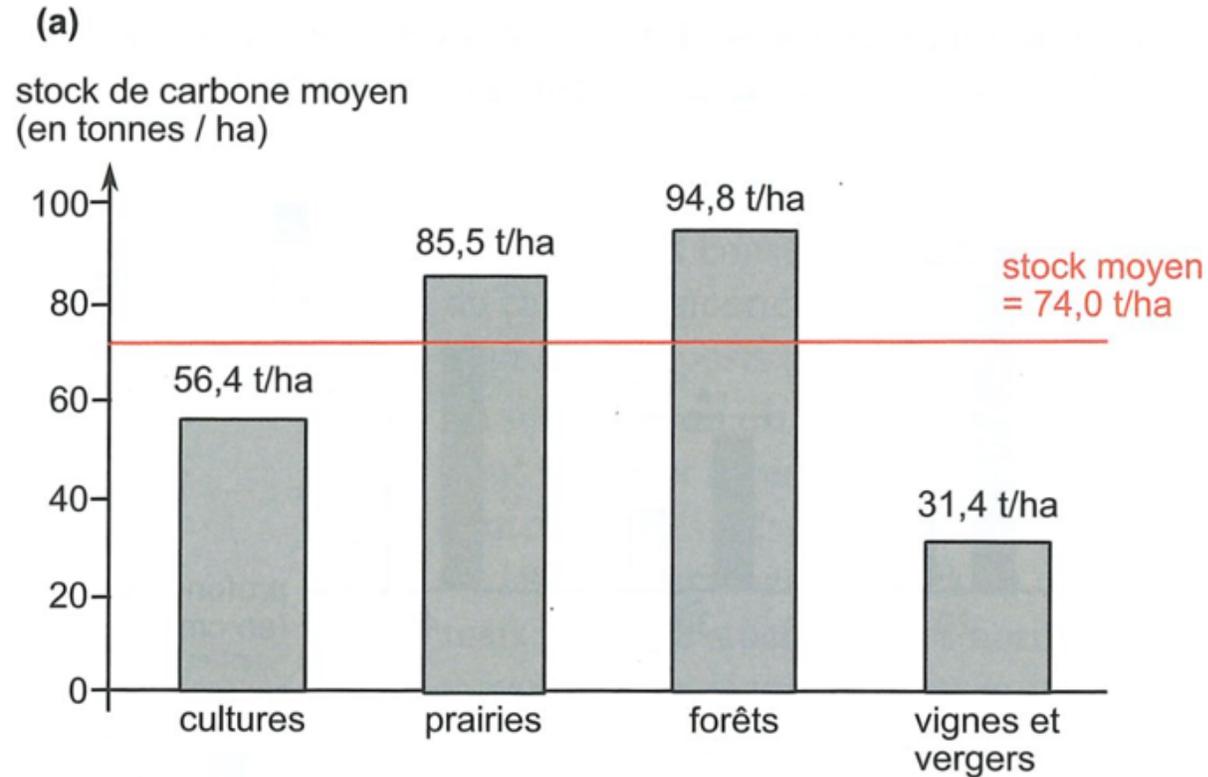
Stocks de CO dans les sols (sur l'horizon 0 -100 cm) évalués à 2 400 Gt à l'échelle de la planète, soit environ 3 fois la quantité de carbone de l'atmosphère (= 800 Gt). La libération vers l'atmosphère du C stocké dans les sols ou, au contraire, la séquestration de carbone supplémentaire dans les sols peuvent donc avoir des effets majeurs sur le climat.

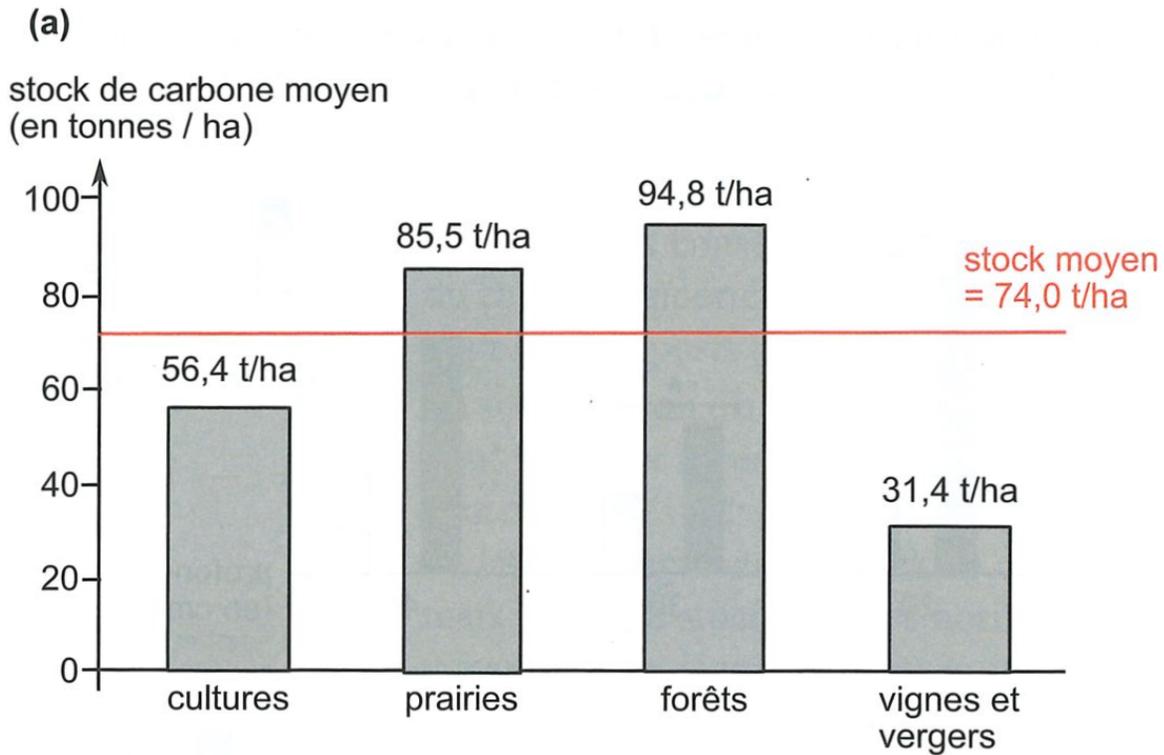
Pratiques agricoles et stock de carbone des sols.

La quantité de C stocké dans un sol dépend fortement du mode de son occupation. Stock beaucoup plus important dans les forêts et les prairies permanentes (plus de 80 tC/ha) que dans les grandes cultures type céréales ou maïs (autour de 50 tC/ha).

b) Stock de carbone dans les sols et enjeu climatique

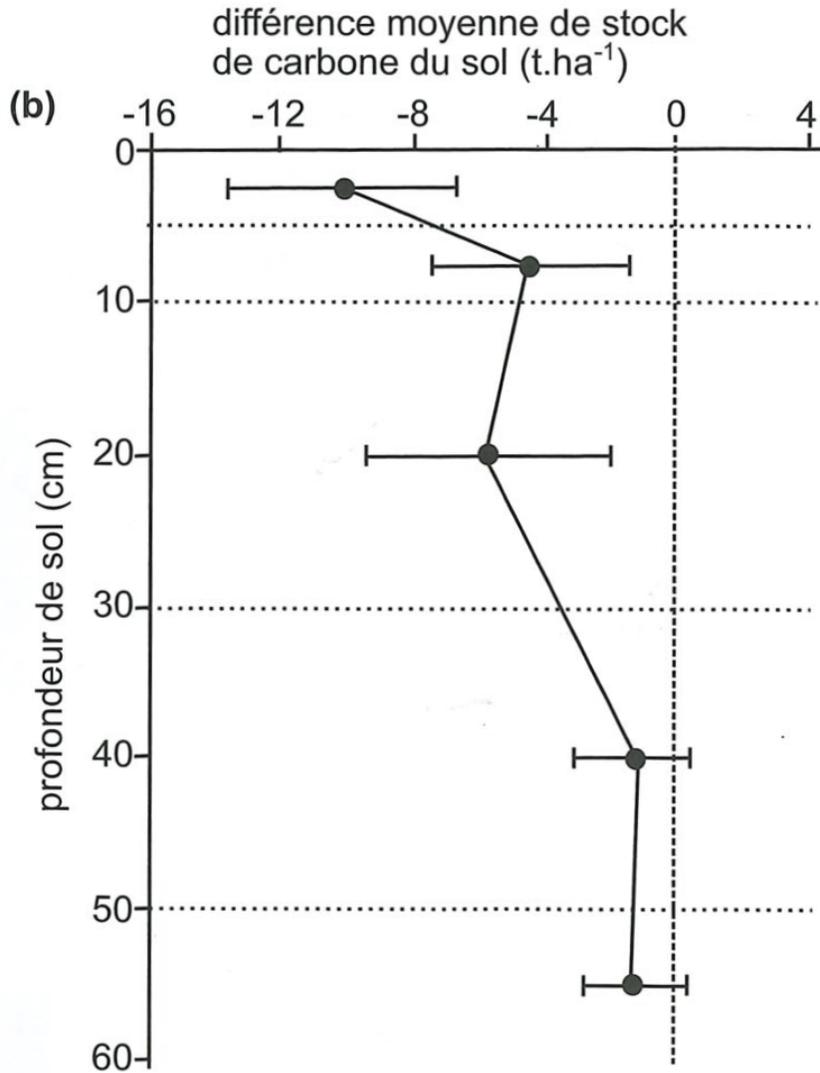
→ Sol 2 : Stock de carbone dans les sols selon 4 grandes catégories d'utilisations





→ Les stocks de C dans les sols largement associés au type d'usage du sol.

→ Globalement, les sols soumis à des actions anthropiques plus fréquentes, et comportant des phases de sol nu pendant l'année, contiennent en moyenne moins de MO que les sols couverts de manière plus permanente par la végétation



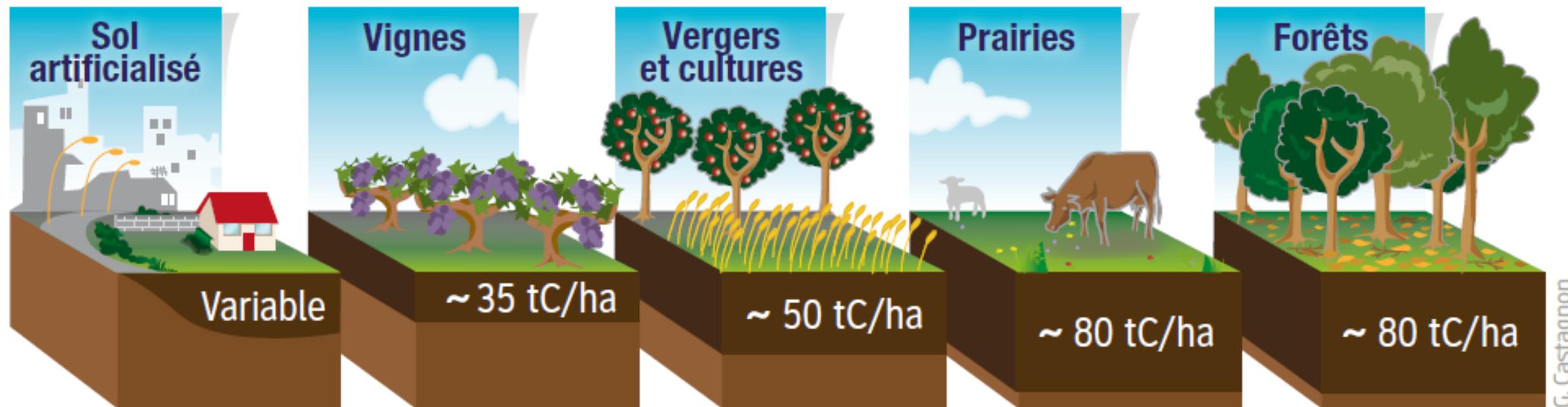
→ La mise en culture s'accompagne d'une diminution des stocks de carbone dans les horizons jusqu'à 30 cm de profondeur.

