

Chapitre 26

Les enjeux de la gestion des sols

Cours

PLAN DU CHAPITRE

- 1 Les sols, pourvoyeurs de services écosystémiques
- 2 Impacts des activités humaines sur les sols

ZOOM

- 1 Érosion des sols
- 2 Pratiques agricoles et stock de carbone des sols

Voir chapitre 25, § 3.4

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 ?**

1 Les sols, pourvoyeurs de services écosystémiques

1.2 Services d'approvisionnement : les sols, supports de la production alimentaire

a) Le sol fournit des services d'approvisionnement

Pour les plantes, le sol représente à la fois :

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

Si on exclut le cas des cultures hydroponiques, le sol constitue donc le support nécessaire à la production primaire agricole, elle-même base de la production alimentaire : directement pour les aliments végétaux (céréales...) ou indirectement en tant que nourriture pour les animaux d'élevage.

Voir chapitre 25

b) Le sol constitue une ressource limitée

La forte augmentation de la population mondiale pose la question de l'**utilisation des sols** pour la production alimentaire : comment nourrir les plus de 9 milliards d'individus attendus en 2050 (contre 2,6 milliards en 1950) ? Face à ce défi, plusieurs pistes peuvent être envisagées.

- L'augmentation des **rendements agricoles** a permis depuis les années 1960 une forte augmentation de la production alimentaire mondiale ($\times 3$ environ). Cependant, les rendements élevés de l'agriculture intensive sont généralement atteints grâce à des 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** pourrait permettre d'augmenter la production alimentaire. Cependant, l'essentiel des terres actuellement 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, en particulier de forêt tropicale et de savane. Leur mise en culture aurait un impact majeur sur la biodiversité et les populations locales, et s'accompagnerait d'une libération drastique du carbone stocké dans ces sols, amplifiant alors le réchauffement climatique. De plus, différents phénomènes aboutissent à des pertes de surfaces agricoles favorables à la production alimentaire : l'artificialisation des sols (voir § 2.2), la concurrence des productions non alimentaires comme les biocarburants, la dégradation des sols...
- Une **modification de la nature et de la répartition des productions alimentaires** peut permettre de limiter les besoins en terres cultivées. Ainsi, la production d'un kilogramme 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. D'après une étude de l'INRAE et du Cirad de 2018, il serait possible de nourrir la population mondiale en 2050, sans augmentation notable des surfaces cultivées, grâce à un rééquilibrage des régimes alimentaires entre pays. Pour les pays occidentaux, cela signifie une réduction de moitié de la consommation de viande et une réduction d'un quart des calories consommées quotidiennement.

ZOOM 1

Érosion des sols

1.2 Services de régulation : les sols, puits de carbone

a) Stock de carbone dans les sols et enjeu climatique

Les stocks de carbone organique dans les sols (sur l'horizon 0-100 cm) sont 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 carbone stocké dans les sols ou, au contraire, la séquestration de carbone supplémentaire dans les sols peuvent donc avoir des effets majeurs sur le climat. Par exemple, 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. Une étude de l'INRAE, remise en juin 2019, estime que la mise en œuvre de pratiques stockantes en agriculture (agroforesterie, cultures intermédiaires...) pourrait compenser 6,8 % des émissions françaises de **gaz à effet de serre**. Néanmoins, le stockage de carbone ne doit pas être utilisé comme critère unique pour décider de l'usage d'un sol et doit donc s'ajouter à une diversité d'enjeux, incluant notamment la production agricole, la biodiversité, les pratiques locales...

La quantité de carbone stocké dans un sol dépend fortement du mode d'occupation de ce sol. Le stock de carbone des sols est 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). Pour ces dernières, l'érosion des sols, l'exportation de matière organique et la plus faible activité des organismes du sol amoindrissent le stock de carbone.

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).

Voir chapitre 24, § 1

ZOOM 2

Pratiques agricoles et stock de carbone des sols

b) Origine et variation du stock de carbone d'un sol

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.

Voir chapitre 25, zoom 1

Les phénomènes pouvant modifier le stock de carbone des sols

Le stock de carbone accumulé dans un sol correspond à la somme de ce qu'il reste des apports annuels passés. Il est donc déterminé par trois facteurs (figure 26.1).

- **Les flux entrants** de carbone dans le sol sont plus ou moins importants. Ils correspondent aux matières organiques mortes 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.
- **La matière organique du sol est plus ou moins stable** : une minéralisation plus intense est associée à un moindre stockage, tandis que les mécanismes qui soustraient la matière organique à la minéralisation favorisent le stockage. Les processus de stabilisation de la matière organique 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 carbone peuvent être plus ou moins grands. Outre la minéralisation, l'érosion du sol, en particulier de l'horizon superficiel riche en matière organique, réduit le stock de carbone du sol. Ainsi, dans les systèmes de grandes cultures, la vitesse d'érosion est multipliée par 100. À l'échelle mondiale, cette érosion des sols pourrait être responsable du déstockage de 0,3 à 1 GtC/an. Le carbone peut aussi quitter le sol sous forme de matière organique entraînée sous forme dissoute qui rejoint les nappes et les cours d'eau.

ZOOM 2

Pratiques agricoles et stock de carbone des sols

Voir Chapitre 25, zoom 1

ZOOM 1

Érosion des sols

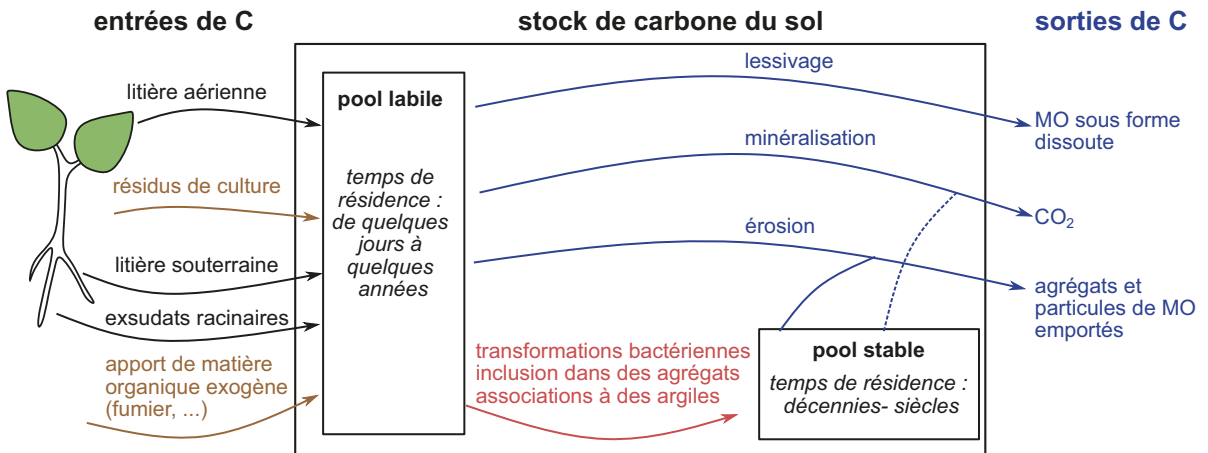


Figure 26.1 Flux et stock de carbone dans le sol.

Le sol est une **ressource limitée** qui peut faire l'objet d'usages parfois concurrents : production alimentaire, production de biocarburants, stockage de carbone, urbanisation... L'usage d'une surface de sol est donc l'objet d'un choix qui peut privilégier l'un des objectifs ou essayer d'en combiner plusieurs.

2 Impacts des activités humaines sur les sols

2.1 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 (figure 26.2). L'objectif est d'enfouir les résidus de culture et les adventices (« mauvaises herbes ») pour « préparer » le sol à accueillir les semis.

La pratique du labour peut aboutir à la formation d'une **semelle de labour**, couche de sol fortement compacté sous la zone du passage du soc de charrue. La très faible porosité de cette semelle de labour limite l'infiltration de l'eau et la circulation des gaz, pouvant aboutir à des zones de sol anoxiques. De plus, cette couche compacte perturbe le développement de l'appareil racinaire des plantes.

Du fait des inconvénients de cette technique (tableau 26.1), le labour est parfois abandonné 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). L'arrêt du labour ou la réduction du travail des sols peut présenter plusieurs avantages, notamment une réduction de l'érosion, une plus grande biodiversité, une préservation de la fertilité et de la structure du sol, une baisse de la consommation d'énergies fossiles. Elle peut néanmoins présenter des difficultés pour l'élimination des adventices (voir partie S'entraîner : effets du labour).

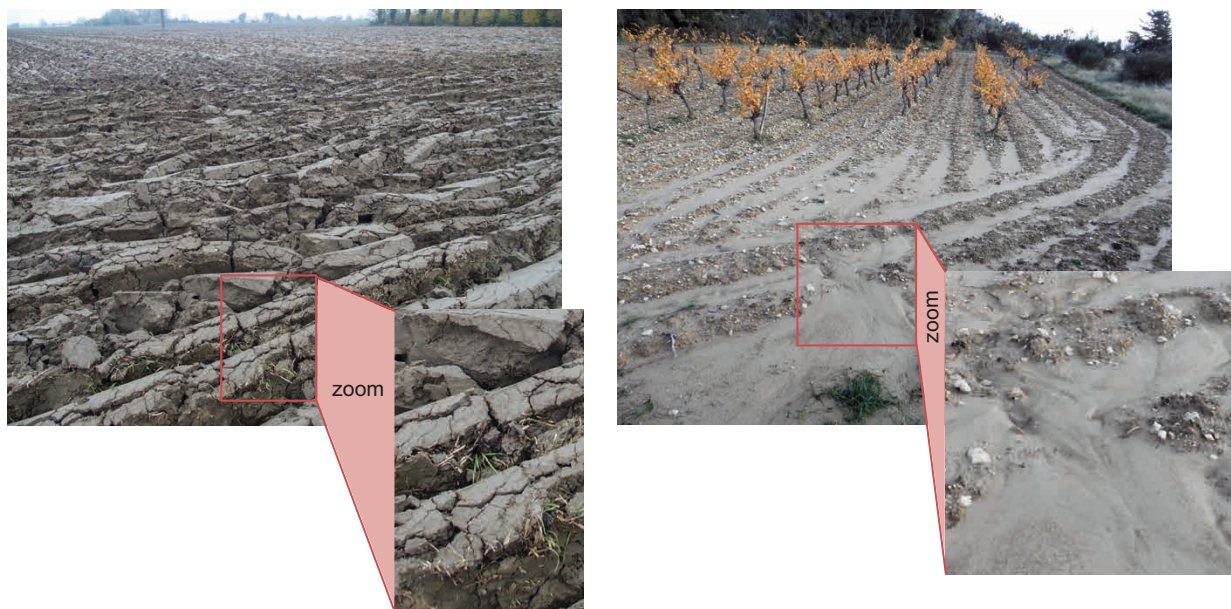


Figure 26.2 Labour et érosion.

