

## Partie II : Échelle macroscopique (cm-dm)

### CHAPITRE 3

#### Description des divers types d'agrégats et de la structuration des horizons non labourés

##### Définitions

La structure d'un horizon est la façon selon laquelle sont agencées naturellement et durablement les particules élémentaires (sables, limons, argiles, matières organiques) en formant ou non des volumes élémentaires macroscopiques appelés **agrégats** (dits aussi "**peds**" ou "unités structurales" ou "éléments structuraux"). C'est la façon selon laquelle il se subdivise ou s'organise en agrégats.

Un agrégat n'est donc pas une particule élémentaire mais un agglomérat de particules dont la cohésion interne est assurée par diverses substances : les minéraux argileux, les oxydes de fer, certaines matières organiques (telles les polysaccharides), des gels...

Un agrégat est le résultat de l'organisation naturelle des constituants, ce en quoi il est fondamentalement différent d'un fragment, lequel résulte de la brisure d'un objet préexistant.

Dans les horizons de surface travaillés par les outils agricoles, la structuration naturelle est constamment modifiée, voire fabriquée, par des actions qui cassent et émiettent (par ex. les lits de semences) et par d'autres qui compactent. On emploie quand même le terme de structure pour ces horizons labourés, mais les unités structurales sont plutôt nommées "mottes" (cf. chap. 4 à 7).

Cette organisation à l'échelle de l'horizon (dite aussi "structure macroscopique") est observable à l'oeil nu en recourant uniquement aux mains et à un couteau pour la dégager et, éventuellement, à une loupe pour l'examiner en détail. Elle ne doit pas être confondue avec d'autres organisations pédologiques : les "microstructures" internes aux agrégats (étudiées avec diverses techniques de microscopie – cf. chap. 8 à 12) ou les "mégastructures" des couvertures pédologiques aux échelles décimétriques à multi-kilométriques.

La structure particulière des horizons de sols est une de leurs spécificités. Cette capacité de s'organiser en agrégats ou peds peut être nommée **pédicité** (*pedality* en anglais). Tous les mécanismes et processus de la pédogenèse (actions physiques, chimiques et biologiques) concourent à transformer progressivement des matériaux à structure lithologique (roches et dépôts étudiés en géologie) en matériaux à structures pédologiques.

Lors de la description des solums, on pourra observer :

- soit des **structures lithologiques** héritées des matériaux parentaux et donc plus ou moins résiduelles (schistosités, litages, stratifications, filons) ;
- soit des **structures pédiques ou pédologiques** (*i.e.* à agrégats) ;
- voire des structures **pédo-biologiques**, c'est-à-dire dont les agrégats ont été construits principalement par l'activité biologique au sens large ;

- sans oublier cependant qu'existent également des **structures apédiques** (*i.e.* sans agrégats), acquises grâce à l'action des processus de la pédogenèse, suite à des dépôts de matières (horizons éluviaux E) ou à des accumulations sous des formes indurées (horizons pétroferriques, pétrocalcaires, pétrosiliciques, etc. (Cf. [Référentiel Pédologique 2008](#)).

Il faut donc bien distinguer deux types de structures selon les mécanismes qui leur ont donné naissance :

- les **structures pédiques** construites par l'agglomération de particules élémentaires initialement individualisées : c'est le cas des structures grumeleuses et grenues, présentes dans les horizons de surface humifères à forte activité biologique,
- et les **structures pédiques** dans lesquelles c'est la géométrie, variable selon l'état d'hydratation, des assemblages plasma argileux / grains du squelette qui joue le rôle principal : c'est le cas des structures polyédriques, prismatiques, sphéroïdes, lamellaires...).

### Précautions

La structure est une notion très importante dans la pratique car elle conditionne la circulation de l'air, celle de l'eau et donc l'enracinement (Cf. [chap. 2](#)). Sa description cependant est assez délicate et nécessite précautions, attention et réflexion.