→ Cette diminution est deux fois plus importante dans les 5 premiers centimètres.

→ Cela s'explique notamment par une diminution des apports de matière organique (une partie de la biomasse étant exportée en milieu cultivé), par une accentuation de la minéralisation de la matière organique liée à une augmentation de l'aération du sol (labour, sol à nu) et éventuellement par une perte de matière organique liée à l'érosion.

→ Enfin, la diminution possible des densités de micro-organismes, dont les restes sont à l'origine de la formation de matière organique stable, peut également expliquer ce résultat.

■ Variation des stocks de carbone organique selon l'affectation des sols en France

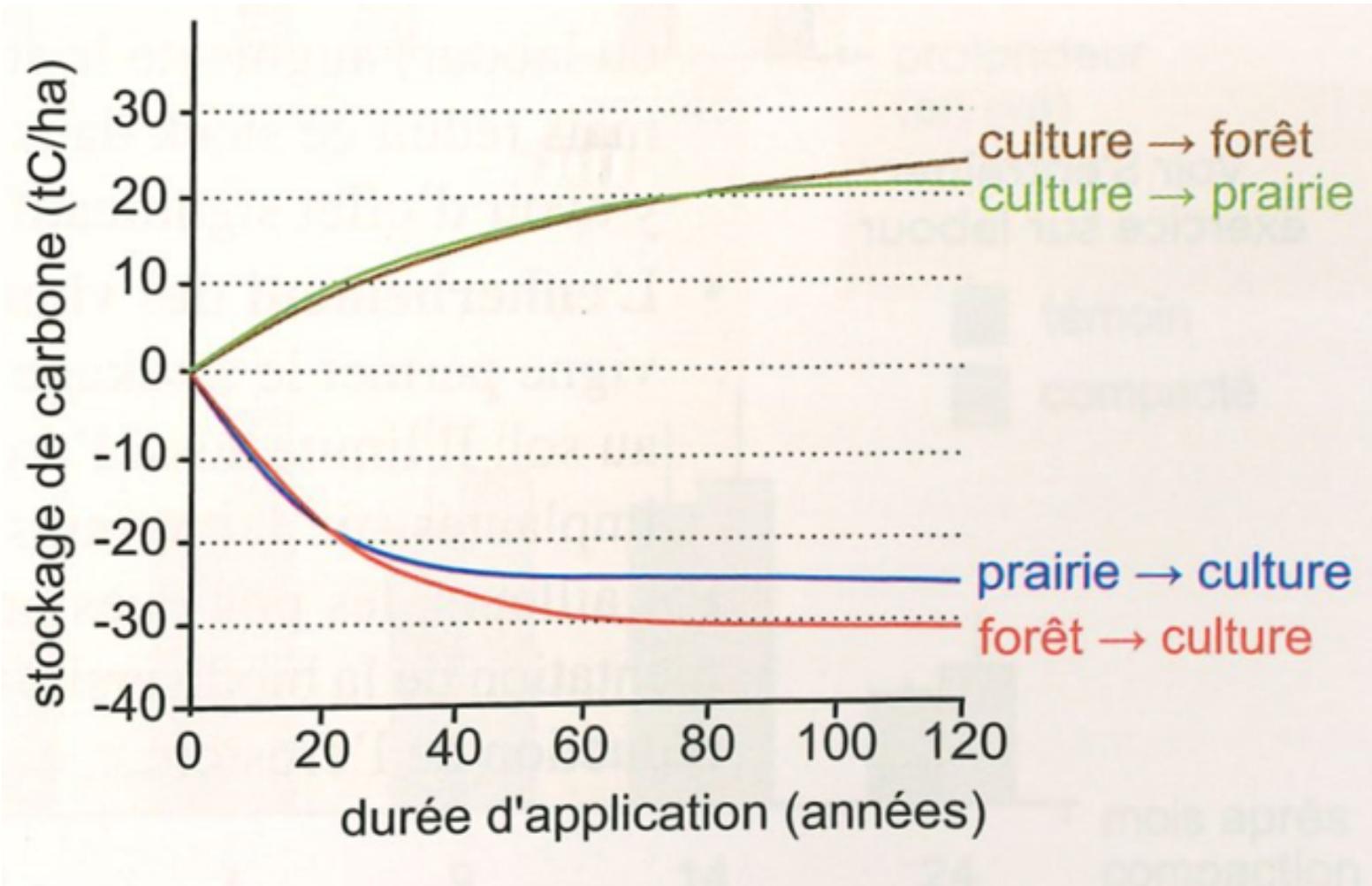


G. Castanon

source GIS sol

XX Estimation du stock de carbone dans les 30 premiers centimètres du sol

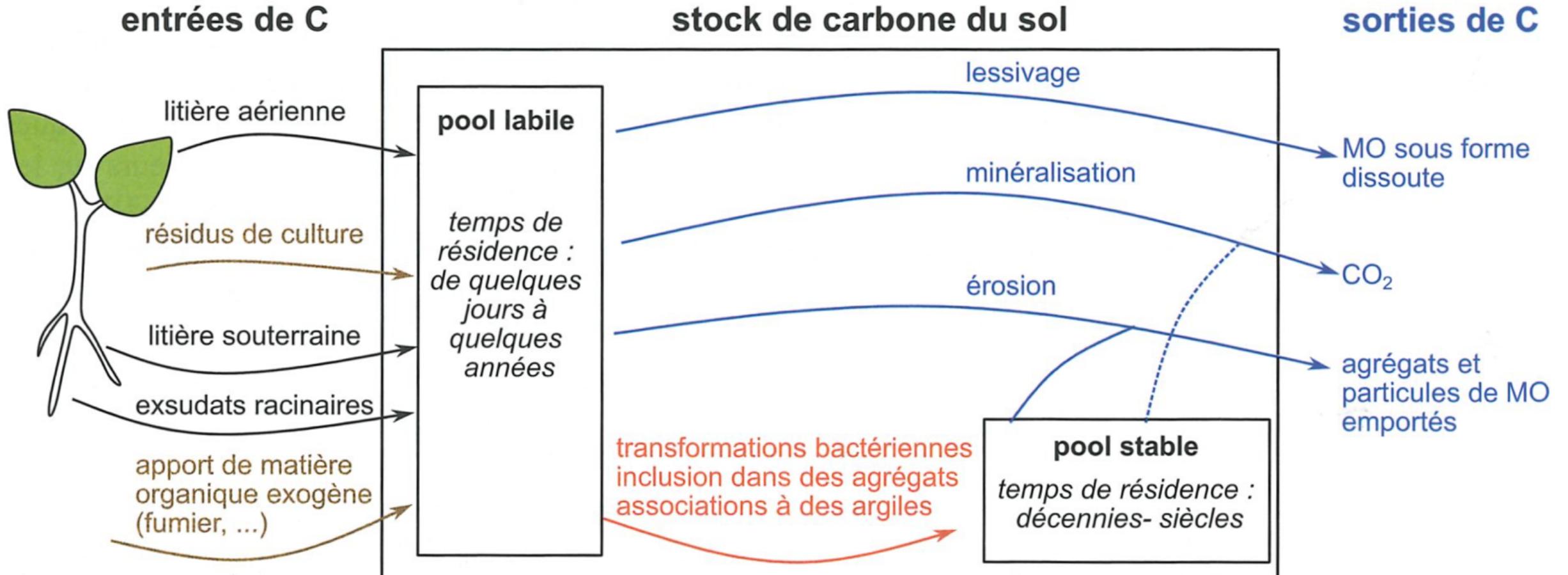
→ Sol 3 : Variation du stock de carbone lors d'un changement d'occupation des sols



À l'échelle de la France, on constate des stocks de carbone très élevés dans les sols des régions montagneuses (> 100 tC/ha), essentiellement occupés par des forêts et des prairies, et où le climat froid est défavorable à la minéralisation.

À l'inverse, les sols du Bassin parisien et du Bassin aquitain, régions de grandes cultures, présentent de faibles stocks (< 50 tC/ha)

→ Sol 4 : Flux et stock de carbone dans le sol



I.2.2 Variation du stock de carbone d'un sol

a) Les phénomènes pouvant modifier le stock de carbone des sols

Flux entrants de C dans le sol + / - importants. MO morte produites au sein de l'écosystème (litières, exsudats, résidus de culture... ou exogènes (fumiers notamment). Ces flux peuvent être modifiés par un changement des pratiques culturales.

MO du sol + / - stable : minéralisation intense = moindre stockage vs mécanismes qui soustraient MO à la minéralisation favorisent le stockage. Les processus de stabilisation de la MO du sol (association dans des agrégats organo-minéraux, adsorption à des minéraux au sein des complexes d'échange) favorisent donc le stockage de carbone.

Les flux de sortie de C + / - grands. Outre la minéralisation, l'érosion du sol, en particulier de l'horizon superficiel riche en MO, réduit le stock de C du sol (vitesse d'érosion x 100 dans les systèmes de grandes cultures).

À l'échelle mondiale, cette érosion des sols pourrait être responsable du déstockage de 0,3 à 1 GtC/an.

C peut aussi quitter le sol sous forme de MO entraînée sous forme dissoute qui rejoint les nappes et les cours d'eau.

I.2.2 Variation du stock de carbone d'un sol

a) Les phénomènes pouvant modifier le stock de carbone des sols

b) Quelques pratiques « stockantes »

L'initiative « 4 pour 1 000 » lancée à la conférence de Paris en 2015, vise à augmenter le stock de carbone des sols de 4 ‰ chaque année.

Cultures intermédiaires : cultures présentes pendant la mauvaise saison, entre 2 cultures principales : limitation de la lixiviation du nitrate et stockage additionnel de C dans les sols par l'enfouissement de la biomasse produite.

L'agroforesterie intra-parcellaire : association des arbres à des cultures ou des prairies.

L'introduction des prairies temporaires

L'apport de MO exogènes consiste à épandre sur la parcelle des matières organiques qui ne sont pas issues de cette parcelle : composts, fumiers et lisiers, boues d'épuration ...

La suppression du labour (voir II) et le passage au semis direct

L'enherbement des vignobles par l'implantation de bandes herbacées

I.2.3 Les autres services de régulation

Par ses décomposeurs, le sol recycle les déchets biologiques (compostage, inhumations) en les minéralisant, ce qui reconstitue la fertilité des sols.

Par leur perméabilité, le sol filtre l'eau de pluie. Il retient certains composés (CAH) comme les métaux lourds dont le cuivre, les pesticides, les polluants industriels...). A court terme cela purifie l'eau mais il y a ensuite libération lente et progressive durant des dizaines d'années.

Par les processus de compétition, les sols limitent la prolifération des pathogènes des cultures. Les sols recevant beaucoup de pesticides sont moins enclins à cette régulation (sols touchés par ces proliférations depuis les années 60 et limitation de la production intensive de pois et maïs).

