

Chapitre 2. L'organisation morphologique des sols

2.1. Les organisations élémentaires

Le terme "organisations élémentaires" est utilisé en science de la terre pour exprimer l'arrangement spatial, fonctionnel et génétique des constituants du sol. Les organisations élémentaires sont de trois types : les **agrégats**, les **vides**, et les **traits pédologiques**.

a. Les agrégats

Un horizon est composé de petits volumes individualisés appelés agrégats. Les agrégats résultent de l'assemblage des particules élémentaires entre elles et de la fissuration des ensembles agrégés. Les agrégats définissent la structure du sol. Un horizon peut avoir soit une structure fragmentaire, soit une structure continue.

➤ **Dans une structure fragmentaire**, l'horizon est composé d'agrégats. Il existe trois types d'agrégats: arrondis, anguleux, feuilletés. Au sein d'un même horizon, leur morphologie varie verticalement et horizontalement. Chaque type d'agrégat a des significations précises en termes de constituants, de genèse, de fonctionnement, de fertilité.

Par exemple:

- **les structures fragmentaires arrondies** offrent aux racines, un milieu accueillant (poreux, friable), les gaz et l'eau y circulent facilement, la vie végétale et animale se développent bien.

- **les structures fragmentaires anguleuses** indiquent la présence d'argile, l'absence d'activité biologique, la faible teneur en matière organique,

- **les structures fragmentaires feuilletées** confirment la présence importante d'argile, le manque de porosité, un sol inexploitable par les racines, riche en Ca^{2+} et / ou Mg^{2+} .

➤ **Dans une structure continue**, il n'y a pas d'agrégats, comme dans le sable.



Figure1. Agrégats, cailloutis, sables et argiles.

a. Les vides

Les vides (ou pores) sont les espaces en grande partie invisible à l'œil nu, laissés libres entre les particules qui composent l'horizon, après leur entassement. Occupés par des constituants liquides ou gazeux, ils servent de voie de circulation à l'eau, l'air, la matière vivante et caractérisent la porosité de l'horizon.

La morphologie et le volume des vides dépendent de **nombreux facteurs comme** : la taille des particules constitutives du sol (argileuses, sableuses...), l'activité biologique (racines, animaux, vers de terre), le degré d'assèchement du sol, ... La porosité des horizons, joue un rôle important dans la circulation des eaux de pluie et donc dans la régulation de l'alimentation en eau des plantes et des nappes phréatiques.

b. Les traits pédologiques

Sous le terme de traits pédologiques, on regroupe les nodules, les pellicules, les bandes, et les pédotubes. Les mouvements de particules argileuses, sableuses, limoneuses, les migrations et précipitations d'éléments en solution : calcaires, sels, matières organiques, les mouvements d'animaux, le développement des racines conduisent à la genèse de traits pédologiques: c'est à dire à la formation d'accumulations de matières (argiles, calcite, carbonates, hydroxyde de fer, hydroxyde d'aluminium, ...) sous forme de pellicules, de nodules, de bandes. La présence de tel ou tel trait pédologique va déterminer les caractéristiques du sol, son stade d'évolution, sa fertilité, sa porosité,

2.2. La couleur des sols

Le sol est un milieu très coloré, avec de nombreuses variations verticales, latérales, temporelles. Les couleurs des sols s'interprètent en termes de constituants et de mécanismes.

a. Les constituants qui colorent les sols

- La matière organique colore en sombre (noir, marron, gris foncé...)
- Le calcaire et les sels solubles colorent en blanc.
- Le fer ferrique (fer réduit dont la présence est due à un excès d'eau) colore en gris ou bleu.
- Le fer ferrique (oxydé) sous forme d'oxyhydroxyde (goethite) colore en brun ou en jaune : la goethite est la conséquence d'un régime hydrique assez peu contrasté
- Le fer ferrique sous forme d'oxyde (hématite)

b. Les mécanismes qui colorent les sols

- Les activités biologiques: elles accumulent de la matière organique, les couleurs s'assombrissent.
- Les migrations et accumulations de calcaire et de sels : les horizons d'accumulation blanchissent
- Les régimes hydriques :
 - Les horizons très bien drainés, recevant beaucoup d'eau mais s'asséchant vite et souvent, sont facilement rouges.
 - Les horizons drainant moyennement bien sont bruns ou jaunes.
 - Les horizons drainant mal sont gris ou tachetés (de gris, de rouille, de jaune, de noir)

2.3. L'horizon pédologique

2.3.1. Définition

La couverture pédologie (ensemble des sols qui recouvrent le globe terrestre) est en continuelle évolution, elle se développe à la fois à partir de la roche mère profonde et à partir de la matière organique de surface. Ces transformations donnent naissance à des volumes de matière minérale et organique, superposés, plus ou moins parallèles à la surface du terrain appelés: **horizons**. Leur nombre varie en fonction de l'état d'évolution de la couverture pédologique.

