

Initiation et sensibilisation à la connaissance des sols

I Les sols : observation & fonctionnement

a Introduction

sol : surface, support de vie mais aussi un volume : un milieu de vie; milieu vivant qui fournit à la plante des nutriments, eau et la plante fournit de la MO au sol.

Perte des terres agricoles en 10 ans : surface du dptm de la Savoie (73)

C'est un mélange de constituants divers tels que de la MO., éléments minéraux, de l'air et de l'eau

La croûte de battance : gouttes de pluies qui frappent un sol d'une certaine composition

Les != couches du sol : **les horizons**

Cependant, le sol est un milieu fragile (érosion physique)

Il faut environ 10 000 ans pour régénérer le sol.

Les fonctions du sol :

- pour le génie civil (infrastructure)
- pour patrimoine culturel
- source d'alimentation, fibre, combustible : production de matière végétale
- lieu de séquestration du carbone : pouvoir épurateur du sol
- purification de l'eau et de réduction des contaminations du sol
- cycle des éléments nutritifs
- habitat pour une multitude d'organismes
- régulateur de crues
- sources de composants pharmaceutiques et de matériel génétique

Le sol a été longtemps considéré comme un support où on apporte à la plante tout ce dont elle a besoin. Ce système pose un problème de pollution des sols.

Ce qu'on appelle le sol : c'est la roche qui a été transformé pour être un milieu de vie; épaisseur : une dizaine de mètres quand il y a des facteurs agressifs, et plutôt une dizaine de centimètres quand il n'y a pas ces facteurs.

b Formation des sols

Le sol se forme grâce à une interaction entre la biosphère et la lithosphère; donc entre le climat (eau, T°) et la vie (faune & flore).

Les racines, la MO végétale sont des facteurs de dégradation des roches mères.

Comment se forme un sol ?

Intéraction des processus du sol par des transformations, des transferts, des ajouts et des pertes dans le sol. On a différentes ambiances physico-chimique en fonction de la roche-mère (acide/basique) et change complètement le profil du sol et sa **porosité**: donc le sol va se stratifier en différents **horizons**

Drainage = lame d'eau drainante = pluie qui s'infiltre dans le sol et qui lave le sol

(différence entre la quantité de pluie et le ruissellement)

Il y a une concentration des pluies dans les montagnes

Précipitation efficace = Pluie - Évapotranspiration Potentielle (ETP)

On calcule l'ETP avec du gazon sans contrainte => En France, on est à 600 mm (Haute-Loire ~ 200-400 mm)

S'il n'y a que peu de précipitation efficace, la lame d'eau drainante est faible, il y a peu d'infiltration dans le sol.

Il faut faire attention aux **nitrates qui proviennent de l'eau de pluie** => source de surfertilisation !

Le lessivage : l'eau qui s'infiltre va mettre en suspension des particules (argile) et les entraîner en profondeur.

La lixiviation : l'eau qui dissout les cations du sol et les entraîne en profondeur.

Les microorganismes (acariens, lombrics) ramènent ces argiles et les cations vers le haut et vers le bas

Le sol est mobile, selon sa composition, et a une capacité de gonflement/retrait et le sol a tendance à s'approfondir en fonction du temps.

Le sol est composé de couches (horizons) plutôt parallèle à la surface, et l'ensemble des horizons est le **profil de sol**

Les horizons se forment grâce à une accumulation des particules et cations par lessivage ou lixiviation.

Les labours entraînent le désherbage et l'aération du sol, cependant, la suppression du labour n'enlève plus ce désherbage => il faut donc utiliser des produits chimiques.

- Horizon Ap : horizon du travail du sol
- Horizon Z : horizon qui subit le **lessivage/lixiviation** => horizon de départ de matière
- Horizon A/B et B : horizon d'accumulation de matière
- Horizon C : Horizon minéral issu de la roche mère

Le sol est formé de bcp de différentes particules qui se mettent en **agrégat** (motte de terre)

Les agrégats composent une partie de chaque horizon

Paysage => Horizon => Agrégat

Types de sol (séries de sols) : même horizon, même profil, même structure.

Le profil de sol est la description d'une série de sols de même composition, même horizon, etc ...

La pluviométrie et la température moyenne sont les premiers facteurs de changement du sol et se manifeste par des variations de grandes dynamiques chimiques des sols dans chaque région.

Les **grandes familles d'évolutions du sol** sont déterminées par le climat.

Les **séries de sols** sont modifiées par la géologie interne.

Les types de sols sont modifiés (dans le même climat) par la géologie : modifie la composition géologique du sol.

On a une porosité et une durété différente en fonction de la composition primitive de la roche.

La majeure partie du climat français (océanique)

Les différences d'altitude modifie les températures et donc le sol est modifié en conséquence.