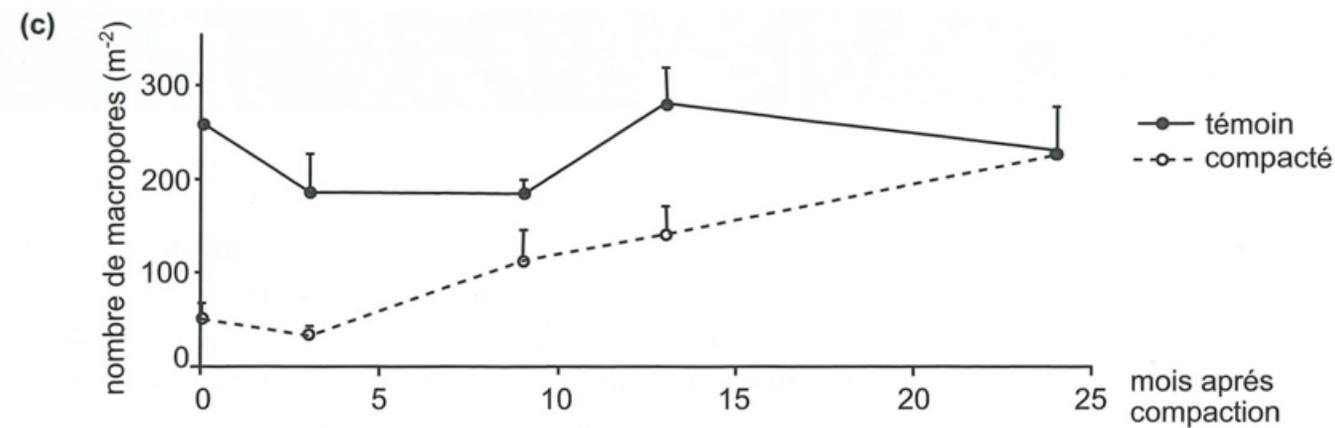
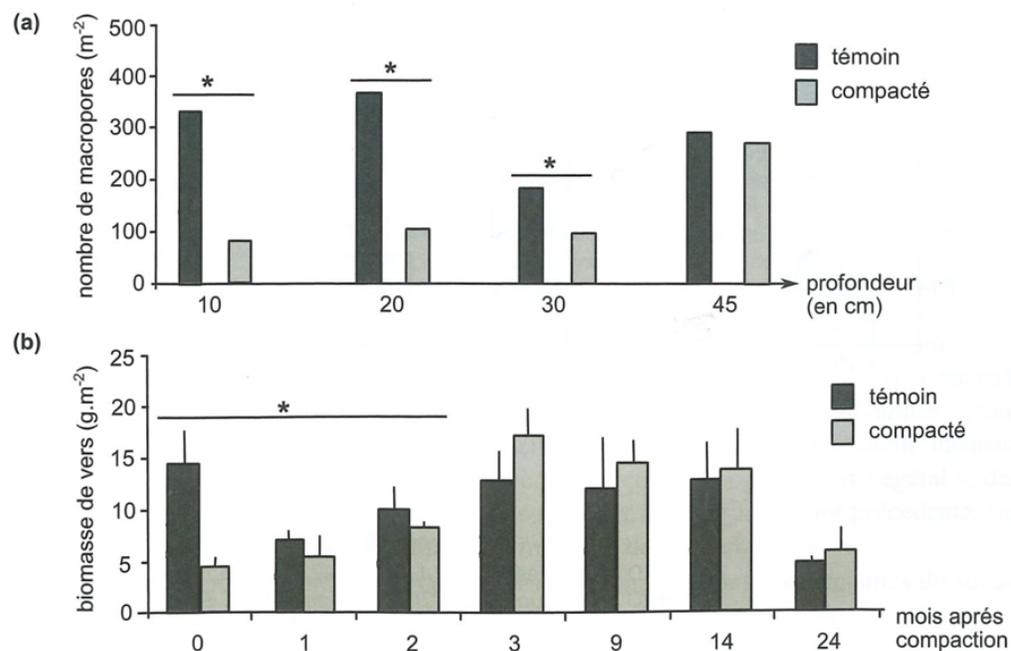
Les sols des zones humides, en retenant l'eau, évitent les inondations de villes situées en aval.

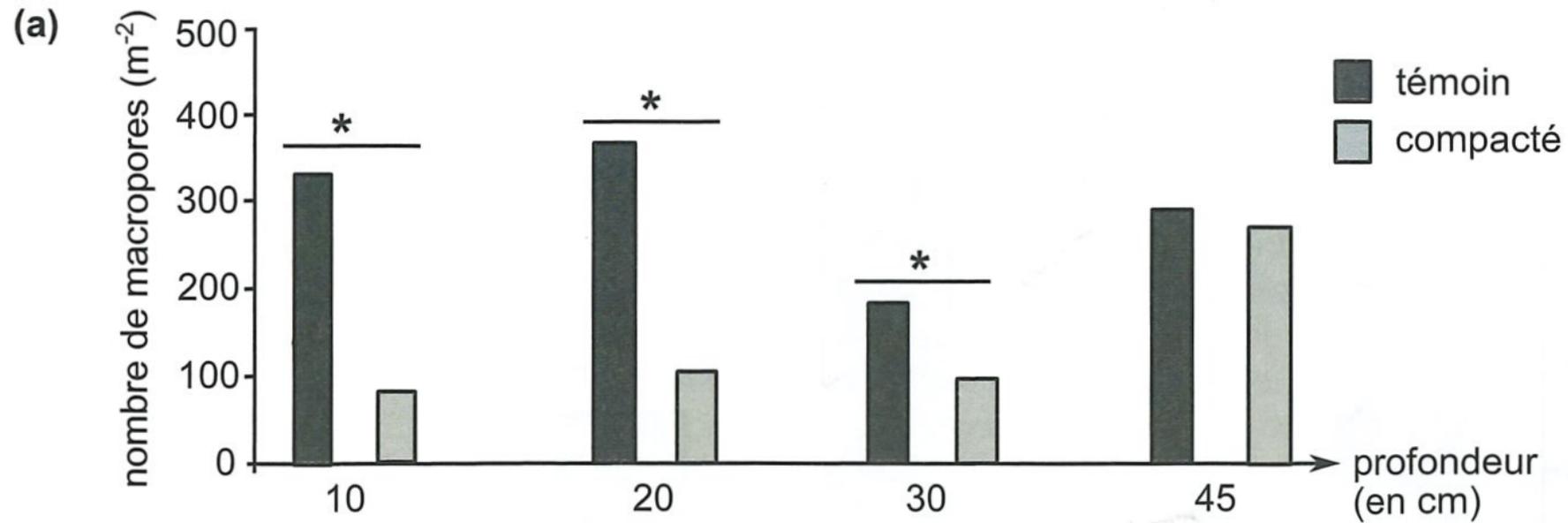
II- IMPACTS DES PRATIQUES AGRICOLES SUR LES SOLS

II.1 Engins agricoles et compaction des sols

→ Sol 5 : Passage d'une machine agricole et compaction du sol

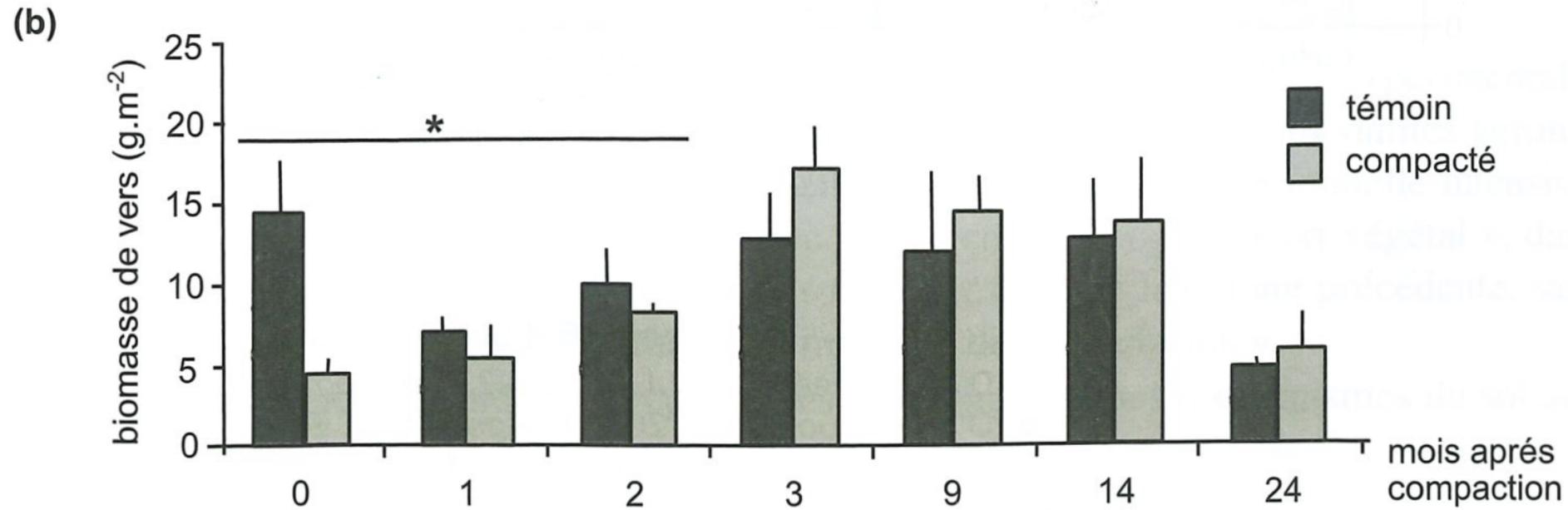
Pour quantifier les effets de l'utilisation de machines agricoles lourdes sur le sol, les auteurs ont procédé à un échantillonnage au niveau du passage d'un engin agricole (sous la trace des roues), et entre les deux roues. Dans ces deux conditions, ils ont mesuré la porosité à 10, 20, 30 et 45 cm de profondeur juste après le passage de l'engin agricole (figure a). Ils ont en outre effectué un suivi de la biomasse de vers de terre pendant 24 mois (figure b), à la fois dans les zones compactées (sous les roues) et témoins (entre les roues). Enfin, ils ont suivi l'évolution de la porosité pendant cette même période dans les zones compactées et témoins (figure c). La présence d'étoiles indique une différence significative par rapport au témoin.