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

Tableau 26.1 avantages et inconvénients du labour.

| Avantages | Inconvénients |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - enfouissement des adventices - aération du sol - incorporation de matière organique dans le sol (favorisant la minéralisation, la formation des complexes d'échange...) - infiltration de l'eau favorisée en surface | <ul style="list-style-type: none"> - sensibilité accrue à l'érosion (sol nu, ruissellement dans les rigoles) - perturbation de l'activité biologique (en particulier des vers de terre et champignons, mycorhiziens notamment) - formation possible d'une semelle de labour - coûts : temps de travail, machines, carburants... |



2.2 Artificialisation des sols

L'accroissement de la population mondiale, associé à la concentration de cette population dans les villes, aboutit à une extension importante des zones urbaines. Cette **urbanisation** se traduit par des constructions d'habitats et d'infrastructures (aéroports, autoroutes, zones commerciales et industrielles...). En France, entre 2006 et 2014, la surface des sols agricoles a diminué de 561 000 hectares (l'équivalent de la superficie du département des Hautes-Alpes), quasi exclusivement par artificialisation des sols (voir rubrique « S'entraîner », *Artificialisation des sols*). De plus, les surfaces ainsi artificialisées concernent souvent des sols de très bonne qualité agricole (sols fertiles et avec une bonne réserve en eau). C'est le cas, par exemple, de l'aéroport de Roissy (3 200 ha installés sur les terres limoneuses du Bassin parisien) ou des zones périurbaines, autrefois occupées par des exploitations maraîchères par exemple, et aujourd'hui grignotées par l'étalement urbain.

Outre la **destruction de surfaces agricoles**, cette artificialisation des sols provoque également une **imperméabilisation des sols**. Le ruissellement important qui en résulte favorise l'érosion des sols alentour et augmente fortement les risques d'inondations et de crues violentes. Enfin, ce ruissellement des eaux sur des surfaces urbanisées et industrielles aboutit à une pollution des sols et cours d'eau alentour.

ZOOM 1

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.

L'érosion hydrique, principale responsable de l'érosion des sols

- L'érosion hydrique est la 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), soit parce que le débit de précipitation est supérieur à la capacité d'infiltration du sol (flux d'eau qui peut s'infiltrer par unité de temps). 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. D'une part, elle fait obstacle au ruissellement, d'autre part 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).
- 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 matières organiques.
- 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.
- Plus la **pente** est forte, plus la vitesse d'écoulement est grande : l'infiltration est limitée et l'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** : au cours de précipitations violentes, les gouttes de pluie peuvent dissocier les agrégats de surface, libérant de fines particules qui s'étalent et se tassent, formant alors une croûte dure et lisse qui bouche la porosité et empêche l'infiltration d'eau.

Voir ouvrage
de 1^{re} année,
chapitre 25, § 3.1

- D'autre part, 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 (figure 26.2).

L'impact des pratiques culturales

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

| Pratiques favorisant l'érosion | Pratiques limitant l'érosion |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - sols laissés à nu entre 2 cultures - travail du sol (labour) - openfield (absence de haies...) - déforestation | <ul style="list-style-type: none"> - entretien de haies ou de murets perpendiculaires à la pente - couverture permanente des sols (cultures intermédiaires,...) - dépôt de matière organique morte sur les sols (paillage,...) - agroforesterie (association d'arbres et de cultures ou de prairies sur une même parcelle) - culture en terrasses pour les zones en pente |

Les conséquences de l'érosion des sols

L'érosion des sols a d'importantes conséquences agricoles et environnementales :

- une **dégradation des sols agricoles**, définie comme le 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 aboutit à une 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.
- une **accumulation**, dans les cours d'eau en aval, **des particules et polluants** (engrais, pesticides) emportés par les eaux de ruissellement.
- une **libération du carbone** stocké dans le sol sous forme de matière organique (voir § 1.2).

ZOOM 2

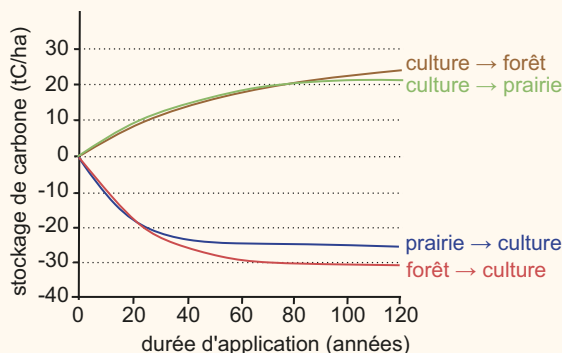
Pratiques agricoles et stock de carbone des sols

Des modes d'occupation plus ou moins favorables au stockage du carbone

Le mode d'occupation d'un sol (forêt, prairie, culture...) influence fortement la quantité de carbone stocké dans celui-ci. Ainsi, la mise en culture d'une zone de prairie ou de forêt libre, sous forme de CO₂ atmosphérique, une partie du carbone initialement stocké dans le sol. À l'inverse, la conversion de cultures en prairies aboutit à une séquestration de carbone dans les sols.

Variation du stock de carbone lors d'un changement d'occupation des sols.

Les graphiques donnent les évolutions du stock de carbone dans le sol, associées à différents changements d'usage des terres. D'après dossier INRA, « Le Sol », INRA mensuel, janvier 2009.





Quelques pratiques « stockantes »

Dans le cas des cultures, pour lesquelles le stock de carbone dans les sols est faible, un rapport de l'INRAE (« *Stocker du carbone dans les sols français* », 2020) quantifie l'impact de différentes pratiques culturales sur la séquestration de carbone dans les sols.

- Les **cultures intermédiaires** correspondent à des cultures présentes pendant la mauvaise saison, entre 2 cultures principales, pour lesquelles toute la biomasse est restituée au sol. Ces cultures permettent non seulement de limiter la **lixiviation** du nitrate lorsque le sol n'est pas couvert par la culture principale, mais elles permettent également un stockage additionnel de carbone (de l'ordre de 300 kgC/ha/an) dans les sols grâce à l'enfouissement de la biomasse produite.
- L'**agroforesterie** intra-parcellaire consiste à associer des arbres à des cultures ou des prairies. Abandonnées au cours du XX^e siècle du fait de la mécanisation de l'agriculture, des systèmes agroforestiers compatibles avec le passage des machines agricoles (alignements d'arbres à faible densité au sein de parcelles cultivées ou de prairies pâturées) se développent à nouveau en France. L'accroissement des entrées de matière organique au sol (litière issue des arbres, bandes enherbées sous les arbres...), associé à la réduction de l'érosion et la stabilisation des agrégats du sol, permettent un stockage additionnel de carbone dans les sols. Par ailleurs, ces pratiques présentent une productivité écologique plus grande que les monocultures car elles permettent une meilleure exploitation des ressources du milieu (eau, nutriments, énergie lumineuse) par la complémentarité des niches écologiques.
- L'introduction des **prairies temporaires** dans les rotations de culture (avec des phases de prairies de 3 ans au moins) permet une augmentation du stock de carbone, grâce à la non perturbation du sol couplée à une augmentation des entrées de carbone organique dans le sol (litière aérienne et souterraine, exsudats racinaires). L'alternance culture/prairie en systèmes de polyculture/élevage, avec des phases de prairie de 3 ans au moins, permet, à long terme, un stock de carbone du sol supérieur à celui des grandes cultures.
- L'apport de **matières organiques 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... Une partie de cette matière organique apportée est minéralisée et participe à la fertilisation des sols (donc à la production primaire), mais une autre partie du carbone organique est conservée dans le sol et contribue à augmenter le stock de carbone. La part du carbone apporté qui reste stockée dans les sols varie de 24 % pour des fumiers à 40 % pour les composts (issus de déchets verts par exemple).
- La **suppression du labour** (voir § 2.1) et le passage au **semis direct** ont constitué une piste pour favoriser la séquestration de carbone dans les sols. Cependant, les résultats des études sont contrastés et les méta-analyses semblent montrer que le semis direct (et donc l'abandon du labour) augmente le stock de carbone de l'horizon superficiel (sur les 10 premiers cm) mais réduit ce stock dans les horizons profonds (au-delà de 20 cm). Il ne semble donc pas y avoir d'effet significatif sur le stock global du sol.
- L'**enherbement des vignobles** par l'implantation de bandes herbacées entre les rangs de vigne permet le stockage de carbone dans les sols grâce à un retour de matière organique au sol. Il limite aussi l'érosion des sols (d'autant plus forte que les vignobles sont souvent implantés sur des terrains en pente) et améliore l'activité biologique et la fertilité des sols. Par ailleurs, les pratiques présentées ici présentent souvent d'autres effets bénéfiques : augmentation de la biodiversité des écosystèmes, réduction de l'apport d'engrais et de pesticides, réduction de l'érosion...

Voir S'entraîner :
exercice sur labour

Réviser

Résumé

- Les sols sont pourvoyeurs de **services écosystémiques** : ils sont notamment nécessaires à la production alimentaire (service d'approvisionnement) et permettent un stockage de carbone (pouvant limiter l'accumulation de CO₂ dans l'atmosphère).
- Les **pratiques agricoles** peuvent avoir des impacts positifs ou négatifs sur les sols (érosion, biodiversité, fertilité, stock de carbone...).
- L'urbanisation aboutit à une **artificialisation des sols**, provoquant une perte de surface agricole qui ne peut plus être exploitée pour la production alimentaire.