Un sol est donc conditionné par le climat (familles de sols), la géologie (type de sols), et l'altitude (caractéristique du sol). Si on zoome encore, on a encore des types de sols différents à un niveau plus local.

c Organisation des constituants du sol

Sol constitué :

- Phase solide :
 - constituants minéraux
 - constituants organiques : organismes vivants et matière organique morte, sol constitué de 20% à 50% de vide
- Phase liquide
- Phase gazeuse

Phase solide :

Classement selon leur :

- minéralogie : quartz, minéraux silicatés, minéraux carbonatés

- granulométrie : terre fine et fraction grossière (au-delà de 2mm, les constituants minéraux sont des **éléments grossiers**)

Granulométrie :

- argile : particule de moins de 2 μm
- limons : entre 2 μm et 0.05mm
- sables : particule de plus de 0.05mm

La granulométrie -> %Argile et %Limon et %Sable

On utilise le triangle des textures pour déterminer la nature et la composition du sol

La texture : elle est exprimée dans le triangle des textures, et rentre dans la même classe et possède le même comportement au toucher. Il y a **17** textures différentes.

On fait le test de l'anneau pour connaître la composition de la terre.

La texture détermine des propriétés des sols comme avec de l'argile : propriété de gonflement-retrait.

La capacité de rétention en eau (plus importante dans les sols argileux) se fait chez les sols argileux.

La perméabilité se fait plutôt dans les sols limoneux.

La sensibilité à la battance se fait dans les sols plutôt limoneux, il faut éviter de faire de la terre trop fine pour éviter cette croûte.

La sensibilité au tassement se fait dans des sols qui se situent dans des sols au milieu du triangle des textures (présence en proportion équivalente de sable, limon, argile).

Un autre test, prendre un échantillon de terre et le nettoyer avec de l'eau oxygénée (pour enlever la MO), puis placer cette terre dans un verre et ensuite mélanger, puis attendre les dépôts : les sables vont au fond et les argiles en haut.

La phase solide est composée de :

- 95% de constituants minéraux
- 5% d'humus :
 - 85% d'humus
 - 10% de racines et végétaux
 - 5% de bactéries

la matière organique a tendance à se recycler dans le sol; l'humus permet de passer de la plante vers la minéralisation (CO_2 , NO_3^- , NH_4^+ , ...) mais il existe une minéralisation directe entre la plante et les éléments minéraux.

Dans le sol, il y a autant de biodiversité quand dans la forêt équatoriale. Il y a énormément de organismes, microfaune, mésofaune, et les végétaux.

La MO a un rôle dans la nutrition des plantes, la rétention de l'eau, amélioration de la stabilité structurale (humus : cohésion entre la matière organique et la matière minérale)

Le sol est constitué en structure => des **agrégats** : élément cohérent de particules organiques et minérales du sol.

La **structure** d'un sol : mode d'arrangement spatial des particules minérales et organiques entre elles c-a-d l'ensemble des agrégats.

- structure massive : il n'y a pas d'agrégats, prise en masse, pas de mottes de terre | pas du tout de masse (sable)
- structure grumuleuse : le sol se délite en tout petit agrégats (grumeaux) de quelques millimètres de diamètres
- structure prismatique : les agrégats sont des prismes (de qqes cm à 10cm de diamètre)
- structure polyédrique : le sol se délite en polyèdres plus ou moins anguleux

Entre ces agrégats, il y aura des espaces vide => **la porosité** : espaces vides ménagés entre les particules du sol, occupés par de l'eau ou de l'air.

Lorsque l'on est sur une structure grumuleuse arrondies : on est sur + de 8% d'humus, avec un pH alcalin : il y a une grande porosité du sol.

Lorsque l'on est sur une structure polyédrique anguleuse : il y a peu de calcaire, peu de MO; sol plus fragile; faible porosité et acidité du sol.

Il existe d'autres structures :

- en plaquette oblique : gonflement et retrait de l'argile très important
- lamellaire : dans les sol ancien
- squameuse : accumulation d'eau en surface

Le sol est un **milieu poreux**

Structure, nature et porosité pour faire un constat du sol.

La porosité

On distingue les typés de porosité en fonction de la taille, la nature (micro ou macrométrique), ...

Lorsque l'on tasse un sol, on va modifier la porosité structurale (entre les agrégats) mais pas la porosité texturale (entre les particules)

On peut distinguer les différents types de porosité avec les force de capillarité :

- diamètre > 0.1 mm : l'eau peut s'évacuer de son propre poids
- diamètre < 0.1 mm : il y a rétention de l'eau de cette eau

Il faut ces deux types de porosité pour avoir un bon sol.

Dans le champs, on regarde :

- la porosité inter-agrégats \Leftrightarrow macro porosité (Mp) : l'eau s'échappe facilement
- la porosité intra-agrégats \Leftrightarrow micro porosité (mp) : l'eau est bien retenu

La porosité peut évoluer en fonction du travail du sol, de sa fragilité, de la saison.

Sur un sol limoneux, il faut se méfier du tassement, il peut y avoir la semelle de labour, il n'y a pas de gonflements, ni retrait.