Les horizons diffèrent les uns des autres par leur couleur, leur texture, l'abondance d'éléments grossiers, l'arrangement spatial des constituants (solides, liquides, gazeux) et des vides associés. Ces caractéristiques observables à l'œil sont utilisées par le pédologue lors de son étude sur le terrain pour repérer les limites de chaque horizon.

Verticalement, l'épaisseur d'un horizon varie de quelques centimètres à plusieurs mètres, ses limites supérieure et inférieure sont plus ou moins nettes. **Latéralement**, un horizon se transforme en un autre horizon, sur une distance indéfinie qui va du mètre au kilomètre. La superposition des horizons forme **un profil pédologique**, l'ensemble des horizons dans l'espace constitue la couverture pédologique.

Les "horizons" sont la base pour la description de la couverture pédologique. En examinant la paroi verticale d'une fosse pédologique creusée dans le sol, le pédologue va découper de manière raisonnée, la couverture pédologique en horizons et déterminer leur nombre.

2.3.2. Développement et évolution des horizons

Les horizons résultent : de la dégradation par fragmentation et altération de la roche mère sous-jacente sous les effets conjugués de l'eau, de l'air, du climat, de la transformation et du mélange des produits issus de cette altération (sables, limons, argiles) avec la matière organique fraîche (débris de végétaux et d'animaux) déposée en surface, puis décomposée en humus, de la migration, du déplacement vertical et de la fixation de certains éléments constitutifs (minéraux, , argile, fer, matière organique, ...) au cours du temps. L'ordre et la vitesse d'apparition des superpositions des différents types d'horizons varient selon les conditions climatiques (humides, chaudes, tropicales, ...) , de la topographie (pentes, plaine) et de la roche d'origine (calcaire, granite, schistes,...).

2.3.3. Mécanismes conduisent à la formation des horizons

Ces mécanismes fonctionnent ensemble. En fonction des variations d'humidité, de température, d'activités biologiques, on assiste à la transformation permanente des propriétés physiques, chimiques, mécaniques des constituants, il y a transferts de matières minérales, liquides, gazeuses et organiques. **On distingue 04 mécanismes :**

a. Mécanisme d'altération des roches et de leurs constituants.

La roche mère et les minéraux qui la composent au contact de l'atmosphère, de l'eau de pluie et de la vie végétale et animale se désagrègent, s'altère pour donner du sol. Pendant la phase d'altération, une partie des minéraux (calcite, argiles, quartz, ...) qui composent la roche d'origine se séparent les uns des autres, s'appauvrissent, perdent ou gagnent des éléments chimiques, se transforment. D'autres minéraux se dissolvent ou sont entraînés par les eaux de pluies ou se recombinaient et cristallisent donnant de nouveaux minéraux qui enrichissent le sol en formation. Les nouveaux minéraux migrent au travers des différentes couches de sol en formation et se mélangent à la roche altérée en décomposition. Ces minéraux sont principalement : des argiles, de la calcite, des oxyhydroxydes de fer, d'aluminium, ...

b. Mécanismes biologiques et d'accumulation des matières organiques.

Les espèces animales et végétales vivantes qui se développent dans et sur la roche altérée vont favoriser et accélérer les mécanismes d'altération : désagrégation, hydrolyse (dissolution), lixiviation (entraînement), genèse de nouveaux minéraux et contribuer à l'évolution et au fonctionnement du sol. Les espèces animales et végétales mortes se transforment en matière organique décomposée (humus). La matière organique dont la composition varie en fonction de la faune, la végétation, les conditions climatiques, la roche mère, ..., s'accumule et migre plus ou moins profondément de la surface du sol à la roche mère.

- a. **Mécanisme de libération, de migration, puis d'accumulation** des constituants résultant des mécanismes d'altération et d'évolution des matières organiques. Les constituants produits de l'altération des roches et des activités biologiques sont l'objet de phénomènes migratoires : mouvement de particules solides par gravité, par entraînements hydriques, par des mouvements sous forme soluble. Ces mouvements se font du haut vers le bas sous l'effet de la gravité, verticalement de bas en haut par capillarité et latéralement, du haut vers le bas des versants.
- b. **Mécanismes d'arrangements et d'agrégation** des constituants issus de l'altération, puis mis en place par les migrations. Ce sont les mécanismes complexes qui conduisent à la mise en place des couleurs, des agrégats, des vides.

Ces mécanismes (transformations, migrations, déplacements de certains constituants du sol) conduisent à la formation de façon chronologique et au développement d'un ou plusieurs horizons qui se différencient les uns des autres par la présence, la proportion plus ou moins importante de matière organique, de matière minérale, de roche altérée.