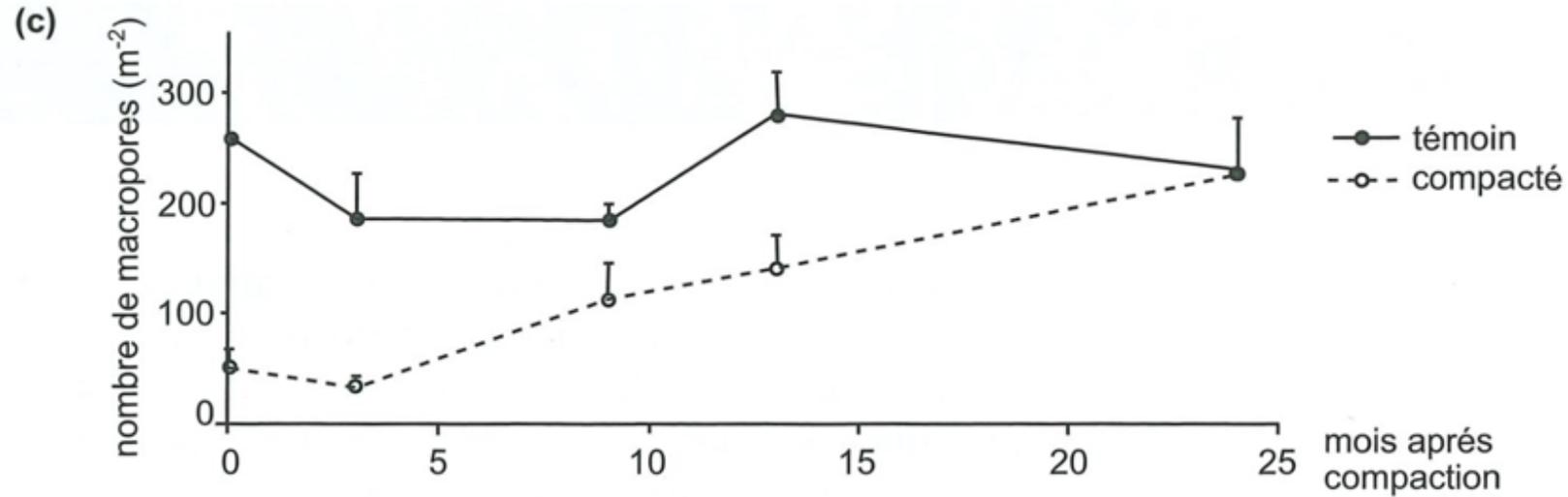


→ Le passage de l'engin entraîne une très forte compaction (porosité divisée par 4 jusqu'à 20 cm de profondeur).

→ Cet effet affecte tous les horizons jusqu'à 30 cm, avec une intensité décroissante, mais n'affecte pas significativement la porosité du sol situé à 45 cm. L'effet du tassement sur la porosité disparaît au-delà de cette valeur.



- La compaction réduit drastiquement la biomasse de vers (biomasse divisée par trois) dans les 2 premiers mois, avec une atténuation.
- Cet impact disparaît au-delà car les différences de biomasse ne sont plus significatives. Les vers de terre recolonisent les zones compactées et les valeurs obtenues sont identiques à celles du départ. Notion de **résilience** du sol.
- Notons une réduction de moitié de la biomasse au bout de 2 ans : manque de MO disponible ? Sol trop sec ? Nous n'avons pas d'éléments de réponse.



→ Porosité très variable du témoin probablement due à une activité variable de la pédofaune.

→ Porosité cinq fois plus faible après le passage de l'engin.

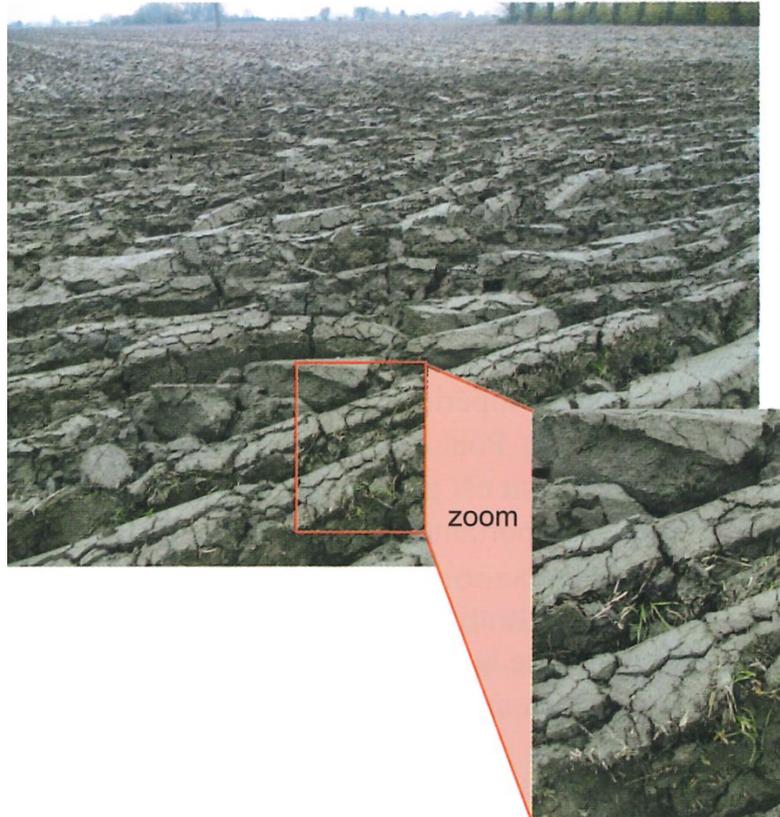
→ Reconstitution progressive : il faut 2 ans pour revenir à la porosité initiale.

→ Notion de résilience du sol qui retrouve ses propriétés physiques.

II.2 Effets d'une pratique agricole : le labour

Le labour consiste à un travail **profond avec retournement du sol sur 20 à 40 cm**, avant l'implantation d'une nouvelle culture. L'objectif est **d'enfouir les résidus de culture et les adventices** (« mauvaises herbes ») pour « préparer » le sol à accueillir les semis **et de favoriser la minéralisation de la matière organique**. Sa place dans les itinéraires culturaux fait l'objet de **débats**.

Sol 6 : Labour et érosion

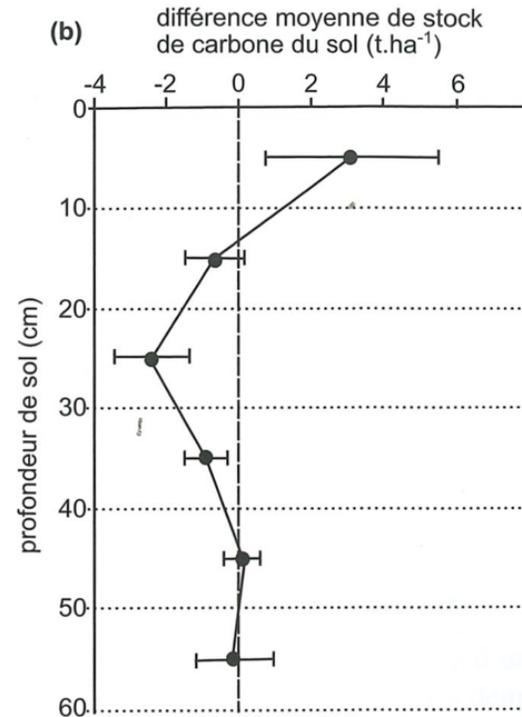
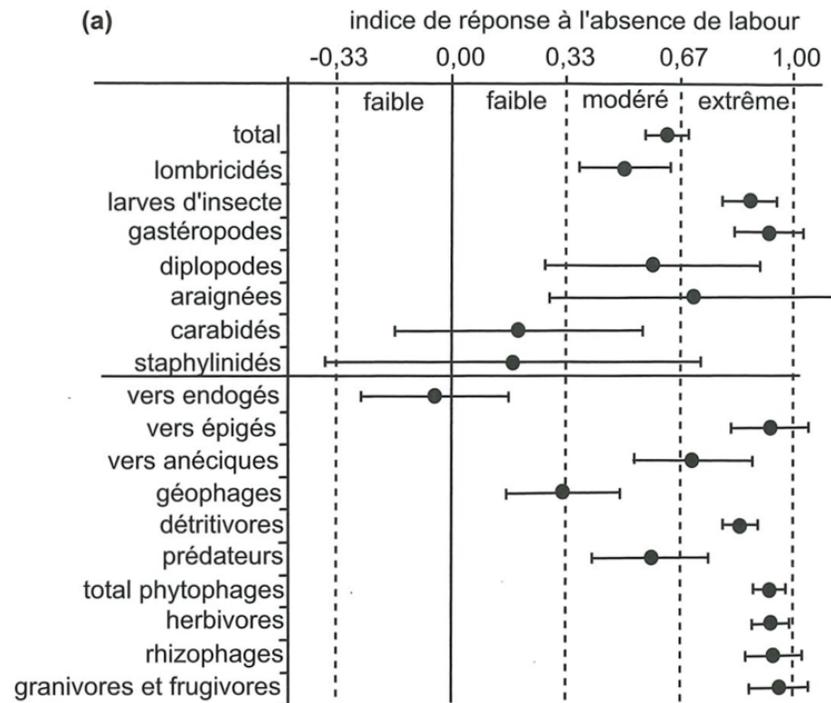


À droite, le ruissellement de l'eau dans les rigoles a arraché les particules fines, participant à l'érosion du sol.

→ Sol 7 : Impacts du labour sur la pédofaune et le stock de carbone

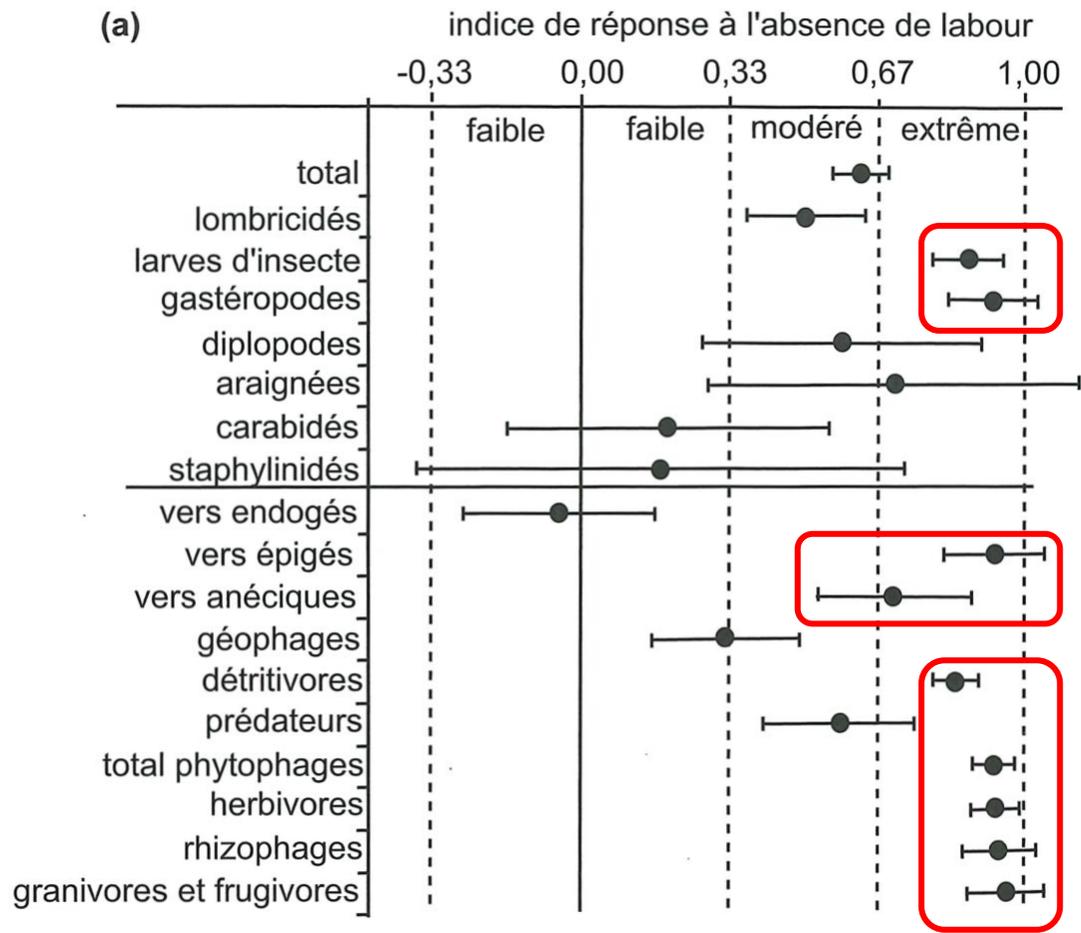
Les auteurs ont comparé les communautés biologiques des sols de parcelles (a) expérimentales situées dans le Bassin parisien et cultivées depuis 14 ans selon les mêmes modalités agronomiques. Ils ont en particulier comparé des parcelles en agriculture conventionnelle intensive, incluant notamment une pratique de labour, avec des parcelles « sous couvert végétal », dans lesquelles les semis sont pratiqués directement sous les résidus de la culture précédente, sans labour. Cette pratique est un exemple d'agriculture dite « de conservation ».