On utilise la **densité apparente** :

Poids de l'échantillon sec / Poids de son volume (V_t) en eau (m/V)

On peut utiliser un cylindre en acier de 10 cm (afuté) que l'on enfonce de force dans le sol.

Dans un sol labouré, on a une porosité de 1 à 1,2.

Structure et porosité du sol.

d Propriété et fonctionnement

Le Complexe Argilo-Humique (CAH) va permettre de fixer des cations. **La capacité d'échange** du sol est la capacité à échanger avec la solution du sol. Le CAH est le garde-manger et **la solution du sol** est le menu du sol. Les plantes captent les cations dans la solution du sol.

L'eau va être retenu entre les différents agrégats. Plus la plante a une capacité de succion importante, plus elle sera capable d'aller chercher de l'eau au plus près des agrégats. Les terrains argileux ont une force de van-der-Waals très importante, les plantes auront du mal à récupérer l'eau présente dans le sol, le contraire se fait dans les sols sableux.

Les formes de l'eau dans le sol :

- Eau gravitaire (en excès) : circule dans les pores grossiers ou moyens, si ce n'est pas le cas \Rightarrow asphyxie du sol
- Eau de rétention capillaire stockée par le sol : circule dans les pores plus fins
- Eau liée ou pelliculaire

Les points de flétrissement : variable selon les plantes, ordre de succion de 15 bars.

La **réserve utile d'eau** (RU) du sol, pour les plantes, se fait entre l'eau gravitaire et l'eau liée.

Le drainage est la disparition de l'eau gravitaire.

La **RU** est exprimé en **mm d'eau retenu/cm de profondeur de sol** et permet de retenir de l'eau mais aussi de la restituer pour la plante. Les sols limoneux sont donc les meilleurs pour cette rétention/restitution.

En pleine végétation, un couvert végétal évapore en moyenne 5 à 6 mm/j.

S'il y a des cailloux, cette valeur de RU descend en fonction du pourcentage de cailloux dans le sol.

e Bilan

Le sol est :

- un milieu vivant
- un milieu structuré (porosité)
- un réacteur chimique (acidité, teneur en cation, aérobiose)
- un fonctionnement hydrique variable (réservoir + lieu de transfert)
- une variabilité dans l'espace

II Constituants minéraux du sol

a les différentes phases du sol

La phase liquide : là où il y a cations

La phase gazeuse : l'atmosphère du sol

L'air est plus ou moins chargé en fonction de la température.

b Les différents minéraux présents dans le sol

L'altération se fait sur les minéraux tels que le *micas*, *feldspath*, *amphibole*, mais pas les *quartz*.

Les produits d'altération peuvent être lixiviés (lavés), ou être transformés (argile) et retransformés.

Le tout compose sa **composition minéralogique** (géologique).

Plus un sol est riche en silice, plus il sera acide.

Les sables sont exclusivement composées de quartz, peu de silicates primaire. Tandis que les argiles sont composées de minéraux argileux mais aussi d'un peu de quartz.

c Les minéraux argileux

30 à 60% des argiles granulométriques.

Les principales caractéristiques :

- composition chimique : phyllosilicates
- granulométrie : inférieur à 2 μm
- forme lamellaire
- possibilité de suspension aqueuse +/- stable

Les argiles sont arrangés en feuillets.

Les argiles sont tous composés sur la même structure minérale. (échelle angstrom : 10 puissance -10 mètres).

L'argile est structuré soit de tétraèdre (TE) (Silice et Oxygène) ou d'octaèdre (OC) (Aluminium, Magnésium et Hydrogène) et l'argile est une superposition des ces tétraèdres et octaèdres.

Il existe deux modèles (ordres) de superposition :

- Kaolinite : TE/OC (1/1)
- Montmorillonite : TE/OC/TE (2/1)

Il existe 3 grandes familles en lien avec les modèles de superpositions :

- Kaolinite (1/1) : milieu stable, va fonctionner comme des grains de limons ou de sable (capacité agronomique peu importante)
- Illite \Leftrightarrow vermiculites (2/1) : espace interfoliaire est réduit avec à l'intérieur, du K peu échangeable
- Smectite \Leftrightarrow Montmorillonite (2/1) : espace interfoliaire important (plusieurs angstroms) avec des cations échangeables \Rightarrow électronégativité moyenne

Les argiles évoluent différemment en fonction du pH et du minéral de départ.

L'acidité du sol est un facteur important pour le type d'argile que l'on va avoir.

Les méthodes d'analyses des argiles

Rx
Microscopie
Thermique
Chimique

Les propriétés des argiles :

- surface de contact : kaolinite (5 à 20 m² / g) ; Montmorillonite (720 m² / g)
- phénomène d'échange d'ions
- rétention d'eau

Le calcium est super important dans le sol, il est mobile dans le sol, il a tendance à passer dans la solution du sol. Il permet l'effet éponge des feuillets d'argiles et s'il n'y en a moins, l'argile migre dans les couches inférieures et on perd de la structure du sol. Il y a corrélation entre l'acidité du sol et la structure du sol.