2.3.4. Horizons de référence

La présence dans un horizon de certains caractères morphologiques spécifiques (**constituants, traits pédologiques, structure, couleur, ...**) associés à des divers autres éléments (positionnement par rapport aux autres horizons, ...) a permis aux pédologues de définir plus de 70 types d'horizons appelés: horizons de référence décrits et répertoriés dans le le Référentiel pédologique (Baize et Girard, 2008).

Les horizons de référence sont dénommés par des lettres: O, A, B, E, S, C, R, M... selon une nomenclature internationale.

horizons O (horizons organiques)

Ils sont en contact avec l'atmosphère et la lithosphère. Organo-minéraux, de couleur sombre, ils sont composés essentiellement de débris végétaux plus ou moins transformés, mais encore reconnaissable. L'épaisseur varie avec l'intensité de l'activité biologique et le climat. Selon son épaisseur, l'horizon O se divise en trois couches superposées : **OL** ou litière composée de débris végétaux non décomposés; **Of**, couche de fermentation où les débris végétaux sont partiellement décomposés par l'activité biologique; **Oh**, couche d'humification, Les végétaux ont disparu, ils sont transformés en humus.

En fonction du nombre de couches présentes, on utilise les mots: mull, moder ou mor.

horizons A (horizons organo-minéraux)

De couleur foncée, situé sous l'horizon O, il est constitué de débris des végétaux et d'animaux décomposés en humus (humification). Il contient à la fois de la matière organique et de la matière minérale.

horizons E (horizons minéraux, appelés éluviaux) :

Ils sont sous l'horizon A, essentiellement minéraux, ils sont lessivés, appauvris en minéraux argileux, en sels, en carbonates, en hydroxydes, de couleur claire.

horizons B (horizons minéraux appelés illuviaux)

Situés sous les horizons E, lieu d'accumulation d'éléments (argiles, fer, aluminium), ils sont enrichis en minéraux argileux, en sels, en carbonates, en hydroxydes,

horizons S (horizons minéraux)

horizons C

Ils correspondent à la roche mère plus ou moins altérée.

horizons R, M, et D

R roche dures,

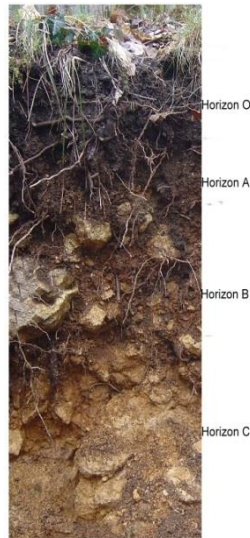
M: roches meubles et tendres;

D: roche remaniée ayant donné naissance ou non au matériau sus-jacent.

Chaque horizon (O,A, E, B, ...) se subdivise en sous-groupes suivant l'évolution de la pédogenèse et la proportion de certains constituants du sol. Par exemple, selon l'importance

des minéraux en présence, les principaux types d'horizon B sont les suivants: Bt (argile), Bo (hydroxydes de fer, al), Bh (matière organique), Bca (calcaire)

Exemple : Coupe de sol dans un sous-bois - Les différents horizons observés.



Horizon O

L'horizon organique (ou humus) résulte de la transformation en matière organique des débris végétaux qui s'accumulent à la surface du sol.

Horizon A

L'horizon A contient à la fois de la matière organique et de la matière minérale. Il est le résultat du travail des organismes vivants dans le sol (vers, insectes).

Horizon B

C'est un horizon enrichi en divers constituants minéraux ou organiques: argile, fer, matière organique, carbonate de calcium, ... Il résulte de la transformation des minéraux primaires issus de la roche sous-jacente.

Horizon C

C'est un horizon d'altération de la roche mère sous-jacente.

Horizon R ou M

C'est la roche mère, on distingue les roches en fonction de leur dureté. R pour les roches dures (granites, grès, calcaires) et M pour les roches meubles (sables, marnes, ...)

2.3.5. Les éléments qui caractérisent des horizons

Couleur, texture, abondance d'éléments grossiers, "organisations élémentaires" servent à décrire et caractériser les horizons. On passe verticalement, d'un horizon à l'autre, par modification des caractéristiques de ces éléments.

2.3.4.1. Sur quoi, nous renseigne la couleur d'un horizon?

La couleur indique la physionomie d'un horizon, elle peut être homogène ou hétérogène, elle varie verticalement et latéralement. Le pédologue la détermine par référence à un code international: le code Munsell.

Les couleurs du sol s'interprètent en termes de constituants et de mécanismes.

- **Les activités biologiques, animales et végétales.** Elles accumulent la matière organique. Les couleurs s'assombrissent. La matière organique colore en sombre (noir, marron, gris foncé).