Dans le contexte de changement climatique, l'impact des pratiques agricoles sur les stocks de carbone du sol est également étudié. Les différentes études à propos de l'effet du labour sur la séquestration du carbone dans les sols présentent des résultats très variables, aboutissant parfois à des conclusions différentes. Les auteurs proposent ici une méta-analyse qui reprend les résultats de 69 expérimentations, en cumulant l'ensemble des données disponibles dans ces différentes études. La figure b présente la différence moyenne de contenu en carbone des sols entre les systèmes conventionnels d'une part et sans labour d'autre part, aux différentes profondeurs du sol.



(a) Une valeur positive indique une plus grande abondance du groupe concerné en agriculture de conservation par rapport à l'agriculture conventionnelle.

(b) Une valeur positive indique un contenu en carbone plus important dans le système sans labour par rapport au système conventionnel.



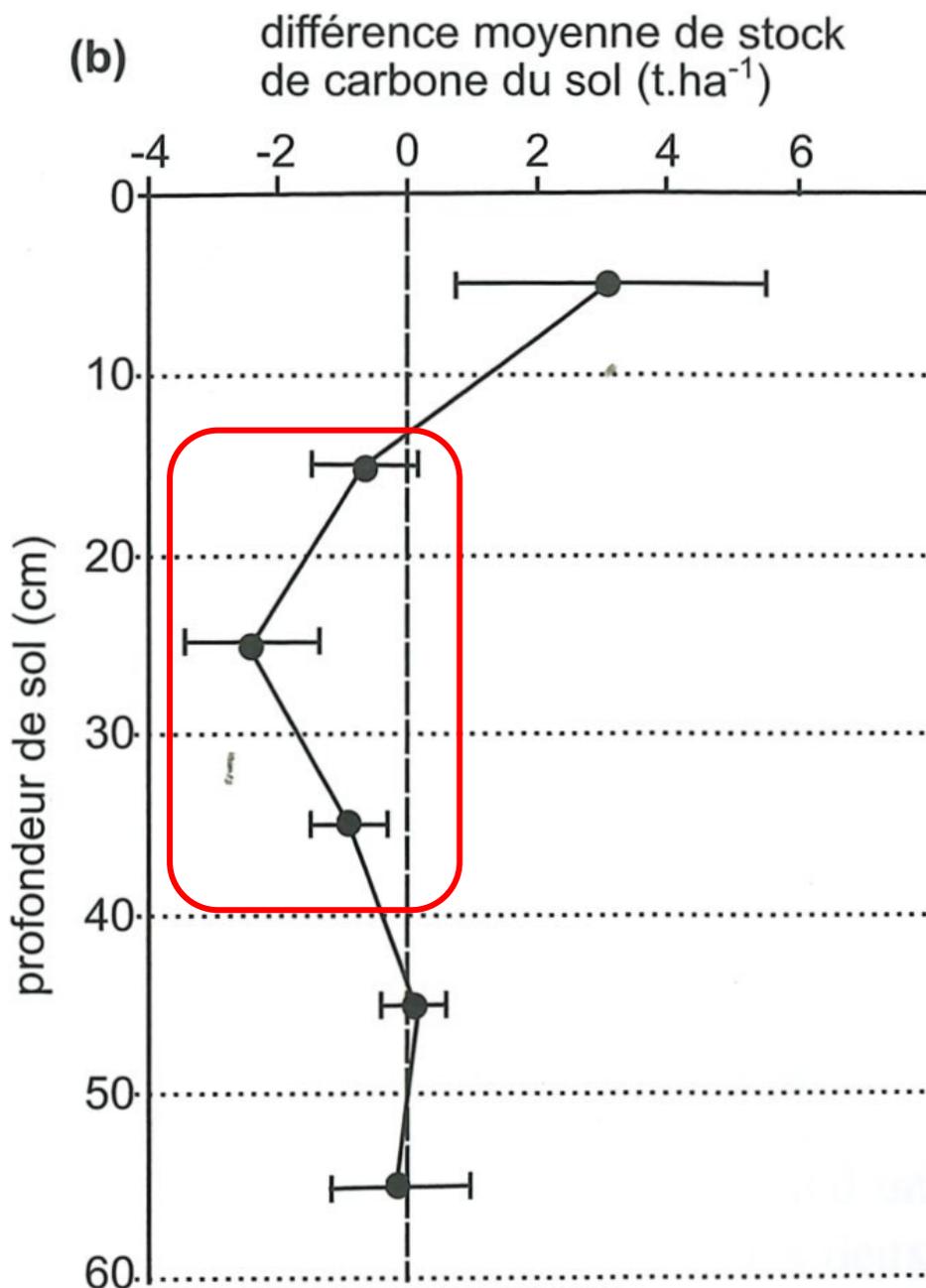
→ Augmentation significative de quasiment tous les groupes en absence de labour.

→ Tendence particulièrement marquée pour les phytophages, les détritivores, les larves d'insectes et les gastéropodes.

→ Effet très fort pour les vers épigés et les anéciques, alors qu'il est nul pour les endogés.
Hypothèse: les modifications sont moindres compte tenu leur présence juste sous la surface ?

Ce développement plus important de la pédofaune en absence de labour est dû à :

- présence de ressources nutritives plus abondantes pour les niveaux trophiques basaux (apports de MO nourrissant les organismes saprotrophes);
- à de plus faibles perturbations directes de l'habitat.



(b) Une valeur positive indique un contenu en carbone plus important dans le système sans labour par rapport au système conventionnel.

→ Absence de labour : stock de C + important dans les 10 premiers centimètres : 3 $t \cdot ha^{-1}$ supplémentaire), mais il est plus réduit dans les horizons entre 20 et 40 cm de profondeur.

Au-delà de 40 cm, pas de différence significative.

→ Arrêt du labour → redistribution du C dans le sol, qui s'accumule alors davantage en surface.

→ Labour → piégeage du C entre 15 et 45 cm de profondeur

Conséquences : moins de C soumis à l'oxydation mais absence de ressources nutritives pour la pédofaune

Pratique du labour → formation possible d'une semelle de labour = couche de sol fortement compactée sous la zone du passage du soc de charrue → très faible porosité → infiltration de l'eau et circulation des gaz réduites → zones de sol anoxiques potentielles + perturbation du dvpt de l'appareil racinaire des plantes.

Inconvénients de cette technique (tableau) → abandon parfois du labour au profit d'autres méthodes comme un travail superficiel du sol (perturbation limitée aux 10 premiers centimètres, sans retournement) ou le semis direct (qui consiste à ne perturber le sol que le long des lignes de semis).

Arrêt du labour ou réduction du travail des sols peut présenter plusieurs avantages : réduction de l'érosion, plus grande biodiversité, préservation de la fertilité et de la structure du sol, baisse de la consommation d'énergies fossiles. Elle peut néanmoins présenter des difficultés pour l'élimination des adventices.

Tableau avantages et inconvénients du labour

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
<p data-bbox="28 232 580 358">Enfouissement des adventices</p> <p data-bbox="28 444 473 501">Aération du sol</p> <p data-bbox="28 582 777 922">Incorporation de matière organique dans le sol (favorisant la minéralisation, la formation des complexes d'échange...)</p> <p data-bbox="28 1003 614 1125">Infiltration de l'eau favorisée en surface</p>	<p data-bbox="797 232 2514 358">Perturbation de l'activité biologique (en particulier des vers de terre et champignons, mycorhiziens notamment)</p> <p data-bbox="797 444 2514 572">Formation possible d'une semelle de labour : compaction des sols ce qui diminue la porosité et la perméabilité.</p> <p data-bbox="797 654 2514 851">Baisse de la fertilité. Le labour amène le sol de surface en profondeur : l'humus stable est enfoui et un sol moins riche en humus est ramené en surface → dilution de l'humus</p> <p data-bbox="797 932 2514 1061">Sensibilité accrue à l'érosion (sol nu, ruissellement dans les rigoles)</p> <p data-bbox="797 1142 2514 1269">Coûts : temps de travail, machines, carburants... et rejet gaz effet de serre</p>

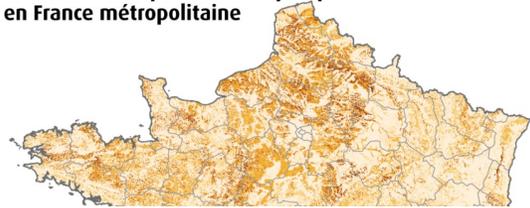
II.3 Érosion des sols

L'érosion des sols d'origine anthropique est estimée à 26 milliards de tonnes par an au niveau mondial, soit 2,6 fois les pertes d'origine naturelle.

➤ Erosion des sols



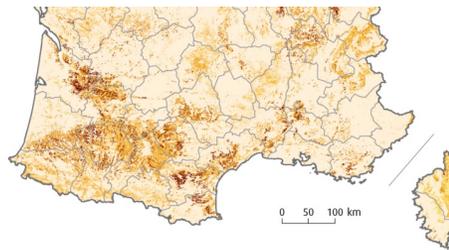
Pertes en terre par érosion hydrique des sols en France métropolitaine



20% de nos sols sont en situation non durable en termes d'érosion

Pertes en terres (t/ha/an)

- Plus de 20
- Entre 10 et 20
- Entre 5 et 10
- Entre 2 et 5
- Entre 1 et 2
- Entre 0,5 à 1
- Moins de 0,5



Source : BRGM, 2010 - d'après Cerdan et al., 2010. Traitements : SOeS, 2013.

Erosion du sol > formation (X 10 à 50).

1 mm/an de sol emporté par l'érosion et 0,02 à 0,1 mm/an de sols formés.

Indépendamment du modelé du relief, tous les sols sont naturellement soumis à l'érosion.

Érosion du sol = amincissement de la couche arable d'un champ sous l'effet des forces érosives naturelles de l'eau et du vent, ou sous l'effet des activités agricoles, comme le travail du sol.

La dégradation des sols touche tous les continents. Nbx zones du globe, diminution de la quantité de sol par érosion hydrique (par ravinement) ou éolienne.