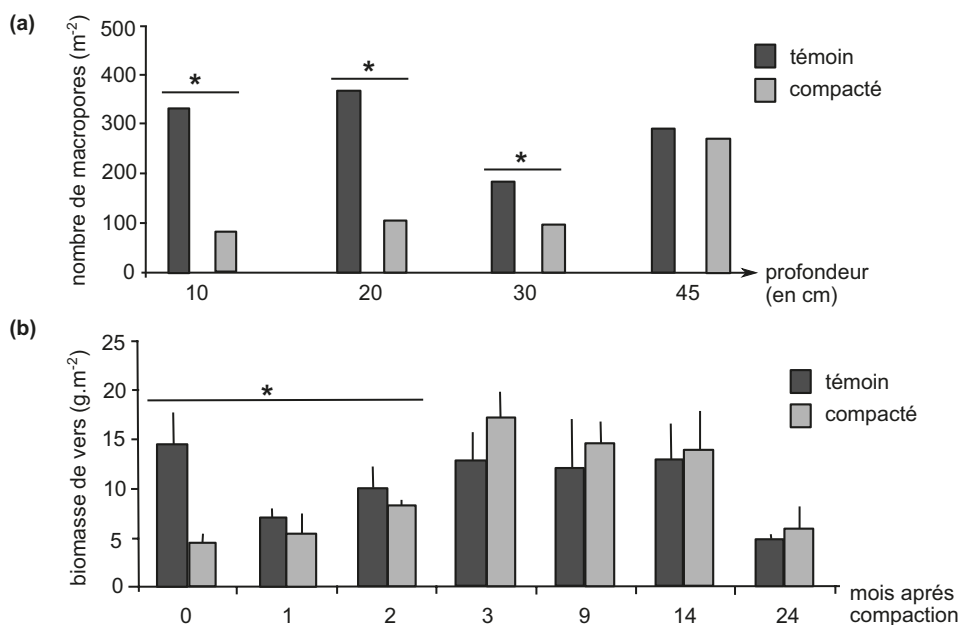
S'entraîner

Sujets sur documents (analyse et mise en relation)

Engins agricoles et compaction des sols

(D'après Capowiez et al., 2012. *Soil Biology and Biochemistry : Role of earthworms in regenerating soil structure after compaction in reduced tillage systems*)

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 26.3a). Ils ont en outre effectué un suivi de la biomasse de vers de terre pendant 24 mois (figure 26.3b), 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 26.3c).



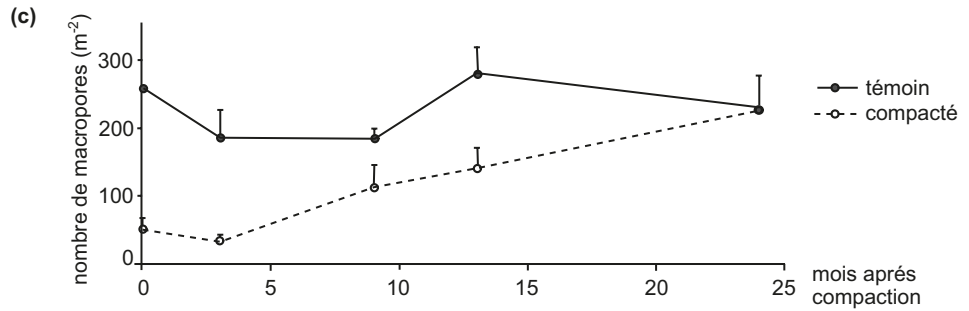


Figure 26.3 Passage d'une machine agricole et compaction du sol.

La présence d'étoiles indique une différence significative par rapport au témoin.

- 1 Déterminez l'impact du passage de l'engin agricole et précisez jusqu'à quelle profondeur il s'observe dans le sol étudié.
- 2 Caractérissez l'impact de la compaction sur les communautés de vers de terre, à différentes échelles de temps.
- 3 Caractérissez la dynamique d'évolution de la porosité du sol au cours du suivi de deux ans.
- 4 Synthétisez brièvement les résultats obtenus lors de cette étude.

Stocks de carbone organique dans les sols

La figure 26.4a présente les différences de stocks de carbone dans les sols suivant quatre grandes catégories d'utilisation. NB : les sols urbains ou imperméabilisés ne sont pas inclus dans ces données.

- 1 Quantifiez et interprétez les différences observées.

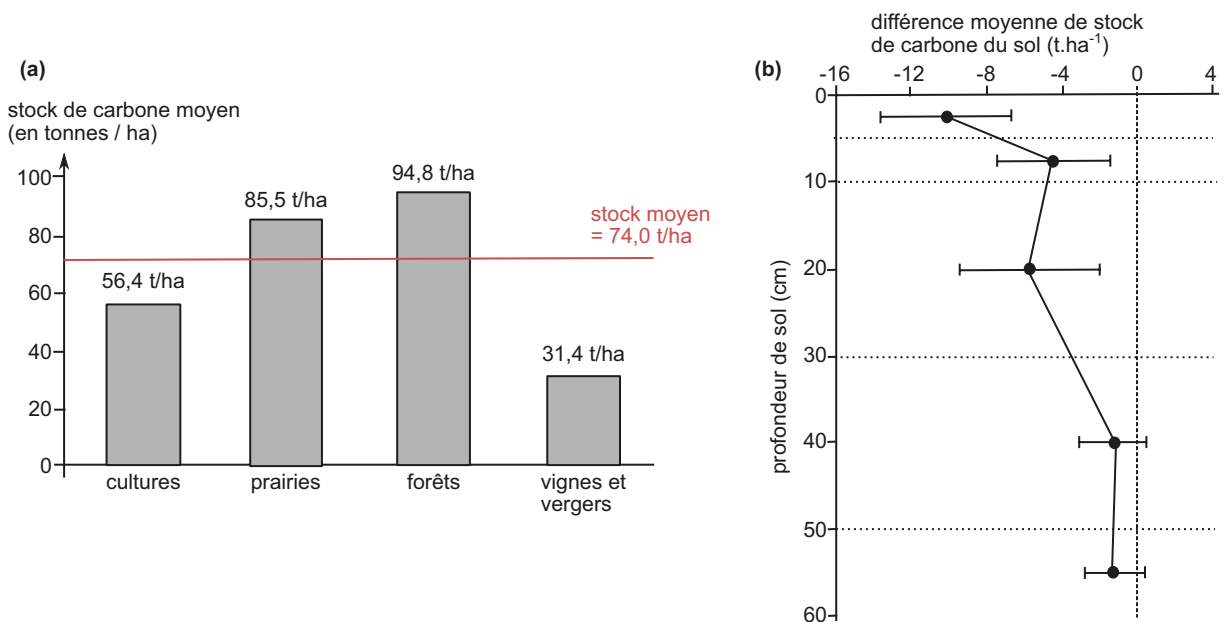


Figure 26.4 Stock de carbone dans les sols

(a) D'après Meersmans J. & al, 2012, *Agronomy for sustainable development*.

(b) D'après Luo Z. & al, 2010, in *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139.

Une valeur négative indique un plus faible stock de carbone dans les sols cultivés par rapport au sol témoin.

La [figure 26.4b](#), issu d'une méta-analyse, présente, pour différentes profondeurs, la différence des stocks de carbone, dans des sols cultivés et dans des sols adjacents non cultivés, abritant une végétation spontanée.

- Analysez et interprétez ces résultats en précisant quels seraient les effets de la mise en culture d'un sol préalablement recouvert par une végétation spontanée (modification d'usage des sols actuellement relativement peu courante en France mais ayant été historiquement très commune).

Questionner une pratique agricole : le labour

Le labour est une pratique agricole permettant notamment de limiter le développement des plantes adventices des cultures et de favoriser la minéralisation de la matière organique. Sa place dans les itinéraires culturaux fait l'objet de débats.

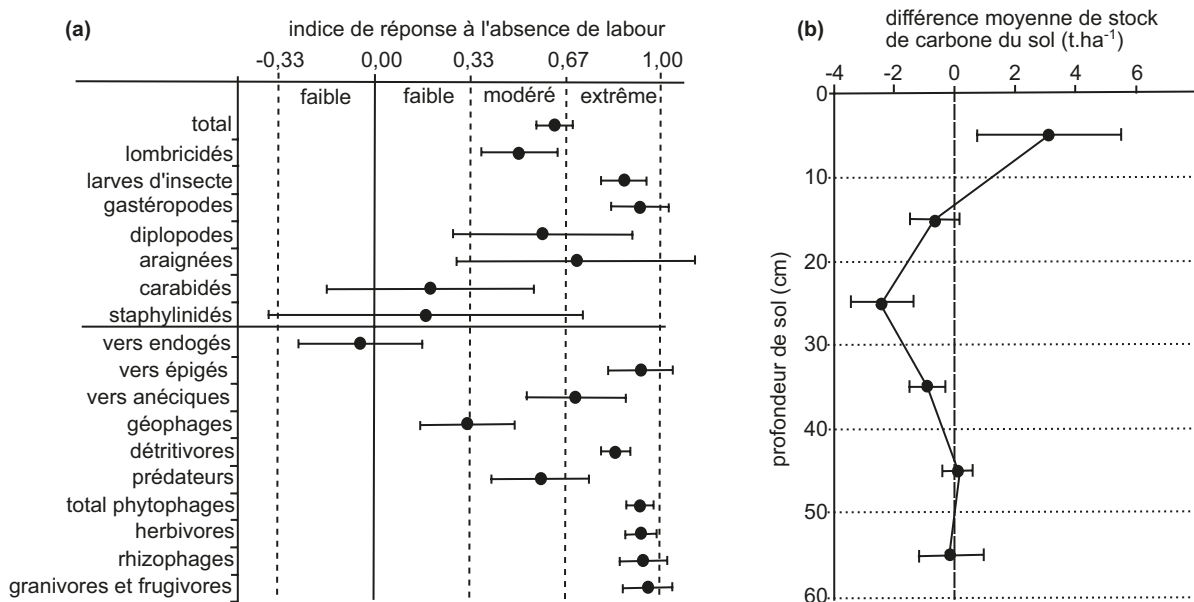


Figure 26.5 Impacts du labour sur la pédofaune (a) et le stock de carbone (b).

(a) D'après Bouthier, Impact du travail du sol sur son fonctionnement biologique, à partir des données de Henneron et al., 2015, *Agronomy for Sustainable Development* 35. Une valeur positive indique une plus grande abondance du groupe concerné en agriculture de conservation par rapport à l'agriculture conventionnelle.

(b) D'après Luo Z. & al, 2010, in *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139. Une valeur positive indique un contenu en carbone plus important dans le système sans labour par rapport au système conventionnel.

Les auteurs ont comparé les communautés biologiques des sols de parcelles 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 ».

La [figure 26.5a](#) présente un indice de réponse des différents groupes d'organismes du sol aux deux traitements.