- **La migration et l'accumulation des minéraux (argile, fer, calcaire, sels, ...)**

- Les horizons appauvris en argile et en fer s'éclaircissent, ceux enrichis jaunissent, brunissent ou rougissent.

- Les horizons riches en calcaire ou en sels blanchissent. Le calcaire et les sels solubles (chlorures et carbonates) colorent en blanc.

- **Les régimes hydriques**

- Les horizons bien drainés, recevant beaucoup d'eau et s'asséchant vite, sont rouges; les horizons drainant moyennement bien, sont bruns ou jaunes; les horizons drainant mal sont gris ou tachetés.

- Le fer colore différemment suivant son état: le fer ferreux colore en gris et bleu, coloration due à des excès d'eau; la goëthite colore en brun et jaune FeO(OH) présence d'humidité constante sans excès; l'hématite (oxyde de fer, Fe_2O_3) donne une coloration rouge.

L'observation et l'intensité des couleurs donnent une première approche de la constitution et du fonctionnement du sol (sa fertilité, son hydromorphe...)

Titre : Coupe verticale d'un sol : variation verticale des couleurs. Extraits du livre Regards sur le sol - Alain Ruellan, Mireille Dosso - Editions Foucher.



Brésil, Pantanal - Photo Ruellan - Extrait blog Alain Ruellan

Lieu : Brésil, Pantanal

Climat : tropical subhumide

Date : 20 septembre 1986

Sol à profil calcaire différencié

Horizon 1 : organo-minéral = A.

La couleur, plus sombre en allant du bas vers le haut, est liée à la présence de matière organique.

Horizon 2 : altération à structure pédologique = S.

La couleur plus rouge est liée à la présence d'argile et de fer oxydé (hématite). Cet horizon n'est pas calcaire.

Horizon 3 : accumulation de calcaire = Bca puis Cca.

Les taches blanches sont des nodules de calcaire : ces nodules sont plus fins au sommet de l'horizon (3a = Bca). Cet horizon 3 est un encroûtement nodulaire.

La partie inférieure de l'horizon se développe dans la roche-mère altérée (il s'agit d'alluvions) :

il s'agit alors d'un Cca (3b). Le sol est moyennement différencié.

Hauteur de la coupe : 120 cm.

2.3.4.2. Dénomination des sols - Référentiel Pédologique (RP) (2008)

Au cours de plusieurs dizaines d'années de recherche et d'études, les pédologues français ont établi sous la direction de Denis Baize et Michel-Claude Girard un Référentiel pédologique (RP) qui répertorie plus de 70 types d'horizons (horizons de référence) et 110 références de types de sols.

La dénomination des 110 références de types de sols est basée sur la morphologie de solums de référence définis à partir d'un ensemble d'horizons de références, complétée par des considérations morphologiques, des propriétés de comportement et de fonctionnement qui dépendent de la situation géographique: (climat, pédopaysage, ...).

Le solum de référence est défini par la superposition dans un certain ordre, d'horizons de référence spécifiques. Les 110 références de types de sol comportent un ou deux mots et sont écrites soit en capitales :

(exemple: BRUNISOLS, FLUVIOSOLS TYPIQUES, COLUVIOSOLS), soit en petites capitales (exemples: BRUNISOLS, FLUVIOSOLS TYPIQUE, COLUVIOSOLS), soit avec les initiales en capitales (exemples: Brunisol, Fluviosol Typique, Colluviosols, ...)

2.4. Les profils pédologiques (Voir ppt cours)

Un **profil pédologique** est un type de profil de terrain montrant une coupe verticale d'un sol depuis sa surface jusqu'à atteindre du matériau relativement peu altéré. Autrement exprimé, il est une coupe verticale d'un sol qui met en évidence l'épaisseur et la succession des différents horizons.

2.5. La couverture pédologique

Le terme couverture(s) pédologique(s) au singulier ou au pluriel est utilisé en pédologie pour désigner le sol ou les sols qui recouvrent plus ou moins en continu l'espace terrestre. Située entre l'écorce terrestre (partie supérieure de la lithosphère) et l'atmosphère, la couverture pédologique est en évolution constante. Les sols qui la composent sont des volumes pédologiques hétérogènes, tridimensionnels, qui se transforment constamment,

différemment, plus ou moins rapidement avec le temps, d'un lieu géographique à l'autre, à l'amont et à l'aval d'une pente, sous une forêt, en plaine, selon la roche mère du sous-sol (schistes, calcaires, granites, ...), selon le climat, ou en fonction de son utilisation par l'homme...Continue, réduite, discontinue, la couverture pédologique peut s'épaissir, être submergée, recouverte de végétation, s'éroder et même parfois être absente comme dans les déserts.