II.3.1 L'érosion hydrique, principale responsable de l'érosion des sols

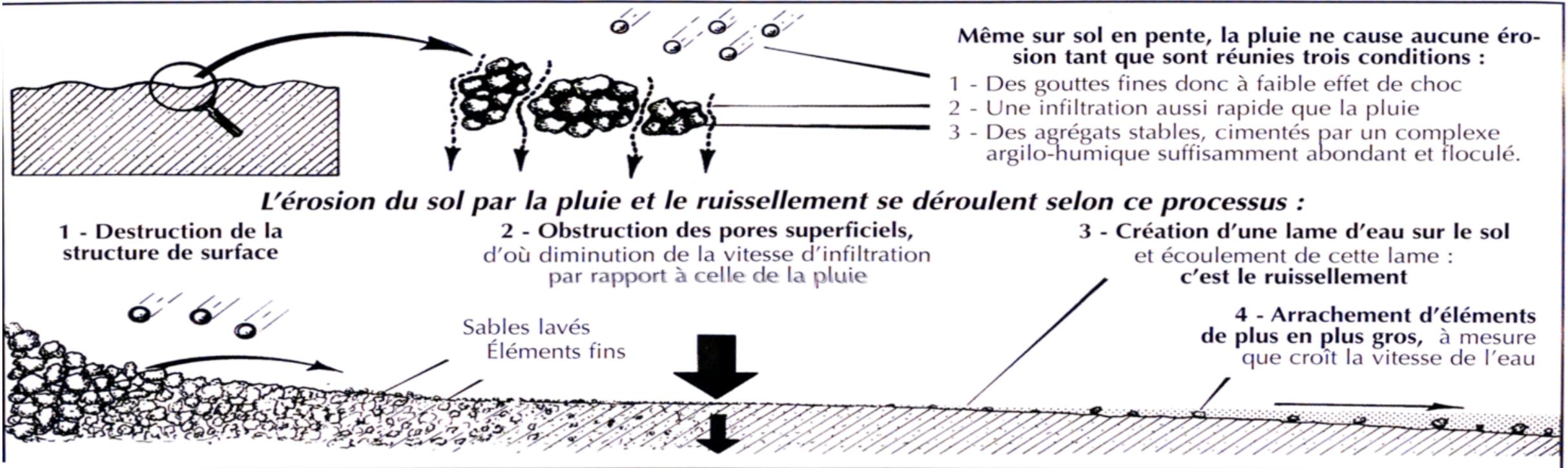


Force érosive de l'eau attribuable à la concentration de l'écoulement des eaux de ruissellement.



Force érosive du vent dans un champ non protégé.

→ Sol 7 : L'érosion du sol par la pluie et le ruissellement



Érosion hydrique = conséquence du ruissellement de l'eau qui arrache et emporte les particules des horizons superficiels. Ce ruissellement survient lorsque l'eau des précipitations ne peut plus s'infiltrer soit :

- ✓ parce que le sol est saturé en eau (sol peu épais par exemple),
- ✓ parce que le débit de précipitation > capacité d'infiltration du sol

Pour un sol donné, l'érosion hydrique est d'autant plus forte que la vitesse de ruissellement est grande : l'énergie est alors suffisante pour emporter des fragments de taille plus importante (cf. diagramme de Hjulström).

Cette érosion hydrique dépend de différents facteurs :

La végétation limite l'érosion en favorisant l'infiltration de l'eau :

- ✓ elle fait obstacle au ruissellement,
- ✓ elle augmente la macroporosité du sol (qui favorise l'infiltration) directement via les racines et indirectement via son effet positif sur la pédofaune (en particulier les vers de terre).

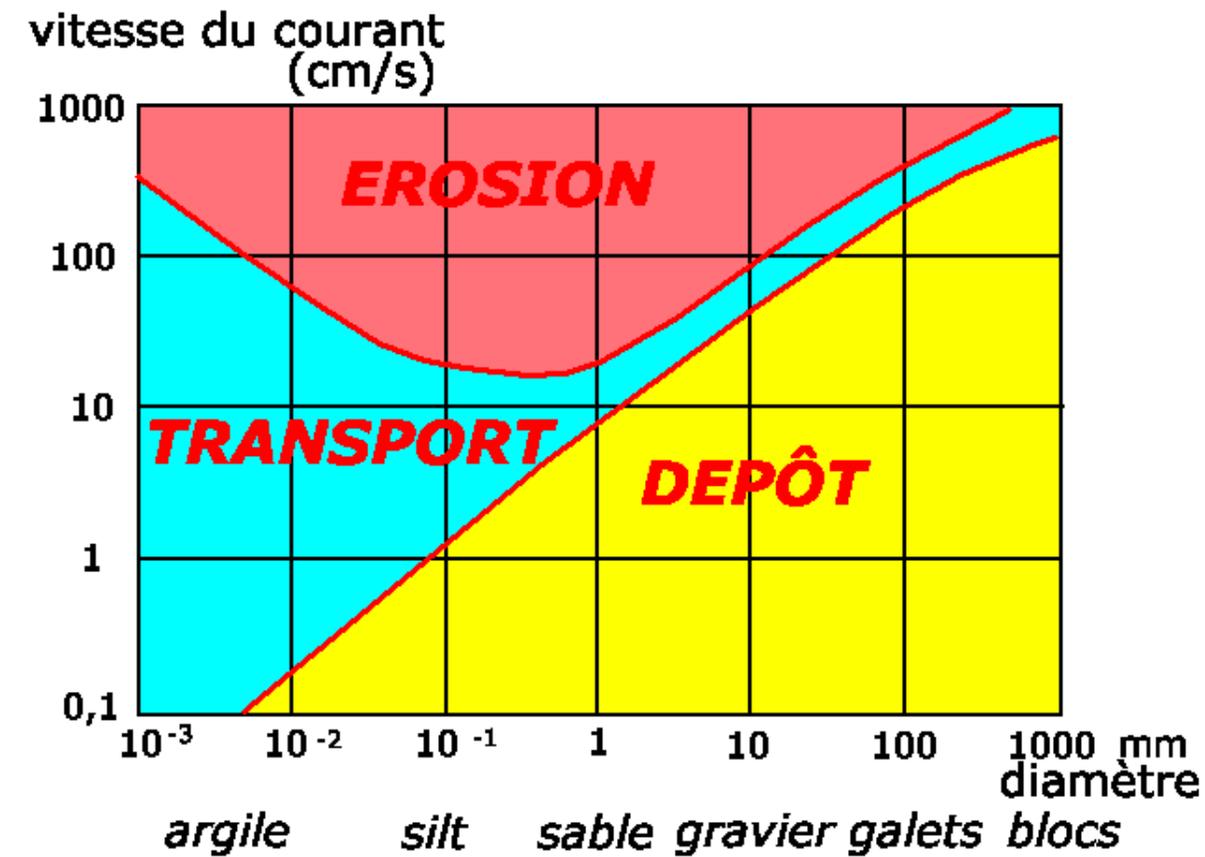


Diagramme de Hjulström

comportement des particules en fonction de leur taille et de la vitesse du courant.

Quantité des éléments transportés dépend du fluide : vitesse et viscosité
des éléments : taille, forme, densité.

Écoulement de l'eau → force verticale, de bas en haut, qui s'oppose au poids apparent des éléments et tend à les soulever. Cette force est proportionnelle à la vitesse du courant.

Petits éléments (argiles, sables) : arrachés du fond et transport par suspension Toute diminution de vitesse produit leur chute.

Gros éléments : s'élèvent épisodiquement au-dessus du fond = saltation
roulent ou rampent sur le fond.

Vitesses élevées : particules arrachées du fond (érosion) et transportées.

Vitesses plus faibles : petites particules déjà arrachées transportées, les plus grosses restent sur le fond.

Les particules argileuses demandent une plus forte énergie d'arrachement que les sables car elles sont plus cohérentes entre elles et offre à l'eau une surface plus lisse que les sables

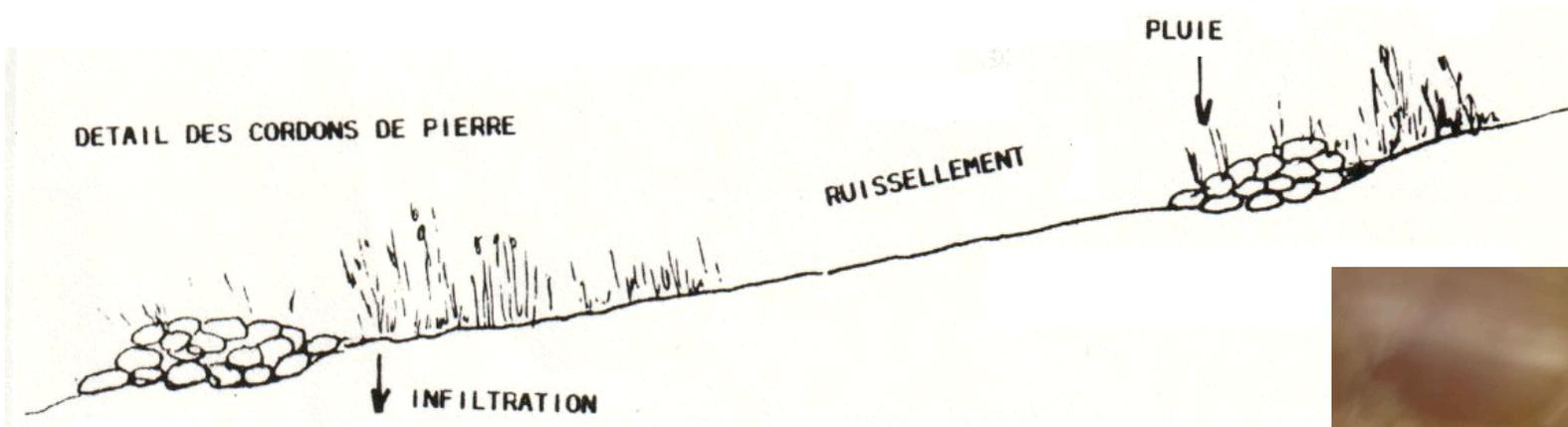
La **stabilité des agrégats** du sol réduit la sensibilité à l'érosion hydrique. Un sol avec des agrégats stables s'érode moins facilement qu'un sol pauvre en argiles et en MO