- 1 Analysez succinctement les résultats obtenus, puis proposez deux hypothèses interprétatives. 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 26.5b](#) 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.
- 2 Analysez les résultats de la [figure 26.5b](#).

Artificialisation des sols

(D'après Desrousseaux M. & al.: *Sols artificialisés. Déterminants, impacts et leviers d'action*, Editions Quae, 2019)

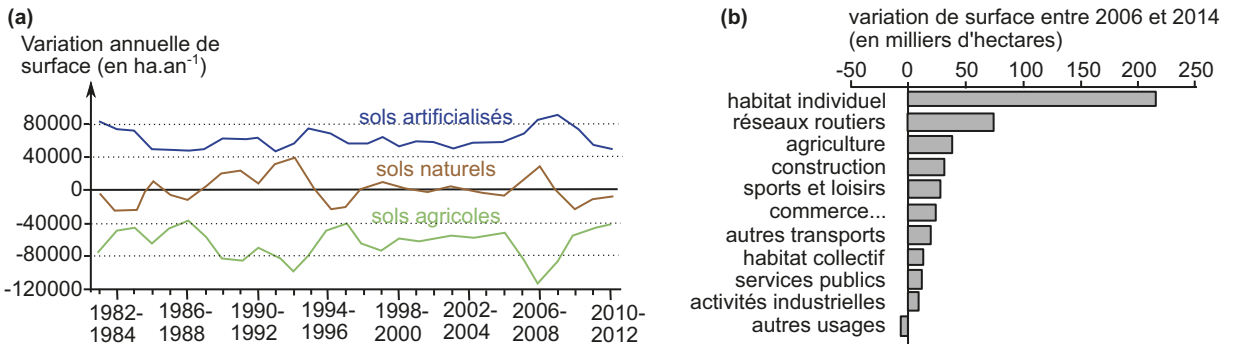


Figure 26.6 Artificialisation des sols.

- (a)** Variations annuelles de surfaces de sols selon leur occupation, d'après les données de l'enquête Teruti-Lucas. Les résultats sont présentés en moyenne mobile ; ex : « 2010-2012 » correspond à la moyenne des variations annuelles de surface entre 2010 et 2012.
- (b)** Solde des flux des sols artificialisés, entre 2006 et 2014, selon l'utilisation du sol, d'après Agreste 2015.

Les projets de développement économique et d'extension de l'habitat s'accompagnent d'une artificialisation des sols, associée à une perte de leur fonctionnement biologique et à une imperméabilisation.

La [figure 26.6a](#) présente les gains ou les pertes annuelles des sols agricoles, « naturels » ou artificiels, entre 1983 et 2014.

- 1 Quelle(s) information(s) pouvez-vous tirer de ce document ?
- La [figure 26.6b](#) présente, pour la période 2006-2014, la surface de sol artificialisée pour différents usages et objectifs.
- 2 Quelle(s) information(s) pouvez-vous tirer de ce document ?

Organisation fonctionnelle et biodiversité des sols

Activités pratiques

PLAN DU CHAPITRE

- 1 Comparaison des caractéristiques physiques de deux sols
- 2 Colloïdes du sol et capacité d'échange cationique
- 3 Étude de la chimie de la solution du sol
- 4 Les êtres vivants et leurs impacts sur le fonctionnement du sol

Introduction

Un agriculteur ou un gestionnaire d'espace naturel peuvent demander une analyse de terre à un laboratoire afin de connaître les caractéristiques physiques et chimiques du sol d'une parcelle et ainsi adopter des pratiques adaptées à leur terrain (espèce et variété à privilégier, irrigation, apports d'engrais...). Sans être aussi précis et exhaustif qu'au laboratoire d'analyse, nous verrons ici comment on peut évaluer certaines caractéristiques d'un sol avec le matériel disponible dans un lycée.

1 Comparaison des caractéristiques physiques de deux sols

Nous cherchons ici à évaluer les caractéristiques physiques de deux sols (le sol 1 provenant d'un champ proche d'Armentières, le sol 2 échantillonné dans un jardin lillois, situés tous les deux dans le Nord), afin de comprendre leurs différences fonctionnelles.

1.1 Détermination de la texture

a) Approche macroscopique

Critères tactiles

On peut estimer grossièrement la texture d'un sol sur le terrain ([figure TP15.1a](#)). Un sol sableux est rugueux au toucher et présente un aspect granuleux (cf. sol 2 à droite). Au contraire, on peut former un petit boudin avec un sol contenant au moins 20 % d'argile ; si le boudin se casse quand on le courbe, le sol contient moins de 30 % d'argile (cf. sol 1 à gauche).

Visualisation des catégories de particules par décantation

L'agitation d'un échantillon de sol dans une éprouvette remplie d'eau permet de dissocier, au moins partiellement, les particules constitutives des agrégats. Celles-ci retombent ensuite selon une granulométrie décroissante : d'après la loi de Stokes, la vitesse de sédimentation des particules est proportionnelle au carré de leur rayon.

On constate ici qualitativement que le sol 1 est beaucoup plus riche en particules fines (argiles et limons) que le sol 2, essentiellement constitué de particules sableuses ([figure TP15.1b](#)).

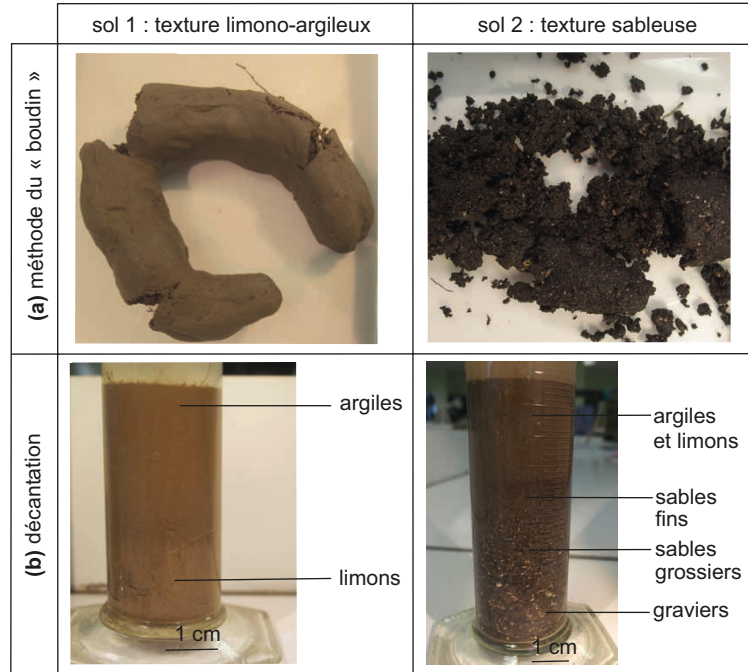


Figure TP15.1 Comparaison macroscopique de la texture des deux sols.
(a) aspect macroscopique ; (b) constituants séparés par décantation.

b) Éliminer et quantifier la portion organique du sol

Dans un laboratoire d'analyse, la quantification de la texture est réalisée à partir de la seule portion minérale du sol. On peut éliminer complètement la fraction organique, par exemple en chauffant le sol à haute température (550 °C) pendant plusieurs heures dans un « four à moufle » : la matière organique est alors oxydée, en CO₂ essentiellement. En mesurant la « perte au feu » (masse perdue lors de cette calcination), on en déduit le pourcentage de la composante organique du sol.

Pour des raisons d'équipement et de sécurité, cette méthode n'est pas envisageable dans un TP au lycée. Pour une analyse de texture, on pourra se contenter d'enlever grossièrement les constituants organiques les plus grossiers (fragments de racines, de tiges...), la fraction organique ne représentant en général pas plus de 5 % de la masse de l'échantillon.

c) Séparer les catégories granulométriques à l'aide de tamis

Quantifier la texture d'un sol en le positionnant dans le triangle des textures nécessite de séparer les différentes fractions granulométriques afin de pouvoir les peser. Au lycée, une batterie de tamis de mailles différentes (ici, de 0,115 mm à 2 mm) permet de séparer les particules les plus grossières (sables et graviers). D'autres techniques (pipette dite de Robinson...) permettent d'estimer les proportions d'argiles et limons en s'appuyant sur la loi de Stokes (une particule sédimente d'autant plus lentement que son rayon est petit), mais ces techniques nécessitent un équipement non disponible au lycée.

Pour chacun des deux sols analysés, on procède aux étapes suivantes :

- séchage à l'étuve (105 °C pendant 24 heures) d'un échantillon de sol (environ 200 g) ;
- pesée de la masse sèche totale de l'échantillon ;
- 1^{er} passage au tamis de maille 0,115 mm, sous le robinet, pour déstructurer les agrégats et éliminer les particules fines (argiles et limons) ;

Voir chapitre 25,
figure 25.6

- séchage à l'étuve (105 °C pendant 24 heures) des particules > 0,115 mm ;
- passage dans la colonne de tamis, à sec, afin de séparer les différentes catégories ;
- pesée de chacune des catégories granulométriques obtenues et calcul des pourcentages.

NB : la différence entre la masse totale de l'échantillon et la somme des masses des particules grossières (> 0,115 mm) permet de déduire la proportion de particules fines. Ici, on ne peut pas séparer limons et argiles, ce qui laisse une indétermination dans le positionnement du sol dans le triangle des textures.

Les résultats obtenus pour les deux sols étudiés (figure TP15.2) confirment que le sol 2 est beaucoup plus sableux que le sol 1, avec des sables plus grossiers que ceux du sol 1.