Sur le terrain, l'état structural observé dépend largement de l'état d'humidité instantané de l'horizon. Ainsi, un horizon riche en argiles gonflantes, qui semble massif à l'état très humide, est susceptible de se rétracter et de se diviser puissamment en période sèche. La structure est donc une propriété qui s'exprime plus ou moins et différemment au cours du temps, selon des cycles saisonniers ou même plus courts, en fonction des événements météorologiques. On peut parler de la dynamique structurale d'un sol, étroitement liée à sa dynamique hydrique. D'où l'importance de préciser l'état d'humidité des horizons au moment de la description et la date de celle-ci.

Fréquemment, on est amené à observer des coupes naturelles ou artificielles pour étudier les sols (talus, fossés, carrières, fondations de maisons, etc.). En matière de structure, de telles circonstances nous conduisent à décrire des solums artificialisés en ce sens qu'ils sont depuis des mois voire des années en conditions de dessiccation anormale (et même de décompression). De ce fait, les structures observées, quoique développées naturellement, ne sont pas significatives du fonctionnement réel de la couverture pédologique en conditions habituelles. Il en va exactement de même pour une fosse laissée ouverte quelques semaines ou plusieurs mois. Dans un tel cas, on peut dire que s'exprime alors une **structure potentielle** qui ne s'exprime peut-être jamais en conditions de fonctionnement naturel (parce qu'un tel état de dessiccation n'est jamais atteint dans le sol).

Il faut enfin insister sur l'**impossibilité de décrire la structure à partir d'un échantillon prélevé à la tarière** : les fragments retirés de l'outil ont été comprimés et vrillés et les agrégats naturels ne sont plus reconnaissables.

### Les grands types d'organisation structurale

La première question à se poser, est : y a-t'il des agrégats ? Selon la réponse, on envisagera trois cas auxquels correspondent trois grands types de structuration.

#### 1. Structures apédiques (*i.e.* sans agrégats)

1.1 Absence d'agrégats par suite d'un manque de cohésion des particules entre elles (en général sables ou graviers, mais aussi quelquefois sables limoneux, craie, etc.) : c'est la **structure particulaire**.

1.2 Absence d'agrégats lorsque l'horizon est uniquement constitué de matières organiques plus ou moins décomposées (horizons **holorganiques** O des **épisolums** forestiers ou horizons H des **histosols**). Les "particules" peuvent être des fibres végétales ou des débris de feuilles, ou des déjections de la **mésafaune**, d'où les **structures fibreuses, feuilletées, et coprogènes** (ou **granulaires**).

1.3 Absence d'agrégats car il n'y a pas de fissures et une cohésion existe entre les particules ; c'est la **structure massive** ou **continue** dite aussi parfois "**fondue**"<sup>1</sup>. S'il y a une forte cohésion des particules entre elles et que la fragmentation ne peut être obtenue qu'artificiellement par choc ou brisure, la structure sera dite **massive indurée**. C'est le cas de tous les horizons plus ou moins cimentés par des oxydes de fer, du calcaire, de la silice, etc. appelés aussi **encroûtements, croûtes, carapaces, cuirasses, alios, grepp, grison**, etc.

**Remarque** : ne pas confondre des fragments détachés par l'outil de l'observateur avec des agrégats.

## 2. Structures pédiques (*i.e.* à agrégats)

Il existe bien des agrégats naturels, individualisés, que l'on peut mettre en évidence en émiettant doucement l'horizon entre les mains ou en faisant ébouler l'horizon au couteau. Lorsque la structure est nette, les unités structurales se séparent, se détachent aisément. Le terme de **structures fragmentaires** est fréquemment employé mais il ne nous paraît pas approprié. En effet, un fragment est un "morceau d'une chose qui a été brisée" (Petit Robert) et une telle définition, nous l'avons vu, est contradictoire à la notion d'agrégat et ne s'applique qu'aux mottes des horizons labourés. Mieux vaut employer les termes de **structures pédiques** ou de **structure à agrégats**. Les structures pédiques peuvent se présenter sous différentes formes :

2.1 celles construites sous l'influence prédominante des êtres vivants (champignons, microarthropodes, vers de terre, racines, fourmis, termites, etc.- **Gobat et al., 2003**), qui contiennent beaucoup de matières organiques et qui présentent en général des formes arrondies et des petites dimensions. Ce sont les **structures grenues et grumeleuses**, dites aussi **structures construites** ou **pédo-biologiques** ;