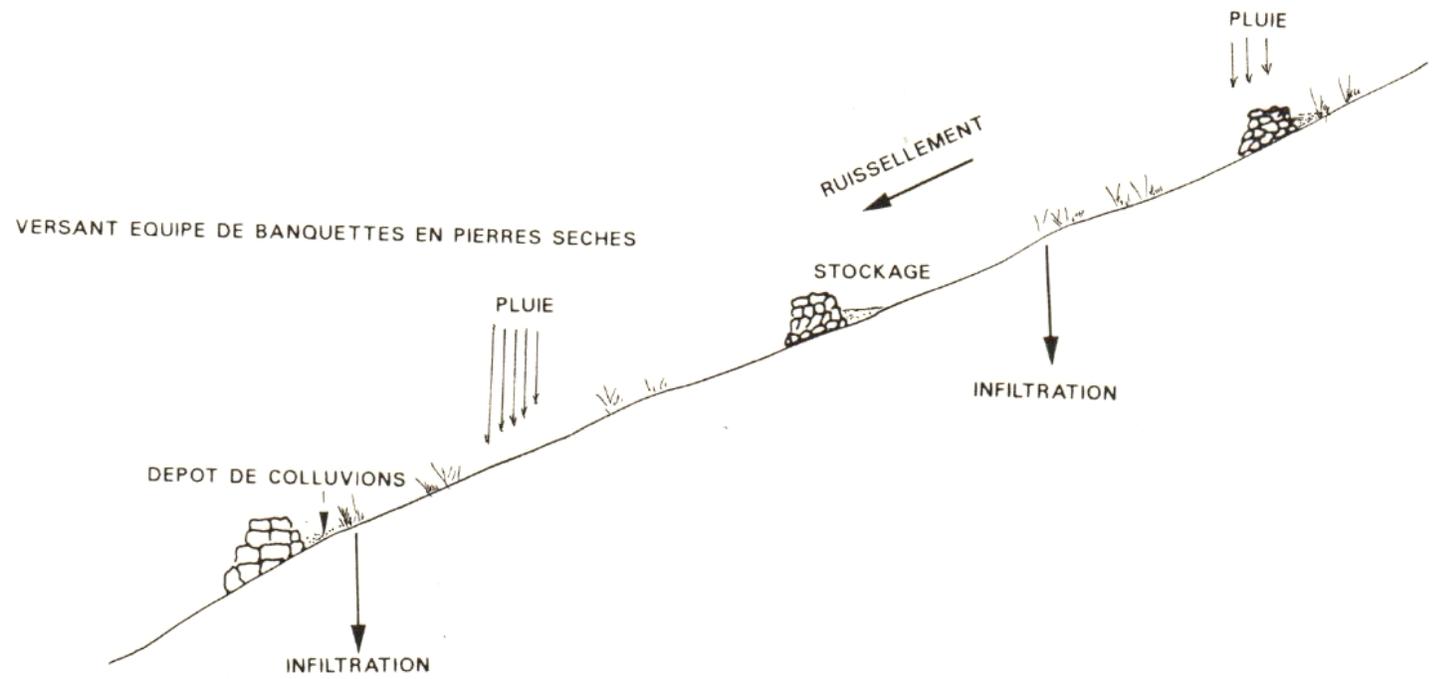
Le **débit des précipitations**, lorsqu'il est très grand, réduit la proportion d'eau qui s'infiltré et augmente donc le débit de ruissellement, ce qui entraîne alors plus de particules.

La **pente**: plus elle est forte, plus la vitesse d'écoulement est grande → infiltration limitée et énergie du ruissellement suffisamment forte pour arracher les particules du sol.

Une **surface irrégulière** du sol augmente la capacité d'infiltration. Au contraire, certains sols (limoneux en particulier) peuvent former une **croûte de battance** : précipitations violentes → dissociation des agrégats de surface → libération de fines particules qui s'étalent, se tassent → croûte dure et lisse qui bouche la porosité et empêche l'infiltration d'eau.

Les **sillons** laissés par le passage des machines agricoles sont des zones privilégiées d'écoulement d'eau, d'autant plus si elles sont orientées selon le sens de la pente.





II.3.2 L'impact des pratiques culturelles

Sols nus, secs et exposés les + vulnérables. Cultures qui produisent peu de résidus (soja, nbrx cultures légumières) n'opposent pas toujours une résistance au vent suffisante. Dans les endroits très venteux, parfois cultures qui produisent bcp de résidus ne protègent pas suffisamment le sol.

Couvert végétal le plus efficace = culture de couverture + plantations brise-vent à des endroits stratégiques, combinées à un bon travail du sol, à une bonne gestion des résidus et à un choix approprié de cultures.

Nature de la couverture végétale	(Ruissellement/ Infiltration) x 100
Forêt	2 %
Prairie	5 %
Blé, orge	25 %
Maïs, coton	50 %

C'est la forêt qui limite le plus le ruissellement par son couvert végétal et sa litière.

Mais d'autres expérimentations placent la prairie en tête.

Les végétaux permettent grâce à leurs racines de limiter le départ des particules plus ou moins fines dans l'eau de ruissellement

Le choix des pratiques culturales peut modifier l'intensité de l'érosion des sols.

Pratiques favorisant l'érosion	Pratiques limitant l'érosion
<p>sols laissés à nu entre 2 cultures</p> <p>travail du sol (labour)</p> <p>openfield (absence de haies)</p> <p>déforestation</p>	<p>entretien de haies ou de murets perpendiculaires à la pente</p> <p>couverture permanente des sols (cultures intermédiaires, ...)</p> <p>dépôt de matière organique morte sur les sols (paillage, ...)</p> <p>agroforesterie (association d'arbres et de cultures ou de prairies sur une même parcelle)</p> <p>culture en terrasses pour les zones en pente</p>

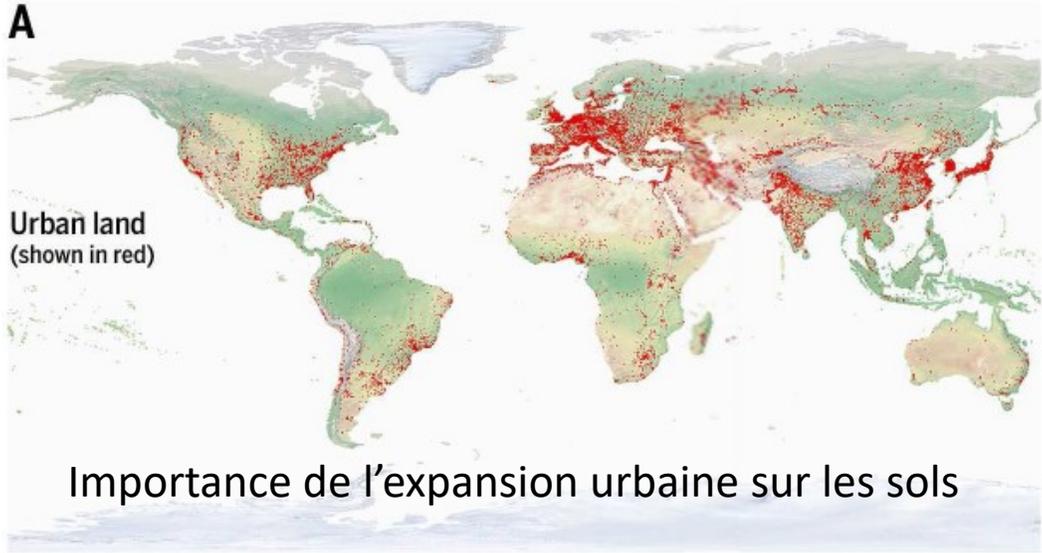
II.3.3 Les conséquences de l'érosion des sols

Érosion des sols → importantes conséquences agricoles et environnementales :

- **dégradation des sols agricoles** = processus qui réduit la capacité actuelle et/ou potentielle des sols à produire (quantitativement ou qualitativement). La perte des particules fines (argile/limons) de l'horizon supérieur et des éléments nutritifs solubles → moindre réserve en eau et une moindre capacité de rétention des ions. Une diminution de l'épaisseur des sols et/ou la formation de ravines limitent également la capacité d'implantation de l'appareil racinaire et rendent plus difficile le travail de la parcelle.
- **accumulation**, dans les cours d'eau en aval, **des particules et polluants** (engrais, pesticides) emportés par les eaux de ruissellement.
- **libération du carbone stocké** dans le sol sous forme de MO (voir I).

II.4 Artificialisation des sols et la réduction des services écosystémiques

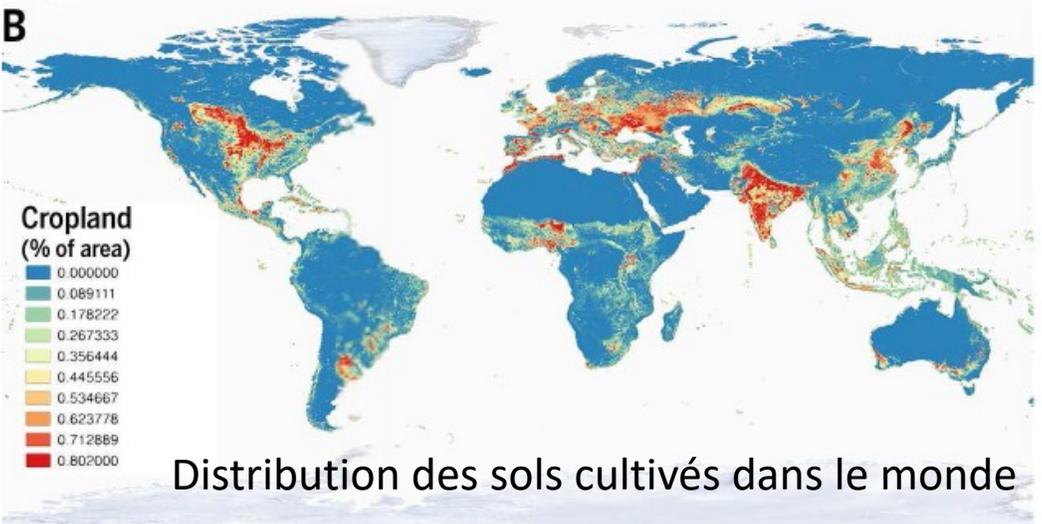
➤ Artificialisation – imperméabilisation des sols



*Amundson et al.,
Science, 2015*

Les sols les plus productifs sont les plus touchés...

Hot-spots mondiaux : **Europe, Inde, Est de la Chine, Japon, Corée du sud, Est de l'Amérique du nord et du sud, Golfe de Guinée, Californie, pourtour méditerranéen...**



*En France métropolitaine : 27 m²/s
soit environ un département tous
les 7 à 10 ans ...*

➤ Quelles menaces sur les sols français ?

Imperméabilisation du territoire

- ❖ La part des terres artificialisées varie entre **5,5 %** du territoire français en 2012 soit 3 millions d'ha (*Corine Land Cover*) et **9,3 %** en 2014 soit 5,1 millions d'ha (*Teruti-Lucas*).
- ❖ Croissance de l'artificialisation :
 - **16 000** ha/an entre 2006 et 2012 (CLC)
 - **61 200** ha/an entre 2006 et 2014 (T-L)
- ❖ Variable selon l'outil de mesure mais la tendance est la même : **progression continue** des surfaces artificialisées au détriment des surfaces naturelles, forestières et agricoles