CEC (Capacité d'Échange Cationique) : grosseur du "garde-manger" dans le sol; (milli-équivalente / 100 g de sol)

Il faut un argile avec une électronégativité la plus forte pour retenir les cations.

Pour le meilleur argile (du moins bon au meilleur) : Koalinite < Chlorite (TE/OC/TE/OC) < Illite < Vermiculite < Smectites-Montmorillonite (milieu alcalin).

d Les sels et les sesquioxydes (oxydes métalliques hydratés)

Oxydes hydratés métalliques généralement peu solubles.

sesquioxydes d'aluminium : Incolore (sols très acide) Al₂O₃ <= feldpaths et illites.

Le phénomène d'engorgement dans le sol est très néfaste ; si l'eau ne peut pas s'évacuer, elle reste dans les macro-porosité du sol. Il existe des indicateurs de cet engorgement => hydromorphie des sols : le sol possède des caractéristiques qui font que le sol est engorgé. La couleur ferrique beige (goethite)(Fe³⁺+O(OH)) immobile, normale va se transformer en hydrates ferreux (Fe(OH)₂), gris, mobile et va migrer vers le centre des agrégats.

Lorsque c'est la fin de l'engorgement, il y a un désengorgement du sol par évaporation, est les hydrates se transforment en hématites ferriques (Fe₂O₃), couleur rouille, peu soluble.

Au fur et à mesure des années, si le phénomène persiste, on voit apparaitre des concrétions de fer et de manganèse dans les agrégats qui deviennent insolubles => on voit apparaitre des taches de rouille dans le sol.

S'il y a des traces de rouille et grise, il y a des phénomènes d'hydromorphie dans le sol (très bon indicateur)

S'il l'engorgement est supérieur à 20cm au dessous du niveau du sol (si l'eau est trop haut), il y a un problème de passage des engins agricoles.

On distingue plusieurs types d'hydromorphie du sol :

- apparition de tâches rouges et grises en dessous de 20-25cm : horizon rédoxique, g, horizon de pseudo-gley : sol qui subit des engorgements temporaires plus ou moins proche de la surface
- pseudo-gley en surface et en dessous, gley (grise), horizon réductique => engorgement permanent en au fond.
- sol complètement gris => tout le temps engorgé.

Les horizons sains sont les horizons qui ne subissent pas hydromorphie durant l'année.

sels : nutriments de la plante.

Calcium :

- carbonate de calcium → ponts calciques : révélateur de l'état calcique du sol. Les ions carbonates servent à modifier le H tandis que le calcium permet de faire retenir les argiles entre eux. Lorsque l'on fait des amendements calciques, on peut amener soit du **carbonate de calcium** (**CO₃Ca**) (sur sol qui ont un pouvoir plus squelettique) ou de la **chaux** (**CaO**) (sur sol qui ont gros pouvoir tampon : bon CAH) => stabiliser le sol
- sulfate de calcium (gypse) CaSO₄ : sur des sols gypsiques

Azote :

- Nitrates (NO₃⁻) et nitrite : (ammoniac : NH₄⁺) => sans azote, pas de protéines, pas de plantes

Maïs : seul capable de capter de l'azote sous forme d'ammoniac.

Autres sels :

- Na⁺ Cl⁻
- K⁺ Cl⁻
- 2Mg³⁺ 3O₂⁻
- Po₄²⁻ Ca²⁺ (la plante ne peut que utiliser du phosphore mono-calcique)

III Matière organique des sols

a) Les différents types de matière organique

3000 tonnes de terre sur 1ha, 0.25m de profondeur (densité apparente = 1.5) et 2% de MO dans le sol.

L'essentiel du stock de MO se fait en humus (96.8%)

La MO libre : racine, chaumes, brindilles, bouts d'écorces (ce que l'on voit)

La MO liée : Matière liée au feuillet d'argile

Le Complexe Argilo-Humique (CAH) = ensemble des minéraux argileux + MO liée

Les engrais verts permettent d'amener de la MO fraîche dans le sol mais aussi de pomper les nitrates dans le sol.

b) Évolution de la matière organique

Si on apporte de la MO fraîche, le rapport C/N sera de l'ordre de 30. Plus cette MO se décompose, on aura un rapport C/N qui va baisser jusqu'à 10.

MO libre (décomposition) → produits transitoires via μ -organismes (condensation) → MO liée ; il y a du départ de CO_2 (baisse C/N)

Il faut de l'O pour l'humification (pour faire respirer les μ -organismes) ⇒ sinon la MO ne va pas se dégrader.

La T° trop basse va inhiber la croissance des μ -organismes et donc la MO va se transformer très lentement ⇒ donc facteurs : T° , humidité, Oxygène.

c) Les différents modèles d'évolution

modèle mono-compartimental

Le stock d'humus est alimenté par de la MO fraîche, il faut entretenir ce stock.