2.2 celles qui s'expriment grâce à un réseau de faces de dissociation préférentielles et qui résultent principalement de phénomènes de retrait et gonflement. Il faut pour cela la présence d'une quantité suffisante d'argile soumise à des cycles dessiccations/humectations (voir **encadré APS**). Les agrégats de ces structures ont des formes en général anguleuses avec des faces relativement planes : polyèdres, cubes, prismes, etc. En l'absence de graviers et cailloux, leurs faces ont tendance à s'organiser selon des plans verticaux et horizontaux.

2.3 les structures hybrides, qui combinent un peu les deux grands types précédents et présentent des formes émoussées, un peu arrondies.

3. Enfin, il existe des structures plus spécifiques de **milieux** ou de **constituants particuliers** :

---

<sup>1</sup> A cette échelle, le terme "massif" correspond à une absence d'agrégats individualisés. Mais il est bien entendu que le cœur de gros agrégats, comme des prismes, peut être massif, sans porosité.

3.1 les structures **sphénoïdes** (dites aussi **rhomboédriques** et "**en plaquettes obliques**") reconnaissables à leurs faces conchoïdales et à orientation oblique. Elles sont révélatrices de la présence d'argiles gonflantes en grandes quantités et de mouvements internes ;

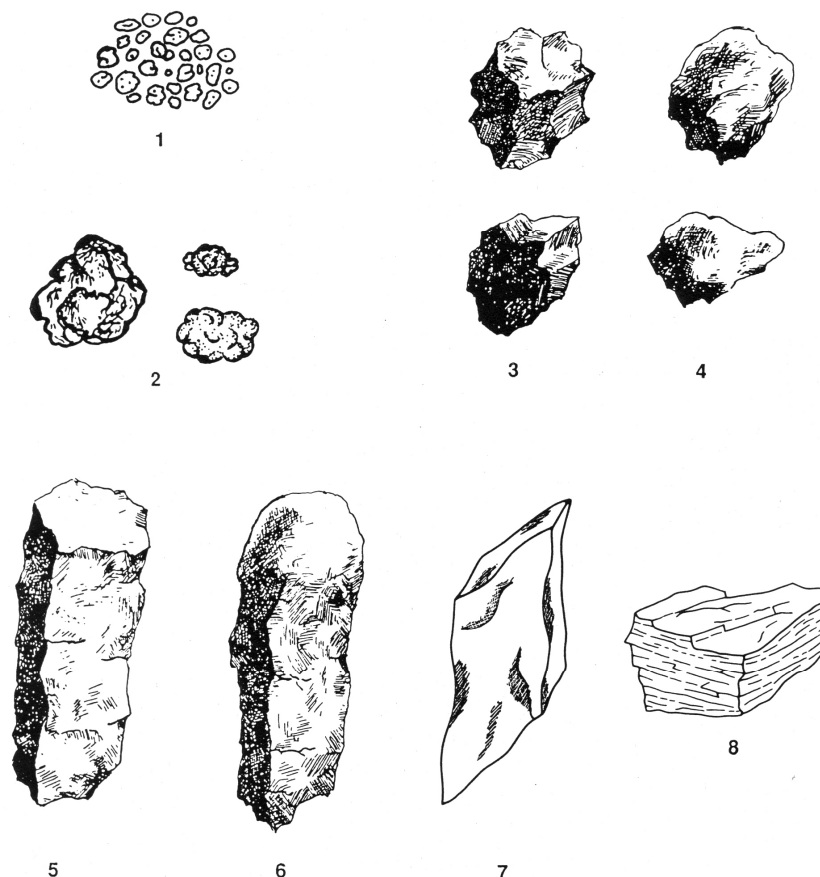
3.2 les **structures micro-grumeleuses** (dite aussi "**fluffy**" ou floconneuse), à petits agrégats ovoïdes et très poreux, dues à des précipitations d'oxy-hydroxydes d'aluminium ;

### Comment décrire la structure ?

Il est possible de décrire : - la présence ou non d'agrégats ; - leur forme ; - leurs dimensions ; - leur netteté (Baize et Jabiol, 2010 ; DONESOL 2.0).