 SOLS ARTIFICIALISÉS ET PROCESSUS D'ARTIFICIALISATION DES SOLS : DÉTERMINANTS, IMPACTS ET LEVIERS D'ACTION

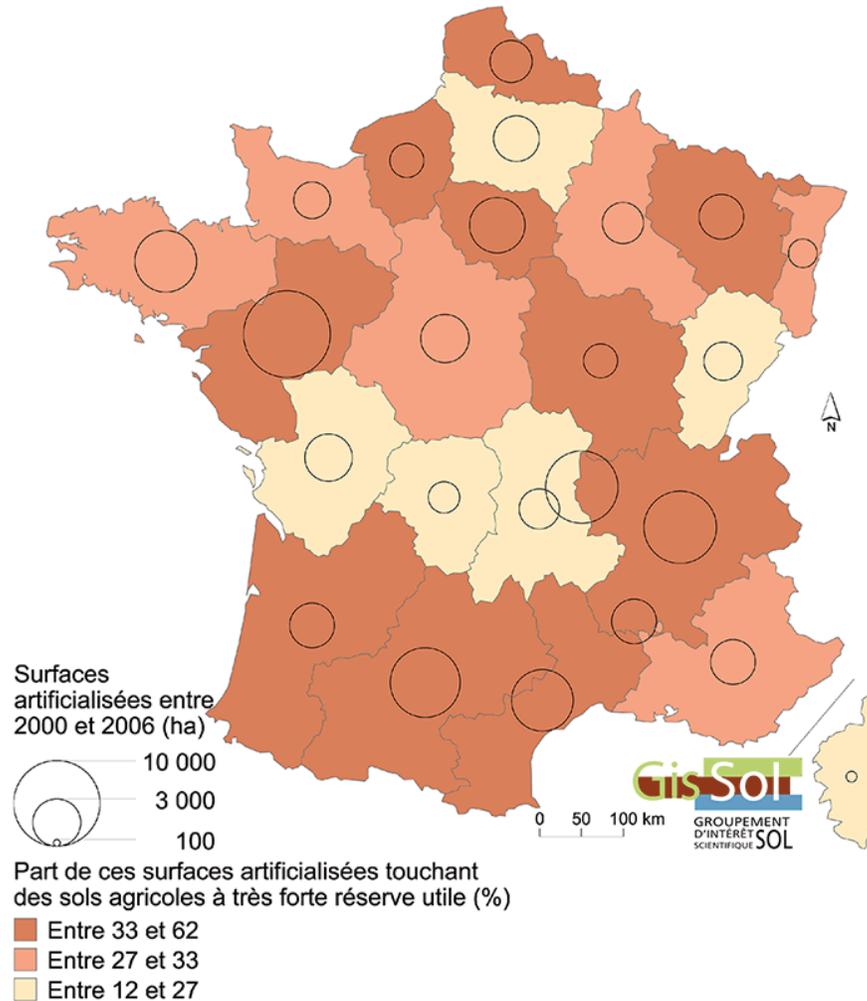
RÉSUMÉ DE L'EXPERTISE SCIENTIFIQUE COLLECTIVE - DÉCEMBRE 2017



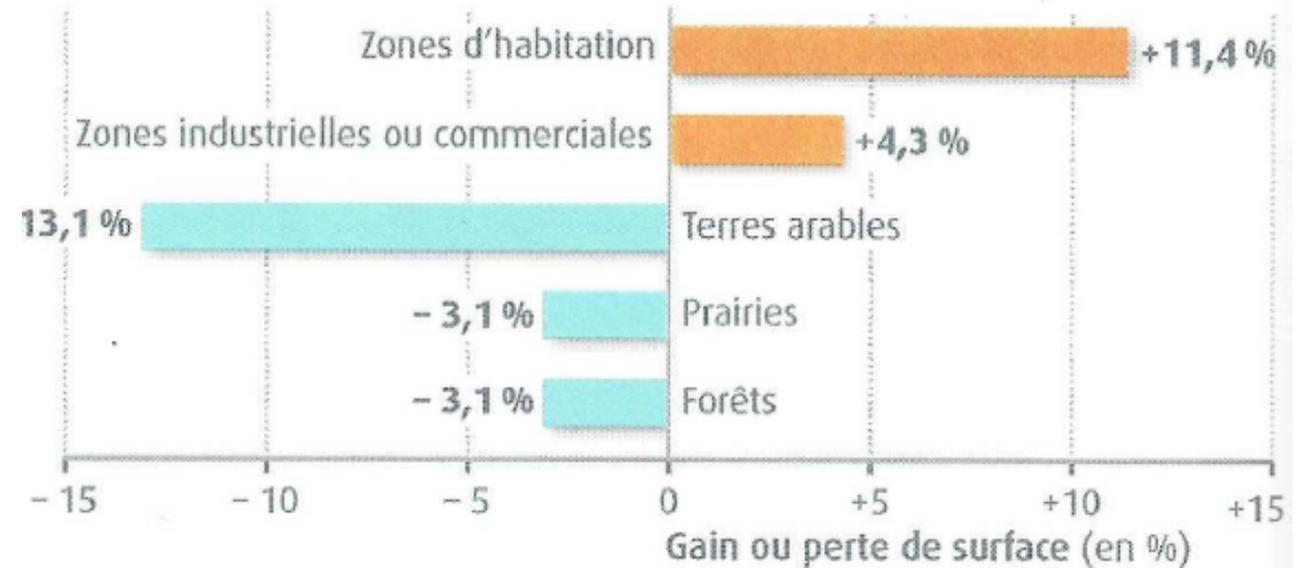
<http://www.assemblee-nationale.fr/15/pdf/rap-info/i1460.pdf>

<http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Expertises/Toutes-les-actualites/Sols-artificialises-et-processus-d-artificialisation-des-sols#>

→ Sol 8 : L'artificialisation des sols en France



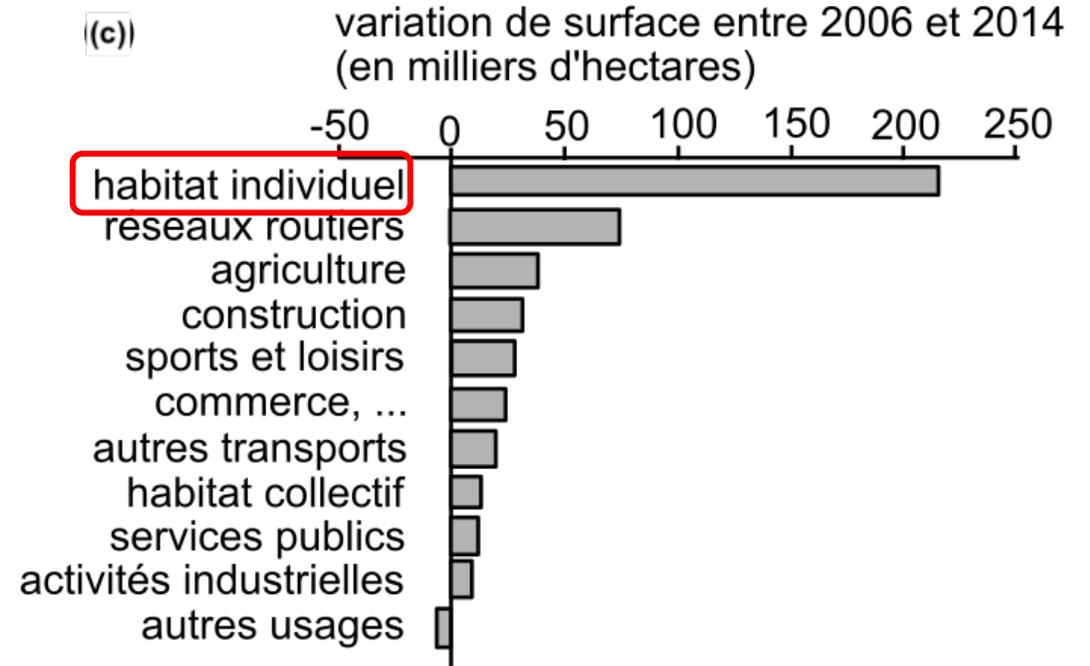
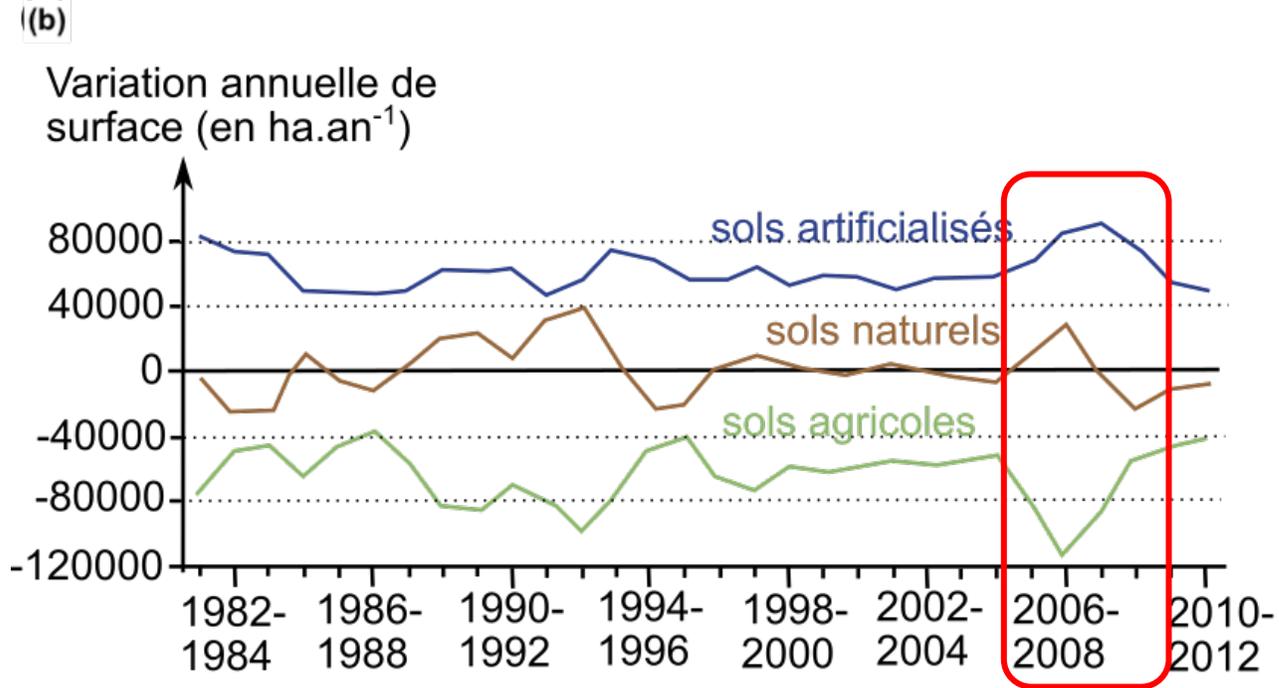
Urbanisation → diminution de la surface des sols cultivables (progression des zones urbaines et industrielles) → diminution irréversible de la surface des sols cultivés + pollution des sols, qui deviennent impropres à la mise en culture.



Évolution de l'occupation des sols à proximité des grandes villes françaises entre 1990 et 2000.

L'urbanisation provoque la disparition d'une surface de sol équivalente à un département français tous les dix ans.

→ Sol 9 : Artificialisation des sols et solde des flux



Taux relativement stables au cours du temps depuis les années 80 : artificialisation des sols très importante (autour de 60 000 ha/an), essentiellement aux dépens des sols agricoles. La surface de sols naturels est, elle, relativement peu touchée. On voit donc que l'on détruit d'importantes surfaces de terres agricoles pour en faire des sols artificialisés.

→ Cette artificialisation des sols est très majoritairement la conséquence de la construction d'habitat individuel et d'infrastructures de transport.

CONCLUSION



- 1- Le sol : un carrefour multifonctionnel
- 2- Le sol : une organisation interne systémique
- 3- Les sols sont pourvoyeurs de services écosystémiques
- 4- Les sols constituent une ressource naturelle non renouvelable à l'échelle humaine et menacée

La destruction d'un sol est difficilement réversible et sa réhabilitation est très coûteuse.

Menaces pesant sur les sols : diminution de la quantité de sol et de la qualité des sols

- ✓ par érosion qui enlève chaque année beaucoup plus de sol qu'il ne s'en forme (10 à 50 fois plus).
- ✓ par détournement de leur fonction biologique : les sols sont recouverts de routes, d'usines, de maisons... L'urbanisation aboutit à une artificialisation des sols, provoquant une perte de surface agricole qui ne peut plus être exploitée pour la production alimentaire
- ✓ pollution, salinisation, perte d'humus (souvent ce sont les conséquences de la surexploitation des sols).

Les usages et le devenir de cette ressource constituent un enjeu collectif pour le développement durable.