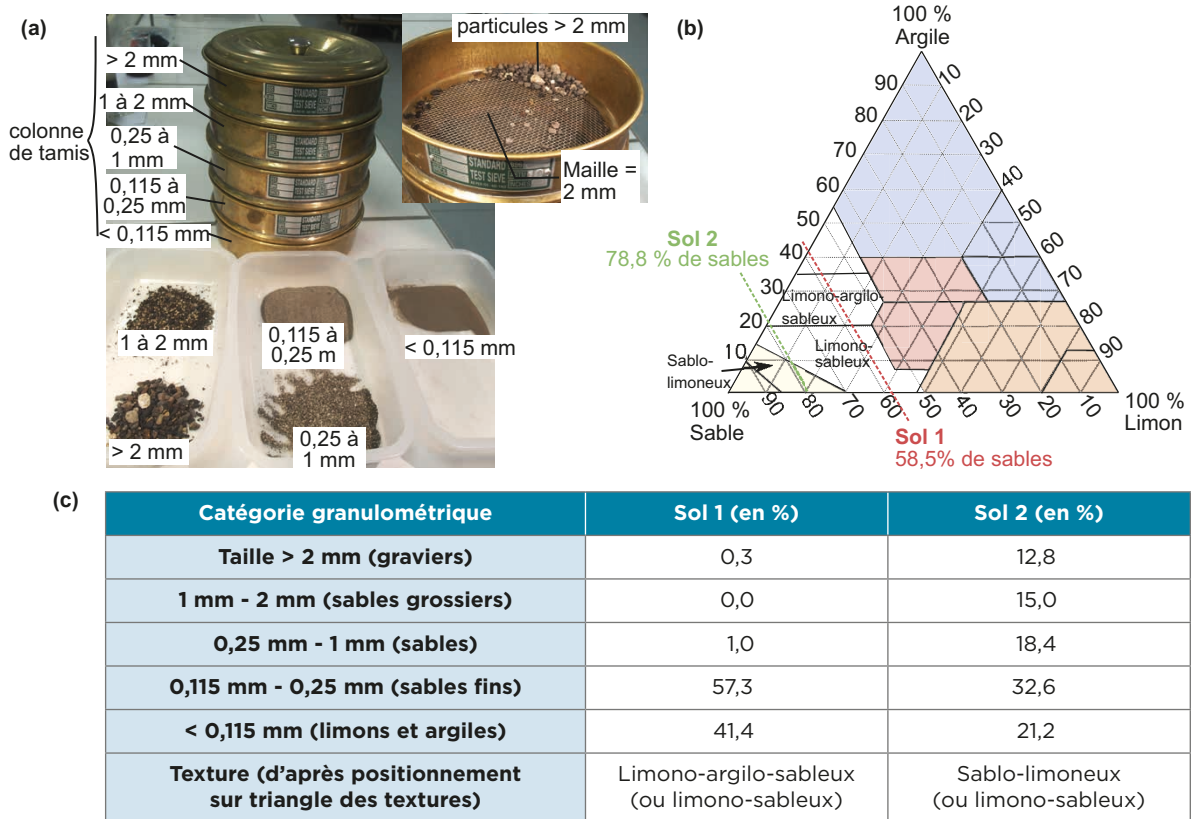


Figure TP15.2 Analyse texturale des 2 sols à l'aide de tamis.

(a) Catégories granulométriques du sol 2, séparées au tamis ; (b) positionnement (partiel) des deux sols dans le triangle des textures ; (c) résultats de l'analyse texturale des deux sols

NB : d'après la carte des sols de Geoportail : sol 1 = sol limono-argilo-sableux.

1.2 Mesure de la porosité et de la perméabilité

a) Porosité totale, microporosité et macroporosité

La porosité d'un sol correspond à l'ensemble des volumes situés entre les particules solides du sol. Elle est occupée par la phase fluide (solution du sol et gaz).

Estimation de la porosité totale

Afin d'estimer la porosité totale, on prélève un échantillon de sol de volume V connu sans en modifier la structure (à l'aide d'un cylindre en PVC enfoncé grâce à un marteau) (figure TP15.3a).

Voir chapitre 25, § 1.3c et 1.4c

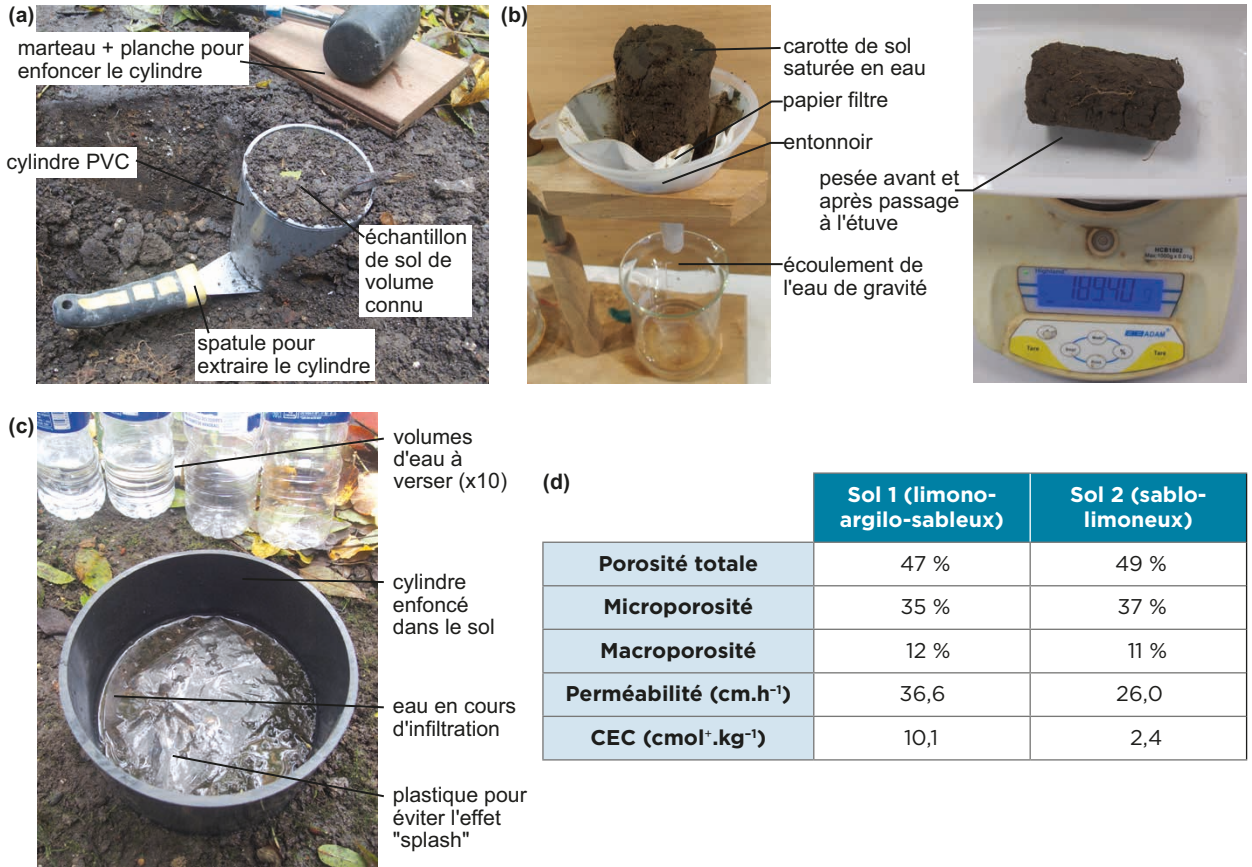


Figure TP15.3 Porosité et perméabilité des deux sols étudiés.

(a) Prélèvement pour l'estimation de la densité ; (b) Estimation de la microporosité ; (c) estimation de la perméabilité ; (d) résultats expérimentaux sur les deux sols étudiés.

On détermine alors la masse M_{sol} de ce volume de sol après dessiccation totale (24 heures à 105 °C) et on en déduit sa densité apparente, d_{sol} :

$$d_{sol} = M_{sol} / V \quad (\text{où } M_{sol} \text{ est exprimé en g et } V \text{ en cm}^3)$$

Par comparaison avec la densité réelle des constituants du sol (estimée à 2,6 environ), on en déduit le pourcentage de pores remplis d'air dans l'échantillon :

$$\text{Porosité totale} = (2,6 - d_{sol}) / 2,6$$

Exemple dans le cas du sol 1 :

$$V_{cylindre} = \pi \cdot R^2 \cdot H = 903 \text{ cm}^3 \text{ (avec } R, \text{ le rayon} = 5 \text{ cm et } H, \text{ la hauteur} = 11,5 \text{ cm ici)}$$

$$M_{sol} = 1\,245 \text{ g} \Rightarrow d_{sol} = 1,38$$

$$\text{Porosité totale} = 47 \%$$

Estimation de la microporosité

À l'aide d'un petit cylindre en PVC, on extrait une carotte de sol sans en modifier la structure. On sature cet échantillon de sol en eau, en prenant soin de le placer dans un papier-filtre afin d'éviter les pertes de sol. On laisse ensuite s'écouler l'eau de gravité en plaçant la carotte de sol et le papier-filtre dans un entonnoir pendant 1 heure (figure TP15.3b). Seule l'eau située dans

les micropores (eau capillaire) et l'eau liée restent dans l'échantillon. En évaluant ce volume d'eau retenue, on peut estimer la microporosité. Pour cela :

- on pèse l'échantillon avec l'eau retenue. On obtient une masse M_{humide} ;
- on élimine toute l'eau retenue par un passage à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures ;
- on pèse à nouveau l'échantillon sec. On obtient une masse M_{sec} ;
- on peut alors en déduire M_{eau} , la masse d'eau retenue : $M_{\text{eau}} = M_{\text{humide}} - M_{\text{sec}}$

En connaissant la densité du sol (déterminée ci-dessus), on peut en déduire le volume de sol de l'échantillon ($V_{\text{échantillon}}$) et déterminer la microporosité :

$$\text{Microporosité} = V_{\text{eau retenue}} / V_{\text{échantillon}} \quad (\text{où } V_{\text{eau retenue}} = \text{volume d'eau retenue})$$

Exemple dans le cas du sol 1 :

$$M_{\text{humide}} = 202,6 \text{ g} \quad M_{\text{sec}} = 161,8 \text{ g} \quad \Rightarrow M_{\text{eau}} = 40,8 \text{ g} \quad (\text{donc } V_{\text{eau retenue}} = 40,8 \text{ cm}^3)$$

$$V_{\text{échantillon}} = M_{\text{sec}} / d_{\text{sol}} \approx 117 \text{ cm}^3$$

$$\text{Microporosité} \approx 35 \%$$

Déduction de la macroporosité

La macroporosité est déduite des résultats précédents :

$$\text{macroporosité} = \text{porosité totale} - \text{microporosité}$$

Exemple dans le cas du sol 1 : Macroporosité $\approx 47 - 35 \approx 12 \%$

Les résultats obtenus sur les deux sols étudiés sont présentés en [figure TP15.3d](#).

b) Perméabilité

On étudie la perméabilité du sol en mesurant la vitesse d'infiltration de l'eau grâce à la méthode Beerkan ([figure TP15.3c](#)). On enfonce, sur environ 3 cm, un cylindre en PVC de 15 cm de diamètre et on prépare 10 bouteilles contenant un volume d'eau équivalent à 1 cm de hauteur d'eau dans le cylindre. On déverse alors successivement le contenu de chaque bouteille : dès que le volume d'eau est infiltré, on note le temps et on déverse la bouteille suivante. Un plastique au fond du cylindre permet d'éviter un effet « splash » qui modifierait la structure du sol.