On pourrait imaginer de décrire précisément, lors de chaque description, la géométrie des agrégats. Il est en fait beaucoup plus rapide et efficace de se rattacher à des grands types de structures prédéfinis.

Depuis la fin des années soixante, plusieurs groupes de pédologues ont travaillé à la normalisation des termes à utiliser. La **figure 36** illustre les principales formes des agrégats le plus souvent observées. Elles s'inscrivent dans les grands types d'organisation précisés au paragraphe précédent. Pour plus de détails, se reporter à l'ouvrage "Guide pour la description des sols" (Baize et Jabiol, 2010) qui fournit un référentiel en 16 catégories.



**Figure Guide 36** : Forme des agrégats des principales structures pédiques.

1. structure grenue ; 2. structure grumeleuse ; 3. structure polyédrique anguleuse ; 4. structure polyédrique sub-anguleuse ; 5. structure prismatique ; 6. structure colonnaire ; 7. structure rhomboédrique (ou sphénoïde) ; 8. structure lamellaire.

Pour opérer ce rattachement, on doit observer avec attention :

- la forme des faces : sont elles planes ; arrondies convexes ou concaves ; planes et courbes à la fois ?
- l'aspect des arêtes : anguleuses (vives), ou émoussées ?
- l'orientation préférentielle de dissociation : plans horizontaux (indice d'un tassement ou héritage) ; plans verticaux (tendance naturelle des matériaux riches en argile et peu altérés) ; plans obliques (caractère "vertique") ; sans orientation préférentielle ?

### La dimension des agrégats

Elle est décrite en millimètres. Pour les structures à orientation préférentielle verticale (structures prismatiques et columnaires) c'est la largeur qui doit être signalée de préférence mais on peut aussi, bien entendu, indiquer aussi les dimensions verticales. Pour les structures lamellaires, l'épaisseur est le caractère essentiel.

### La "netteté" de la structure

Une **structure très nette** montre des éléments structuraux bien formés, stables, aisément visibles *in situ*, adhérant peu les uns aux autres et se séparant facilement lorsque l'horizon est dérangé. Dans la main, un prélèvement se décompose presque uniquement en agrégats entiers avec quelques agrégats brisés et très peu ou pas de "poudre" (particules élémentaires ou très fins débris d'agrégats).

A l'inverse, une structure est décrite comme **peu nette** quand les éléments structuraux sont mal formés, pratiquement invisibles *in situ*. Dans la main, un prélèvement se décompose en quelques agrégats entiers, mélangés à de plus nombreux d'agrégats brisés et à une masse importante de poudre.

### Structure, sur-structure et sous-structure

Les agrégats qui correspondent au niveau de structuration le plus apparent peuvent être assemblés en ensembles plus grands constituant ainsi une **sur-structure** (fig. 35). Inversement, les mêmes agrégats se subdivisent souvent en agrégats plus petits délimités par des micro-fissures et qui ne se dégagent pas spontanément mais sous l'action des doigts ou d'un instrument : il s'agit alors d'une **sous-structure**.

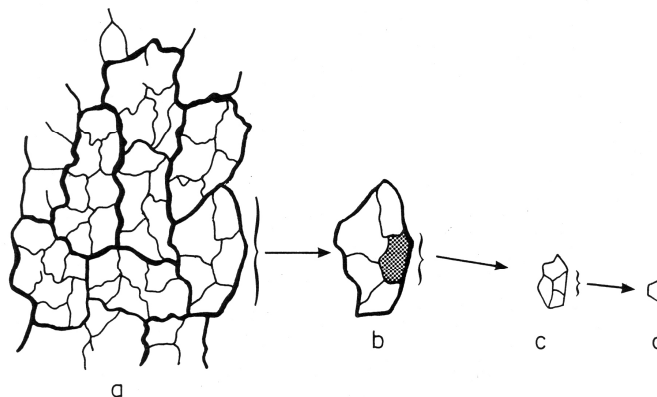


Figure Guide 35

Un exemple très courant est celui d'une structure prismatique moyenne que l'on peut décrire comme ayant une sur-structure prismatique grossière ou très grossière et, dans le même temps, une sous-structure cubique moyenne. De même pratiquement toutes les structures