K1 : coefficient d'humification annuelle : va dépendre de la composition de l'amendement organique.

K2 : coefficient de minéralisation annuelle : va dépendre des caractéristiques du sol (teneur en argile et en calcaire).

MO fraîche \Rightarrow (K1) \Rightarrow stock d'humus total du sol \Rightarrow (K2) \Rightarrow Éléments minéraux

Pour connaître la quantité d'humus produit = MS de la MO fraîche * K1 = Poids MO fraîche * taux MS * K1

Pour avoir le meilleur K2, il faut un sol peu argileux et pas calcaire (exprimé en %).

Poids d'humus exporté = poids total humus * K2 = (poids stock humus + MS * Poids MO fraîche * K1) * K2 / 100

Petite équation différentielle ...

On cherche le pourcentage limite de MO (et un état d'équilibre) que l'on peut mettre dans le sol.

Il faut environ une cinquantaine d'année pour passer d'un niveau d'équilibre à un niveau d'équilibre inférieur.

Il faut toujours veiller à maintenir le niveau d'humus dans le sol pour ne pas fragiliser le sol.

modèle pluri-compartimental

On utilise qu'une partie du stock total d'humus dans le sol pour calculer le nouveau K2 => il existe différents types d'humus dans le sol.

Dans ce stock d'humus, il existe :

- humus très stable : 4000 ans : K²
- humus stable : 40 à 50 ans : K'²
- humus actif : < 1 an : K²

Donc K2 >> K'² > K²

Pour nourrir la plante, il faut donc apporter de la MO fraîche qui se dégrade vite ; pour modifier la structure du sol, on apportera des amendements humiques spéciaux qui fourniront un humus plus stable

d) Méthodes d'analyses

dosage du carbone total

MO = [C] * 1.724

nb : 1.5 < K < 2

dosage de l'azote total

MO = [N] * 20 <=> C/N = 11.6

nb : 8 < C/N < 30

Si il y a un mauvais taux de C/N, il faut faire attention au sol : analyse de sol, hydromorphie, pb dans le sol. Il faut que le sol fonctionne bien sur ce rapport.

SI C/N > 20, on a de la MO qui sera plus brute, donc il y a pu de bactéries ou champignons et donc aussi peu ou trop d'humidité, ou un pH trop faible ou élevé.

Analyse biochimique des MO du sol; Méthode de Kononova

On ajoute des produits 'chimiques' à l'Humus, on récupère des humines insolubles puis avec de l'HCl, on a des acides fulviques solubles puis avec de l'alcool, on des acides humiques mélaniques puis des A.H Gris et noirs

La cellulose se décompose très rapidement, et vont correspondre à la MO qui sera vite assimilée. Les tiges sont la lignine (plus grandes chaînes carbonées) et se dégradent bcp plus lentement.

Processus d'évolution de la MO du sol en milieu naturel

En fonction des types de milieux, de saturation ou appauvrissement en O₂, l'acidité, on a des modes d'actions des μorgas qui sont différents avec des vitesses de dégradation différentes.

Pour avoir une minéralisation et humification rapide, il faut un milieu aérobie plutôt basique (1-2 ans, on peut voir ces changements); en milieu acide, ces processus seront plus lents.

En milieu anaérobie, la cellulose produit du méthane, et la lignine produit de la tourbe.

Les acides humiques bruns sont de grandes chaînes aliphatiques qui se dégradent dans la dizaine d'année.

Les acides fulviques vont hydrolyser les argiles et dégrader les sols.

La protéolyse permet d'ajouter des a.a par sa dégradation dans le sol.

Si on veut nourrir la plante, il faudra plutôt fournir de la cellulose au sol grâce aux engrais verts et lisiers (acides humiques gris).

Si on veut stabiliser les sols, il faudra apporter de la lignine au sol grâce aux fumiers, composts (acides humiques bruns)

Les sols lessivent 200-300 kg /an (en fonction du type de sol)

caractéristique du fractionnement biochimique des amendements organiques

On évalue la qualité de la MO apportée : quantité de matières minérales, lignine, cellulose, hémicellulose, fraction soluble.

Il faut donc faire des analyses de ces amendements.

Les engrais organiques vont plutôt fournir directement à la plante (fientes de volailles, boues de distilleries).

Les amendements organiques vont plutôt être composé de lignine, un peu de cellulose et peu de matières minérales pour stabiliser le sol (composts, fumiers)

Les résidus végétaux vont avoir un effet à 6-15 mois après l'apport sur les plantes.

Il s'agit d'une analyse courante

e) Approche pédologique

- Horizon A: surface (0-20/30 cm)
- Horizon E : élluviaux : apprauvissement (20/30 - 70/80 cm)
- Horizon B : accumulation (70/80 - 120 cm)

L'horizon A0 est au dessus de l'horizon A ui est composé de 3 strates (maxi 10 cm au dessus) :

- L (O1) : Horizon de litière
- F (Of) : Horizon composé de lignine, fin de la décomposition de la cellulose
- M (Oh) : Horizon d'humification et est incorporé dans l'Horizon A1 grâce aux lombrics

L'Horizon A1 se confond avec l'Horizon A où il y a le CAH.