Le report des durées d'infiltration sur un graphique permet alors de déterminer la vitesse d'infiltration de l'eau en mesurant la pente, une fois l'état d'équilibre atteint ([figure TP15.4](#)). Les résultats sont donnés par la [figure TP15.3d](#).

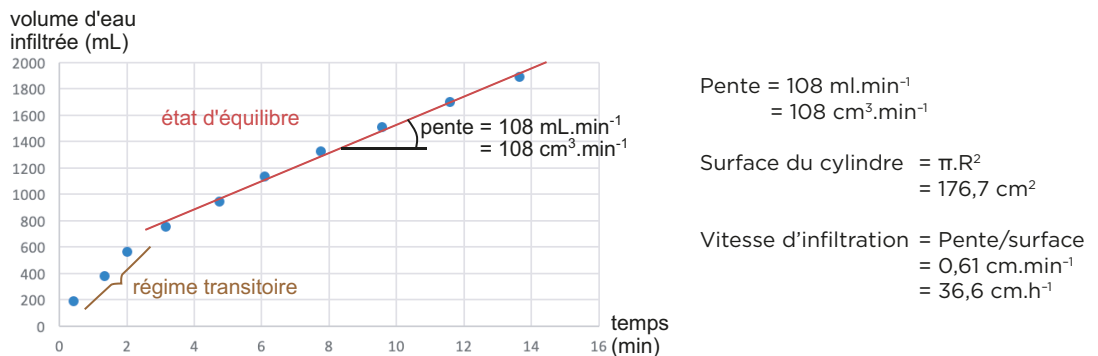


Figure TP15.4 Mesure de la perméabilité d'un sol.

Résultats expérimentaux obtenus sur le sol 1.

1.3 Bilan : constituants et propriétés physiques d'un sol

Les résultats expérimentaux montrent des porosités similaires pour les deux sols étudiés ([figure TP15.3d](#)). Les sables favorisant une aération du sol, on aurait pu s'attendre à une macroporosité plus forte pour le sol 2 à texture plus sableuse. Cependant, la structure du sol,



notamment la formation d'agrégats par l'action des vers de terre, peut participer à la macroporosité, ce qui explique probablement les macroporosités similaires. Par ailleurs, les deux sols ont une assez bonne capacité de rétention de l'eau (microporosité autour de 35 %). Ce sont ici les particules fines (argiles et limons) qui permettent cette rétention d'eau capillaire, disponible pour les plantes.

Les deux sols présentent également une très bonne perméabilité (figure TP15.3d) : l'eau s'infiltré rapidement, en passant par les macropores. La perméabilité plus élevée du sol 1 s'explique probablement par une plus grande connectivité entre les macropores, ce qui va dans le sens d'une macroporosité ici liée à l'action des vers (galeries).

2

Colloïdes du sol et capacité d'échange cationique

2.1 Capacité d'échange cationique d'un sol

a) Mise en évidence d'une capacité d'échange cationique (CEC)

Pour déterminer si un sol est capable de retenir des cations et/ou des anions, on utilise des chromophores (molécules colorées), chargées positivement (ici le bleu de méthylène) ou négativement (ici l'éosine). On verse ces chromophores chargés sur un échantillon de sol disposé dans un entonnoir avec du papier-filtre et on recueille le filtrat ayant traversé le sol (figure TP15.5). Dans le cas de l'éosine, le filtrat reste coloré : le chromophore chargé négativement n'a pas été retenu par le sol. Au contraire, avec le bleu de méthylène, le filtrat obtenu est décoloré. Le sol est donc capable de retenir les cations au niveau des charges négatives portées par les minéraux argileux et la matière organique (voir § 2.2).

Si on verse ensuite une solution contenant d'autres cations (ici Ca^{2+}), on obtient un filtrat bleu, ce qui n'est pas le cas si l'on verse de l'eau distillée. Les cations Ca^{2+} ont donc « remplacé » les cations « bleu de méthylène » dans le sol. Il existe donc des échanges de cations entre la solution du sol et les colloïdes chargés négativement (argiles et molécules organiques) qui jouent ainsi un rôle de **complexe d'échange**.

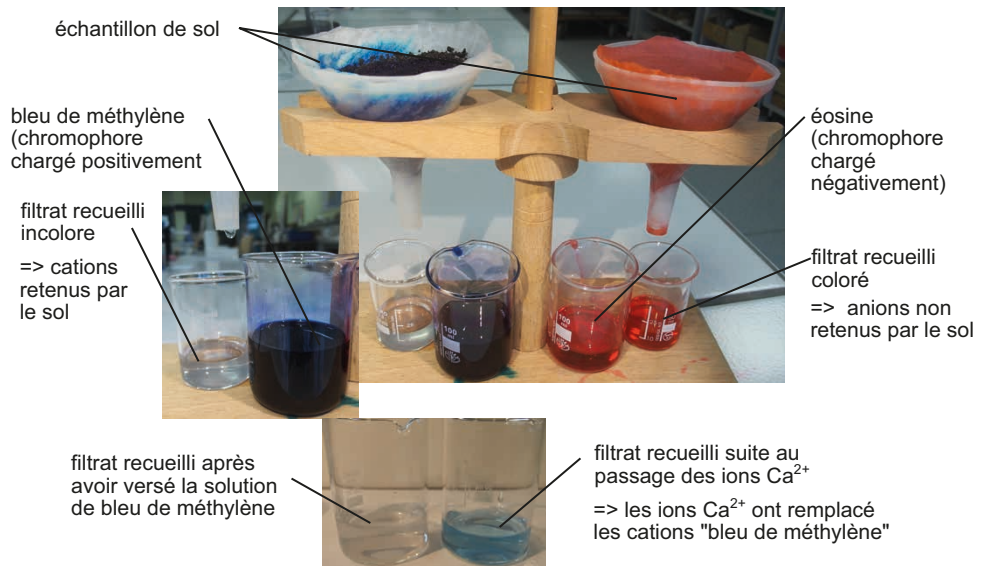


Figure TP15.5 Mise en évidence d'une rétention des cations.

b) Quantification de la capacité d'échange cationique (CEC) d'un sol

Pour tenter une approche plus quantitative, on cherche à mesurer la quantité de cations que peut retenir 1 g de sol. Dans un bécher, on place 10 g du sol étudié (pesé après passage à l'étuve) dans 50 mL d'eau distillée. À l'aide d'une burette graduée, on ajoute ensuite progressivement des volumes connus de bleu de méthylène (figure TP15.6). Un agitateur magnétique permet une homogénéisation permanente. Le colorant s'adsorbe au fur à mesure au complexe d'échange du sol et ne passe donc pas en solution dans l'eau qui imprègne le sol. Lorsque le complexe d'échange est saturé, le bleu de méthylène reste dans cette solution. Une minute après chaque ajout de colorant, on teste la saturation du sol : on trempe un agitateur en verre dans le bécher puis on fait une tache sur du papier-filtre. Autour de la tache centrale, la solution fait un halo incolore ; dès que le sol est saturé, un liseré bleu apparaît autour de la tache. En déterminant le volume de bleu de méthylène ajouté jusqu'au point de saturation, on peut calculer la quantité de cations retenus par le sol. Les résultats, pour les deux sols étudiés, sont donnés sur la figure 15.3d.

Exemple sur le sol 1 :

$$m_{\text{BM}} \text{ versé} = V_{\text{BM}} \times C_{\text{BM}} = 32,5 \cdot 10^{-3} \times 10 = 0,32 \text{ g}$$

(où m_{BM} = masse de Bleu de Méthylène versée en g, V_{BM} le volume en L et C_{BM} la concentration en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)

$$n_{\text{BM}} = m_{\text{BM}} / M_{\text{BM}} = 0,32 / 319,85 = 10^{-3} \text{ moles}$$

(où n_{BM} = quantité de BM en moles et M_{BM} = masse molaire du BM en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

$$\text{CEC} = n_{\text{BM}} / m_{\text{sol}} = 10^{-3} / 10 = 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{g}^{-1} = 10 \text{ cmol}^+ \cdot \text{kg}^{-1} \quad (\text{où } m_{\text{sol}} = \text{masse de sol en g})$$

Ce protocole ne permet qu'une estimation très grossière de la CEC du sol. En particulier, le complexe d'échange du sol est déjà, au début de l'expérience, associé à des cations et le bleu de méthylène ne les a pas tous remplacés à la fin : la CEC du sol est donc probablement ici sous-évaluée.

On mesure ici une capacité d'échange cationique bien plus grande pour le sol 1, plus argileux ($\approx 10 \text{ cmol}^+ \cdot \text{kg}^{-1}$) que pour le sol 2, plus sableux ($\approx 2,4 \text{ cmol}^+ \cdot \text{kg}^{-1}$). Cela montre bien le rôle des argiles dont les charges négatives retiennent les cations et qui augmentent ainsi la capacité d'échange des sols, donc leur fertilité.

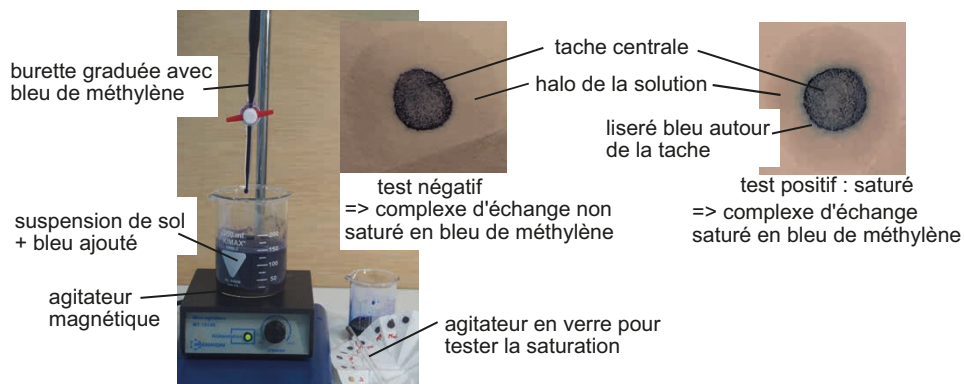


Figure TP15.6 Répartition du chromophore chargé positivement.