polyédriques anguleuses très nettes se subdivisent en polyèdres plus fins ou, si l'on préfère, s'organisent en polyèdres plus gros. Dans de tels cas de structures "emboîtées", il n'est pas toujours facile de savoir quelle est la structure "la plus apparente", laquelle est la sur-structure et laquelle est la sous-structure. D'autant que, nous l'avons déjà évoqué ci-dessus, ces différents niveaux de structuration n'apparaîtront pas avec la même netteté selon l'état d'humidité.

Des sous-structures micro-polyédriques (agrégats de dimensions < 1 mm) anguleuses peuvent également être observées dans des horizons profonds, dans des sols particuliers, tels les "terres d'Aubues" des plateaux de basse Bourgogne (Bruand, 1985) ou nombre de ferralsols (Référentiel Pédologique 2008).

En hiver, à la surface de certains sols argileux laissés nus, apparaît parfois une structure polyédrique très fine (agrégats < 5 mm), très nette et très anguleuse. Une telle structure, véritablement "fragmentaire" résulte de l'effet du gel sur un horizon labouré argileux riche en smectites (argiles gonflantes). *illustrer par photo ?*

### **Présence de deux types de structures juxtaposées au sein d'un même horizon**

Dans quelques cas rares, plusieurs types de structures co-existent dans un même horizon très hétérogène. Le meilleur exemple est fourni par les horizons Eg&BTgd des Luvisols Dégradés (publications de Montagne et Frison).

## **Le fonctionnement structural**

### **Structures construites des horizons de surface organo-minéraux (horizons A)**

La formation et l'évolution des structures construites dépend de la dynamique des populations de bactéries, champignons, arthropodes et vers de terre. En outre, ces structures peuvent être maintenues, renforcées ou reconstituées par l'action prolongée des racines de graminées (granulation) sous prairie, friche, pelouse, steppe. Les structures grenues ou grumeleuses apparaissent en général à la surface ou à proximité de la surface du sol. Les agrégats n'ont pas à supporter le poids d'horizons sus-jacents ; leur forme et leurs dimensions sont liées essentiellement à des actions biologiques et à des ciments organiques et non pas à des cycles successifs dessiccation / humectation. Même en période humide, les horizons conservent des vides suffisamment grands et nombreux pour permettre l'écoulement rapide de l'eau gravitaire (c'est l'"architecture lâche" de Concaret (1981).

Ces structures pédo-biologiques sont caractéristiques des horizons supérieurs sous végétation naturelle, friche ou prairies. Elles disparaissent en général rapidement sous l'effet de la mise en culture, au profit de structures mixtes polyédriques sub-anguleuses plus ou moins fines.

### **Structures des horizons profonds**

Les structures polyédriques, cubiques et prismatiques sont généralement observées dans des horizons de profondeur moyenne ou profonds. En périodes humides, elles y présentent souvent ce que Concaret appelle une "architecture ajustée". Les agrégats sont juxtaposés et étroitement serrés les uns contre les autres sans laisser subsister entre eux aucune fissure utilisable pour l'écoulement de l'eau (mais sans pour autant se souder).

En périodes sèches, les éléments structuraux polyédriques, cubiques et prismatiques se séparent toujours selon les mêmes faces de dissociation. Dans ces fissures inter-agrégats, peuvent circuler des eaux chargées de solutés, d'acides organiques, de particules solides en suspension (argile, limons). Y circulent aussi l'air et l'atmosphère du sol ; y pénètrent les racines et radicelles.