Pour les forestiers, le **mull** correspond à un litière peu épaisse avec la taille de la couche peu épaisse (une seule couche O1) On a ce type d'humus forestier où la MO évolue très rapidement : bcp de cellulose et bcp d'oxygène, pH plutôt neutre. on le rencontre dans les forêts de feuillus.

Le **mor** correspond à une litière épaisse, on peut voir les 3 couches O1, Of et Oh directement sur l'Horizon A, il faut donc un milieu acide et engorgé pour pouvoir voir ce type de sol avec un apport ligneux provenant des aiguilles.

Le **moder** correpnd à une litière moyennement épaisse qui est le milieu entre le mor et le mull.

caractéristiques des 3 principaux types d'humus

Mull > Moder > Mor

f) Approche agronomique-

Corrélation entre la teneur en C et le CEC. Plus il y a de Mo dans le sol, plus il y aura de CEC dans ce sol.

Types et quantité de minéraux produits par la minéralisation d'humus issus de différents sous produit

6 tonnes de pailles : 23kg de N (porgas vont avoir besoin de 26kg d'N), 10kg de P2O5, 45kg de K2O et 23kg de CaO.

Utilisation minérale des plantes : 100kg de N, 50kg de P2O5, 100-150kg de K2O, 200Kg de CaO

Le travail du sol et dilution de la MO

Dul about systématique (bon labour : MO enfouie en biais (incopore les mauvaises herbes) au travail du sol simplifié (cocnentre en surface la MO et les porgas se

développent plus facilement) voire le semis sous couvert (fissures dans le sol pour semer).

IV Initiation à la pédogénèse

Comment les sols vont évoluer dans le temps et l'espace ?

a) Les principaux horizons pédologiques (sémiologie)

Horizon :

- L (AP): Labour
- H (A0) : horizon organique
- A (A1) : hrz e mélange organique et minéraux
- E (A2) : Hrzs léssivés
- B : horizon d'accumulation de
- T (t) : argile (horizon Bt)
- Ph (h) : humus (horizon Bh)
- Ps (s) : sesquioxydes
- ca (Ca) : calciul
- G : Gley (suffixe g: pseudogley)
- C : transition vers la roche mère
- R : roche mère

b) Les cycles d'évolution des sols

Evolution dans un climat froid

Chronoséquence : schéma, axe vertical → profondeur et axe horizontal → l'évolution du sol.

- Lithosol : proche du glacier : sols récents avec quelques plantes qui poussent entre les rochers surtout des mousses et graminées (pH proche de 7)
- Ranker ocreux : sol un peu plus ancien, avec de la Mo qui va fournir de la lignine.
- Sol podzolique : On voit apparaître des rhododendrons, fourniture de lignine en condition très acide.
- Podzol : on voit apparaître des conifères, l'humus a migré vers la profondeur, il n'y a que les sables et les limons et aussi des horizons Bh et Bfe

On est en montagne, il fait froid, une lame d'eau drainante très importante et un MO riche en lignine => production d'acides fulviques très agressifs envers l'argile, ils vont donc migrer en profondeur avec l'eau et détruire l'argile.

On est donc sur un sol de famille podzolisation ou complexolyse.

Evolution dans un climat tempéré

Sur ~10 000 ans

On passe du stade pelouse vers une forêt de feuillus (climax)

Au bout d'un moment, il va y avoir une disparition du calcaire (CaCO_3) à cause de la lame d'eau drainante, et donc le lessivage des argiles vers l'horizon Bt (création d'un horizon imperméable => hydromorphie au dessus).

C'est au stade où l'on passe d'une forêt de feuillus vers une forêt de résineux (qui vont acidifier le sol)

On est donc sur une famille brunification ou acidification

Le sol est dégradé s'il perd ses fonctionnalités :

- Artificialisation
- Productivité agricole
- Stockage de carbone
- Biodiversité
- Stockage

L'érosion est une cause essentielle de cette dégradation, mais pas que.

On détruit un sol 100 fois plus vite qu'il se reconstitue.

c) Les facteurs d'évolution

Répartition des grands type de climats

Climats tropicaux, climats arides, climats subtropicaux, climats continentaux, climats polaires.

Répartition des grands groupes de sols mondiaux

Sol de toundra, podzol, sol gris-brun ou brun, Sol rouge et jaune, sol latéritique ou sols rouges, sol de prairie, sol de montagne, sol de désert,

Types climatiques actuels et processus de pédogenèse

On a des type de sol Fersiallitique (rouge) quand on est dans un climat Méditerranéen.