2.2 Flocculation des colloïdes en présence de cations

En agitant un échantillon du sol 1 dans de l'eau, on obtient une suspension marron. Après quelques minutes de décantation, les limons se déposent mais les particules argileuses restent en suspension. On transfère cette suspension dans 3 tubes à essai (figure TP15.7) : le tube 1 sert de témoin ; on ajoute 3 mL de solution concentrée de CaCl_2 dans le tube 2 et de NaCl dans le tube 3. On constate alors la formation d'agglomérats qui se déposent au fond du tube : c'est la flocculation. Celle-ci est très prononcée avec le Ca^{2+} et moins importante avec le Na^+ .



Cette observation permet de comprendre que les argiles sont des **colloïdes** : ce sont de très petites particules ($< 2 \mu\text{m}$) avec de nombreuses charges négatives, responsables d'une répulsion entre ces particules. La faible masse des particules combinée à cette répulsion défavorise leur sédimentation : les argiles restent donc en suspension. Lorsque l'on ajoute des cations (Ca^{2+} ou Na^+), des liaisons ioniques neutralisent les charges des argiles, qui ne sont alors plus soumises qu'à leur poids. De plus, ces cations, notamment bivalents, associent ensemble les particules argileuses : il se forme des agglomérats de taille importante qui se déposent. C'est la **floculation**. Le phénomène est plus marqué avec le Ca^{2+} , qui montre donc un pouvoir flocculant plus grand. Dans le sol, les colloïdes sont les argiles ainsi que certaines molécules organiques. En présence de cations, ils peuvent s'associer entre eux pour former des complexes argilo-humiques qui jouent le rôle de complexe d'échange ionique important pour la nutrition des plantes.

Voir chapitre 25,
§ 2.2

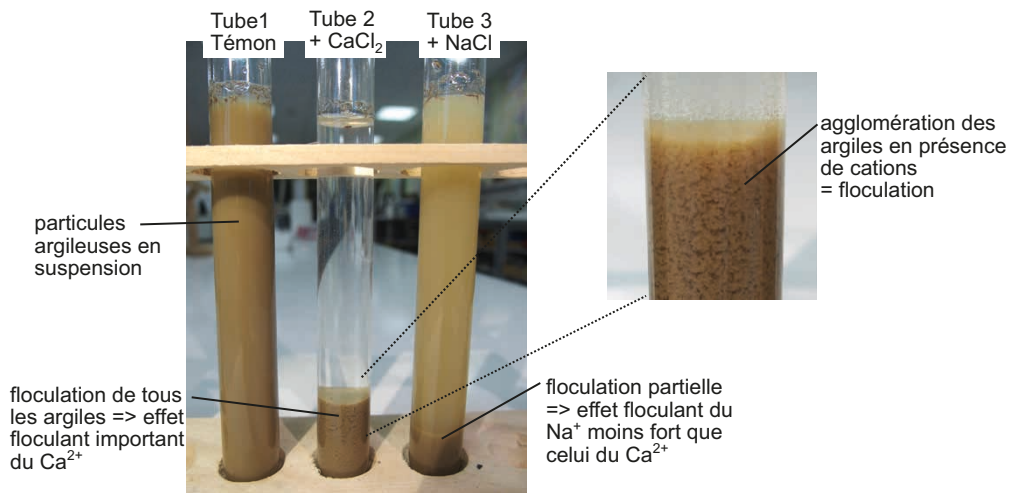


Figure TP15.7 Floculation sous l'effet d'ajout de cations.

3 Étude de la chimie de la solution du sol

3.1 Mesure du pH

On peut évaluer l'**acidité réelle** d'un sol en déterminant le pH_{eau} de ce sol. Pour cela, on réalise une suspension d'un échantillon de sol dans un rapport volumique 1/5 (25 mL de sol mis en suspension dans 125 mL d'eau distillée). On mesure ensuite le pH de la suspension au pH-mètre (figure TP15.8a). Les protons détectés par l'électrode sont ceux qui passent spontanément dans la solution du sol, d'où le terme « acidité réelle » pour ce pH_{eau} qui représente le pH de la solution du sol. Les mesures réalisées ici donnent un pH_{eau} de 6,9 pour le sol 1 et de 6,7 pour le sol 2.

On peut également évaluer l'acidité potentielle d'un sol en déterminant le pH_{KCl} : on réalise la même manipulation mais en utilisant une solution de KCl et non d'eau distillée. Le K^+ en excès permet alors des échanges avec les complexes d'échange du sol, ce qui libère des protons supplémentaires. Le pH_{KCl} évalué est donc plus bas que le pH_{eau} : il permet d'approcher l'acidité potentielle d'un sol, c'est-à-dire sa capacité à libérer des protons.

3.2 Estimation de la teneur en nitrate

On met en suspension 100 g de sol dans 100 mL d'eau distillée : les ions nitrates (NO_3^-), très solubles dans l'eau, passent en solution. Après un délai de quelques minutes, on filtre la suspension et on mesure la concentration en nitrates du filtrat à l'aide de bandelettes nitrates qui

se colorent avec une intensité proportionnelle à la concentration. Un lecteur électronique (type *Nitrachek*) permet une détermination précise de la concentration grâce à une lecture numérique de l'intensité de la coloration (figure TP15.8b).

Exemple sur le sol 1 :

Concentration mesurée dans le filtrat : $[\text{NO}_3^-]_{\text{mesuré}} = 28 \text{ mg.L}^{-1}$

Si l'on considère que tous les ions nitrates sont passés en solution, on a donc dans 100 g de sol :

$$m_{\text{NO}_3^-} = [\text{NO}_3^-]_{\text{mesuré}} \times \text{Volume d'eau} = 28 \times 0,1 = 2,8 \text{ mg}$$

On en déduit donc que la concentration en nitrates du sol 1 est de 28 mg.kg^{-1} .

On mesure une concentration en nitrates plus faible dans le sol 2 à 18 mg.kg^{-1} .

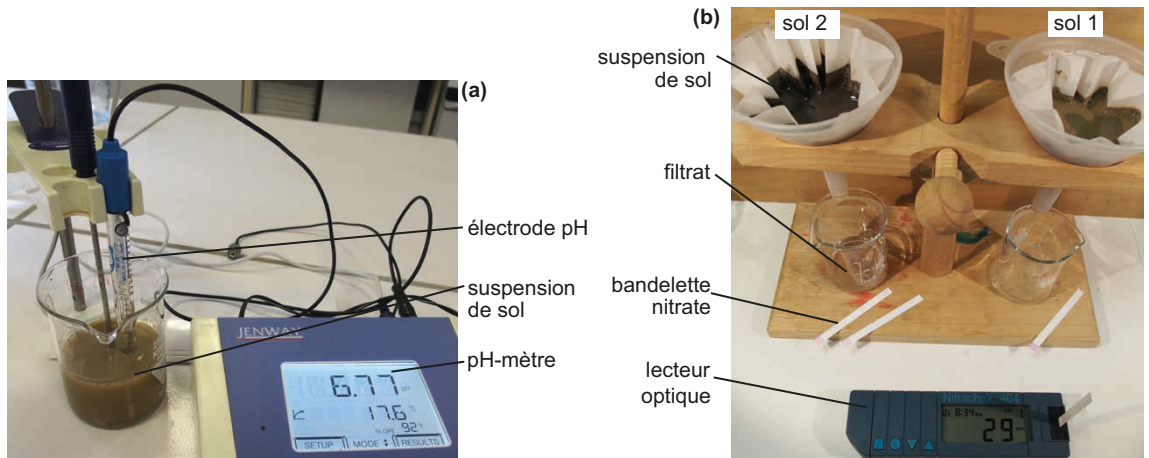


Figure TP15.8 Mesure du pH (a) et de la concentration en nitrates (b) d'un sol.

4 Les êtres vivants et leurs impacts sur le fonctionnement du sol

4.1 Approche du réseau trophique d'un sol

a) Méthodes d'extraction de la faune du sol

Afin de connaître la composition de la biocénose du sol, on cherche à isoler les organismes vivants de différentes tailles (micro, méso et macrofaune) et à quantifier leur abondance. À partir d'un échantillon de la partie supérieure du sol (horizon O + horizon A), on peut utiliser différentes approches (figure TP15.9).

- Un tri manuel, dans un bac, permet d'extraire et caractériser la macrofaune (> 2 mm) : vers de terre, carabe, cloporte, araignées, myriapodes...
- Un dispositif de Berlese permet d'extraire la mésofaune (collemboles, acariens...). La plupart des animaux mobiles du sol fuient la lumière et préfèrent l'humidité. L'échantillon de sol étant placé sous la lampe chauffante, les animaux fuient la lumière et le dessèchement en se déplaçant vers la profondeur : ils tombent alors dans le bécher rempli d'alcool.
- Un dispositif de Baermann permet d'extraire la microfaune (nématodes, Ciliés...). L'échantillon est ici placé dans une gaze et mis à tremper dans un entonnoir rempli d'eau, relié à un petit tuyau fermé par une pince. Fuyant la lumière, les micro-organismes nageurs descendent dans le tuyau.

Quelques jours après avoir lancé les deux dispositifs, on peut identifier et quantifier la mésofaune et la microfaune récoltée.

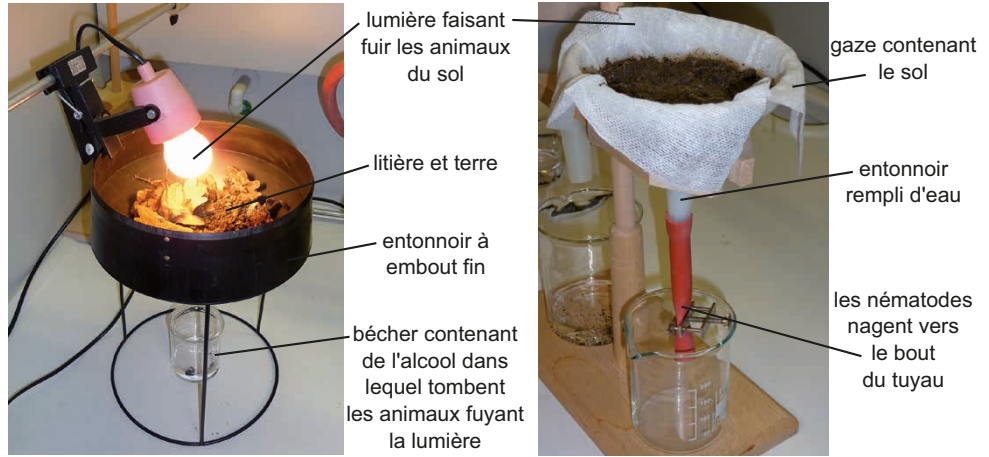


Figure TP15.9 Dispositifs de Berlèse (gauche) et de Baermann (droite).

b) Détermination des êtres vivants extraits

Une observation à la loupe binoculaire (pour la macro et la mésofaune) ou au microscope (pour la microfaune) permet ensuite d'identifier les êtres vivants extraits à l'aide d'une clé de détermination (tableau TP15.1). Quelques exemples d'animaux récoltés sont présentés sur la figure TP15.10.