Bisialitisation : on reste dans le domaine des argiles 2/1

Monosialitisation : Apparition d'argiles de type 1/1

Le sol se modifie en fonction de l'humidité, de la température et du climat, qui modifient l'évolution du sol.

La géologie et le climat (T° moyenne => niveau d'altération d'argile (plus c'est chaud, plus les feuillets vont s'ouvrir)) interviennent dans la formation des sols. Les pores, avec une température plus chaude, il y aura plus de vie, donc une meilleure minéralisation et après un meilleur sol.

Les acides fulviques vont dégrader les argiles et les lessiver dans le sol.
Les sols riches en basalte vont être des podzols car, la roche rend acide le sol et donc il y aura des acides fulviques.

Lorsque l'on va du Nord au Sud, il y a un gradient de T° croissante, et si on va de l'Est vers l'Ouest, on aura un gradient d'humidité croissante.

Plus le sol est argileux, plus il est calcaire, plus K₂ est faible.

Le facteur **Altitude** montre les différents types de forêt en passant des feuillus vers les résineux.

Le facteur **Âge du sol** nous donne les différents types de formation du substrat, on veut le moment où la roche a été mise en contact avec l'atmosphère.

Les **glaciations** sont très importantes pour la découverte des sols et donc la dégradation et les deux dernières glaciations ont raboté les sols. Les sols méditerranéens sont plus profonds car ils n'ont que peu été rabotés par les glaciers *a contrario* des sols bruns plus au Nord.

Les fleuves sont aussi un facteur d'érosion qui ont permis de laisser des sols plus ou moins anciens. Les sols les plus anciens sont les plus loins car ils ont été mis en contact en premier, ils sont donc plus vieux.

Plus un sol est ancien, plus il est profond.

Les variantes de sol sont dues au type géologique local, mais les grandes familles de sols sont bien visibles.

Les substrats rocheux sont les types de matériaux sur lesquels le sol se développe. Les alluvions sont les dépôts du fleuve, il est difficile de savoir quel est le type de matériaux qui sera ramené.

Dans les sols où il y a du granite (feldspaths), il n'y a pas de calcaire, et donc les sols sont acides à ces endroits-là. Dans les schistes (micas), il y aura de l'argile de qualité => sols de qualité.

Effet de la roche mère sur le type de pédogénèse et la texture

La géologie peut jouer sur la granulométrie du sol.

Influence de l'érosion sur la constitution

La **topographie** conditionne aussi l'érosion. Les ruisseaux ont créé des pentes qui ont fait apparaître des sols, sur les plateaux, il y aura donc des limons (anciens) mais la pente intercepte un autre système géologique, le sol change donc et passe du limon à l'argile.

L'eau dans le sol

Le phénomène d'engorgement des sols peut être durable ou saisonnier, et ce phénomène change complètement la qualité du sol et sa caractéristique.

Il y a donc le pseudo-gly : engorgement temporaire, tâches rouilles ou grises.

Il y a aussi le Gley : engorgement permanent, tâches grises.

Si l'eau apparaît à moins de 20 cm de profondeur, on aura des problèmes de portance du sol.

Les causes de cet hydromorphie sont le relief et le type de sol (drainant, ...)

Facteurs anthropiques d'évolution des sols

Dégradation : Érosion, tassement, labours profonds

Aggradation/Saturation : Amendements organiques/calcaires, travail superficiel

d) Les sols en France

Cartes des différents types de sols en France en fonction du climat

V Cartographie des sols et gestion des informations

a) Introduction à la description et à la cartographie des sols

Les données géométriques représentent en plan la distribution des sols sur un territoire donné - Unité cartographique de Sols ou UCS (Unité Cartographique du Sol)

Chaque unité de sol cartographiée, est accompagnée par une légende et une description des sols.

Les sols sont variables dans l'espace et dans leurs caractéristiques.

L'échelle de la cartographie dépend de la problématique étudiée :

- cartographie aux échelles plus détaillées (Grande) : 1/10 000

- cartographie aux échelles moins détaillées (Moyenne à Petite) : 1/250 000

À une échelle donnée correspond un regroupement de sols donné : Plus petit objet pouvant être représenté sur une carte : 5mm * 5 mm (\approx 25mm²) .

Au 1/10 000, 25mm² \approx 0.25ha

Au 1/250 000, 25mm² \approx 150ha

- Optimum : 1 observation pour 25mm² de carte
- Minimum : 1 observation par 100mm² de carte
- Unité typologique de sol (UTS) : unité de sol correspondant à une même superposition d'horizons.
- Unité cartographique de sol (UCS) : unité de représentation sur la carte qui peut comprendre une ou plusieurs UTS.

- Unité Pédopaysagère : unité de paysage homogène sur le plan de la morphologie, l'occupation du sol, la géologie, la climat.

L'unité Pédopaysagère regroupe les OLS de façon pertinente et ordonnée à des échelles comprises entre 1/100 000 et 1/250 000.