Tableau TP15.1 Clé de détermination simplifiée et non exhaustive de la faune du sol.

| | | | | | | |
|---------------------------|--|---------------------------------|---|--|------------------|------------------------------------|
| Corps non segmenté | Corps cylindrique, effilé aux deux extrémités, taille < 2 mm | | | | nématode | |
| | Sans appendices articulés annélide | | Taille > 25 mm | | lombric, eisenia | |
| Taille < 25 mm | | | enchytréide | | | |
| Corps segmenté | Avec appendices articulés arthropode | Pas d'antenne arachnide | Pas de pince | Subdivision céphalothorax - abdomen bien nette | araignée | |
| | | | Corps massif | | acararien | |
| | | | 1 paire de pinces | | pseudoscorpion | |
| | | 2 paires d'antennes crustacé | Antennules réduites, 7 paires de pattes | | cloporte | |
| | | 1 paire d'antennes hexapode | Corps à nombreux métamères | > 15 paires de pattes myriapode | | lithobie, géophile, iule, glomérus |
| | Corps à 3 tagmes | | Aspect de ver | | larve de diptère | |
| | | | Présence d'ailes | Elytres coléoptère | | staphylin, carabe |
| | | | Pas d'ailes | Thorax et abdomen nettement séparés Hyménoptère | | fourmi |
| | | | | Très petit | | protoure |
| | Pas d'ailes et abdomen terminé par... | ... une pince | | forficule | | |
| ... 3 prolongements | | thysanoure | | | | |
| ... 2 prolongements | | diploure | | | | |
| ... une furca | | collembol | | | | |

En rouge : **embranchements** ; en bleu : **classes**

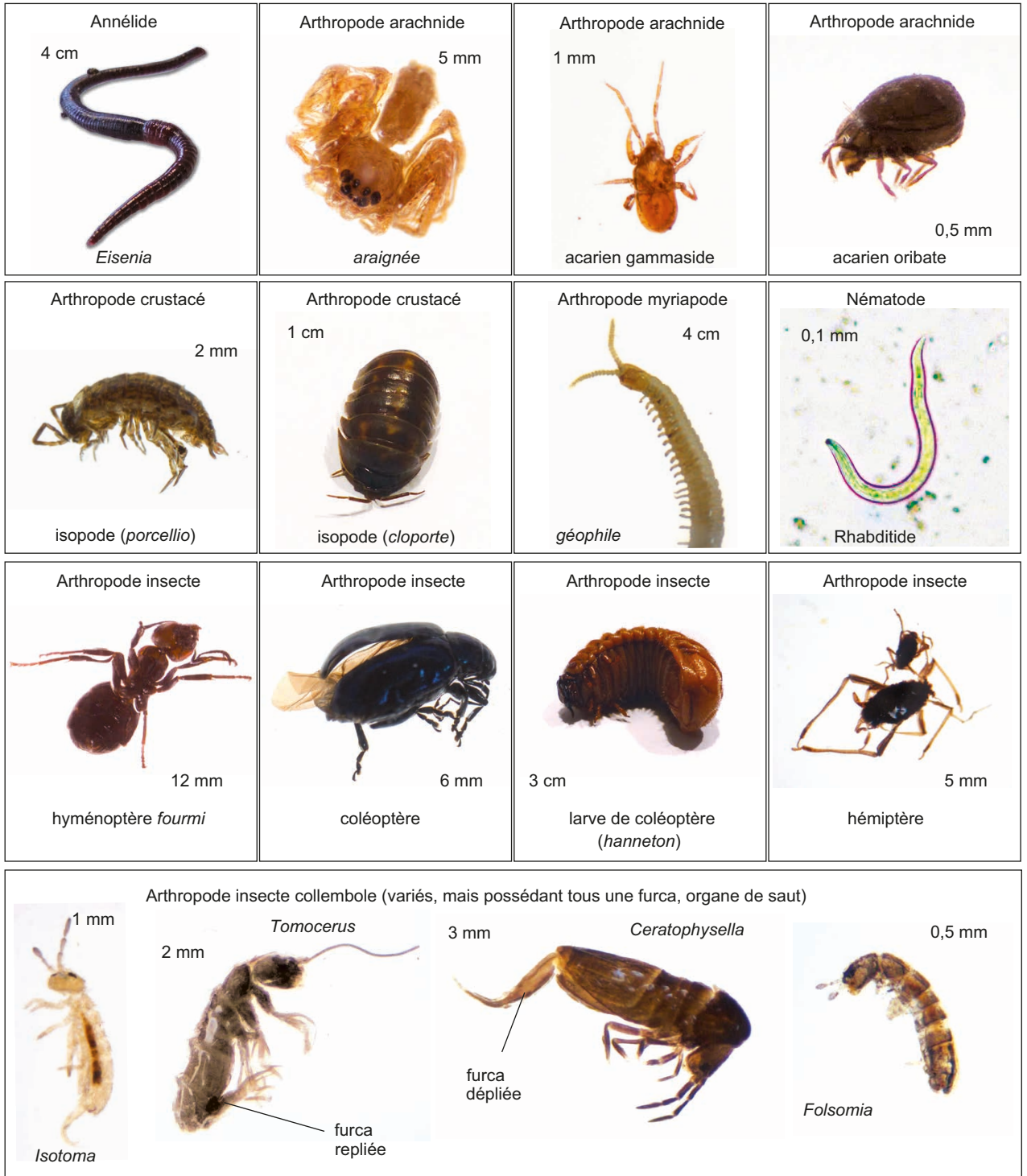


Figure TP15.10 Quelques exemples de groupes de la faune du sol.



c) Construction d'un réseau trophique simplifié

Les récoltes ainsi obtenues permettent d'évaluer les densités de populations dans un sol. Le [tableau TP15.2](#) présente les résultats obtenus à partir de relevés de sols forestiers.

À partir de ces données, proposer une représentation du réseau trophique (simplifié) de ce sol forestier, en faisant apparaître les différents niveaux trophiques.

Tableau TP15.2 Abondance partielle de la pédofaune dans un sol forestier.
(D'après Duvigneau).

| Animal | Nombre par m ² | Biomasse en g.m ⁻² | Régime alimentaire |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--|
| collemboles | 200 000 | 2 | selon l'espèce : matière organique, végétaux, petits animaux |
| unicellulaires flagellés | 200.10 ⁶ | 12 | matière organique |
| araignées | 60 | 0,5 | insectes, myriapodes, acariens |
| myriapodes géophiles | 50 | 1 | acariens, insectes |
| myriapodes iules | 200 | 8 | vers, iules, collemboles |
| acariens oribates | 200 000 | 2 | matière organique |
| autres acariens | 100 000 | 1 | flagellés, petits collemboles, oribates |

4.2 La bioturbation : exemple des vers de terre, espèces ingénieurs

On teste ici l'effet d'un ver de terre (*Lumbricus terrestris*) sur la structure d'un sol. Dans des tubes en PVC coupés en 2, on place un sol grossièrement tamisé (à 2 mm) que l'on sature en eau, puis que l'on laisse s'égoutter. On dispose également un peu de litière en surface. On ajoute deux vers de terre dans l'un des tubes. Après une semaine, on mesure la perméabilité des deux sols (voir § 1.2b) puis on ouvre les tubes pour comparer qualitativement la différence de structure entre les deux sols ([figure TP15.11](#)).

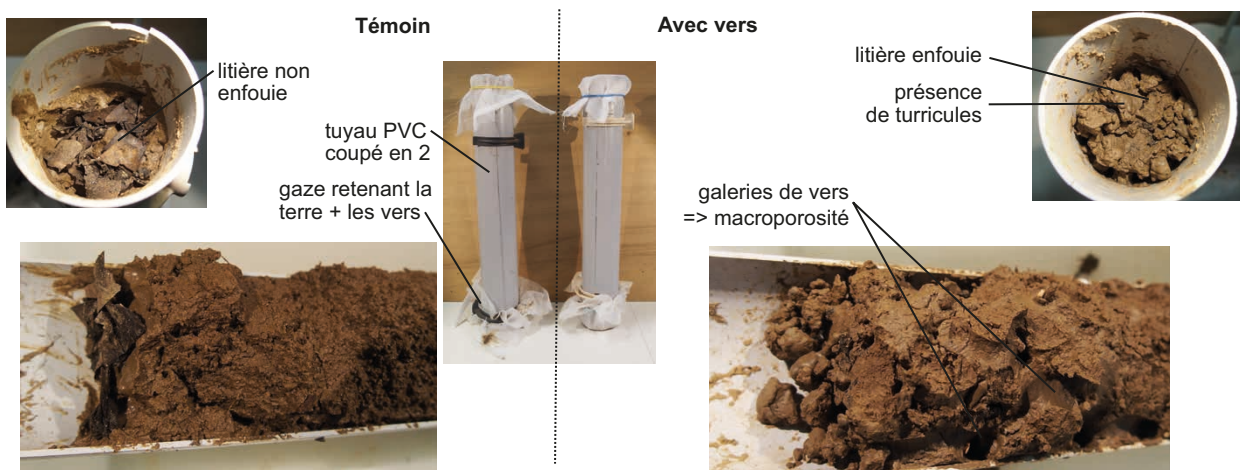


Figure TP15.11 Modifications de la structure du sol par les vers de terre.

Voir chapitre 25,
zoom 2

On constate ainsi que l'activité des vers de terre modifie la structure du sol en favorisant la formation d'agrégats (turricules) et le développement d'une macroporosité (galeries) qui facilite la circulation des gaz et de la solution du sol. De ce fait, l'eau s'infiltré beaucoup plus rapidement dans le sol « travaillé » par les vers de terre que dans le témoin. L'action des vers permet également un enfouissement de la matière organique déposée en surface.