On définit les plages cartographiques si UCS = UTS, et on a donc une meilleure précision.

b) Gestion des données pédologiques

Dans les bases de données.

On a une carte spatiale (digitalisation des données cartographiques) et sur chaque point, on a une bdd qui renseigne les infos (texture, profondeur, pourcentage A/L/S, hydromorphisme)

<http://rhone-alpes.websol.fr/carto>

VI Le sol, système épurateur de la fonction filtration - épuration

a) Le sol, système épurateur

Le carbone vient de la MO d'origine végétale.

La capacité épuratrice du sol est réglementée pour les épandages (le processus) et la procédure => **plan d'épandage**.

Un plan d'épandage est obligatoire quand la ferme est au dessus de 80 UGB. Pollution par les nitrates ou les accidents en acide phosphorique avec des phénomènes d'eutrophisation.

Les µ-orgas pathogènes

Dans les résidus organiques, il peut y avoir aussi des micro-organismes pathogènes qui ont une durée de vie très variable. On ne peut donc épandre comme on veut en fonction de ces durées de vie (< à une année culturale).

Les µ-polluants

les éléments de traces métalliques (Cu, Pb, Zn, Cr, Cd, Hg, Ni, Se) ou de composés de traces organiques (PCB, AOX, HAP)

On ne pourra pas épandre certains effluents si les seuils sont trop élevés (trop de composés traces).

On ne faut pas en amener trop au risque de l'accumulation dans les sols.

Les apports organiques sont fixés par le CAH par fixation colloïdale pour être amenés à la plante. Le but est d'épandre la juste dose de ce qu'a besoin la plante.

Pour avoir un bon pouvoir épurateur, le sol doit être capable de :

- Infiltrer, humifier et minéraliser les matières organiques fraîches
 - perméable et sans risque de battance.
 - Milieu aérobie (pas d'engorgement ou de tassement) \Leftrightarrow respiration des micro-organismes.
- Stocker et recycler les produits de décomposition de la MO
 - Bon CAH
 - Bonne profondeur du sol pour les racines

les propriétés pédologiques déterminant la capacité d'épuration

- Filtrer \Leftrightarrow Perméabilité du solide \rightarrow Texture, porosité
- Humifier \Leftrightarrow Biologie du sol, K1 \rightarrow Hydromorphie, Acidité, Porosité
- Minéraliser \Leftrightarrow Biologie du sol, K2 \rightarrow Texture, pH
- Stocker et échanger avec des plantes \Leftrightarrow CAH \rightarrow Minéraux (CEC), eau (RU), Terre fine (% de cailloux), profondeur des racines

La perméabilité de l'horizon de surface \Leftrightarrow texture.

Les sols argileux ont un faible pouvoir épurateur

Les sols très sableux, trop perméable, a une faible capacité d'épuration.

Les classes très limoneuse peuvent devenir imperméable à cause de la croûte de battance.

L'hydromorphie

L'hydromorphie = manifestation morphologique de l'engorgement par l'eau d'un sol (tâches rouilles et grises)

L'engorgement par l'eau d'un sol réduit sa capacité d'oxydation, donc son potentiel épurateur.

Si on a un sol complètement gris, on exclue directement la parcelle.

les paramètres pédologiques déterminant la capacité d'épuration

Le coef de minéralisation dépend du CaCO_3 (0/00) et l'Argile. K2 sera le plus important quand il n'y aura pas de CaCO_3 et peu d'argile.

Le CAH \Leftrightarrow La Capacité d'Échange Cationique (CEC)

Les sols au centre du triangle de texture sont ceux qui possèdent la meilleure CEC.

Le sol doit être capable de stocker suffisamment d'eau capillaire.

Le réservoir utilisable (RUM) \Leftrightarrow profondeur du sol.

Plus un sol a un RUM faible, plus sa capacité d'épuration diminue car il peut stocker les produits issus de la décomposition de la MO.

Dans les sols profonds, RUM sera élevé tandis que dans les sols superficiels et caillouteux, RUM sera faible.

On va calculer cette réserve utile en fonction des abaques.

- Dans les sols limoneux : 2.8-3.5mm/cm de sol ;
- Dans les terrains argileux : 1mm/cm ;
- Dans les terrains sableux : 0.5-1mm/cm

Le pH de l'eau

Acide (5.5/6.8) < neutre (6.8-7.2) < basique (7.2-8.5)

les pH extrêmes diminuent l'activité biologique.

Le tassement et la battance

Le tassement

c) Les paramètres externes du sol

d) Méthode d'évaluation de la capacité d'épuration du sol

Capacité de transformation de la MO fraîche :

- Sols sains
- Sols légers à moyens
- Sols neutres à faiblement acide

Capacité de stockage et d'échange (eau et minéraux) :

- % de terre fine et d'argile
- Profondeur d'enracinement

Contraintes limitant les potentialités du sol :

- Hydromorphie
- pH de l'horizon de surface
- Texture de l'horizon de surface
- RUM

e) Bilan