Une fois les premières discontinuités installées (revêtements par exemple), ce sera au même endroit que la dissociation se fera au cycle suivant. Et c'est là qu'un autre revêtement se déposera, d'où un auto-renforcement du phénomène. De même, c'est à l'endroit où il y a déjà eu dégradation des argiles, qu'il y a la meilleure perméabilité, c'est donc là que les flux d'eaux passeront préférentiellement et que la dégradation pourra continuer à se développer. C'est ainsi que se forment et s'accroissent progressivement (à l'échelle séculaire) les "glosses" verticales blanchies et appauvries en argile le long des anciennes faces de prismes (Luvisols Dégradés glossiques). Mais une telle progression selon un axe vertical (évolution vers une morphologie "glossique") **illustrer par une photo ?** implique que la structure prismatique en question "s'ouvre" au moins pendant une partie de l'année où il y a des flux d'eau. Si la structure prismatique se "ferme" rapidement à l'automne (ou bien ne s'ouvre jamais) et que l'horizon devient (ou reste) imperméable les flux prendront une orientation préférentielle horizontale et l'évolution du solum se fera vers une morphologie plutôt "planosolique" **illustrer par une photo ?**

*In situ*, chaque agrégat considéré isolément subit le poids de la masse de sol qui est au-dessus de lui. Dans le cas d'horizons argileux à architecture ajustée, il subit les contraintes de ses voisins et sa possibilité de gonfler est grandement limitée par eux. C'est pourquoi toute étude structurale sur échantillons sortis de leur contexte ne peut pas être parfaitement représentative du fonctionnement *in situ*, en ce sens que l'on a alors affaire à des agrégats ou ensembles d'agrégats "libérés". *In situ*, la seule possibilité d'expansion pour un sol à argiles gonflantes est vers le haut d'où le micro-relief "gilgai" des vertisols. **illustrer par une photo ?**

Concaret (1981) a beaucoup insisté sur le rôle des architectures ajustées comme obstacle à la pénétration de l'eau dans les horizons profonds et sur les conséquences que cela entraîne pour le drainage agricole et les pratiques associées. En effet, la désorganisation de l'architecture ajustée aussi bien dans les tranchées de drainage que suite à l'éclatement par **sous-solage**, est capable de créer artificiellement une macro-porosité efficace et durable. Inversement, dans un matériau argileux plastique à structure continue, le **taupage** non seulement fabrique des galeries artificielles mais aussi, grâce à son effet d'assainissement, permet à la masse argileuse d'exprimer une structure prismatique inconnue antérieurement.

*Remarque* : On a parfois tendance à qualifier de "belle" une structure très nette en gros prismes. Une telle structure est certes spectaculaire mais elle est plutôt "médiocre" voire "mauvaise" car la circulation de l'eau, de l'air et la pénétration des racines s'effectuent uniquement entre les prismes et il n'y a guère de prospection racinaire au coeur de ceux-ci. L'alimentation hydrique et minérale des plantes en sera d'autant plus difficile.

### **Difficulté de représentation graphique de la structure et de sa quantification**

On notera d'abord que la structure est très difficile à représenter graphiquement. La **figure FITZPA** montre que, malgré ses efforts, l'artiste n'est pas parvenu à rendre de façon réaliste le véritable aspect des trois types de structures superposées : *crumb* (grumeleuse), *subangular blocky* (polyédrique suanguleuse) et *prismatic*. La **figure ROWELL** est ce que nous avons trouvé de mieux dans la littérature. Le plus simple désormais, grâce aux appareils photo numériques, est de faire appel aux photographies en couleurs dont le rendu n'est pas toujours excellent car, sur une paroi de fosse, la structure (quand elle existe) doit être mise en valeur par un travail au couteau long et fastidieux. Enfin, il faudrait penser à toujours mettre une échelle graduée ou un objet de dimensions connues sur l'horizon photographié (voir **planches en couleurs**).

Selon Calvet (2003) "la structure du sol peut être étudiée et décrite de deux manières complémentaires : soit par l'étude et le description de la géométrie de la phase solide, soit par la description des vides ménagés par la phase solide : l'espace poral". Si la quantification des diverses porosités procède de techniques devenues courantes (Baize, 2000 ; Mathieu et Pieltain, 1998), celle des phases solides demeure problématique. Selon Hillel (1984 ; 1988), "Il n'y a pas de méthode pratique de mesure directe de la structure... C'est un concept qualitatif... Les méthodes proposées pour la caractériser sont en fait des méthodes indirectes qui mesurent telle ou telle propriété influencée par la structure plutôt que la structure elle-même".

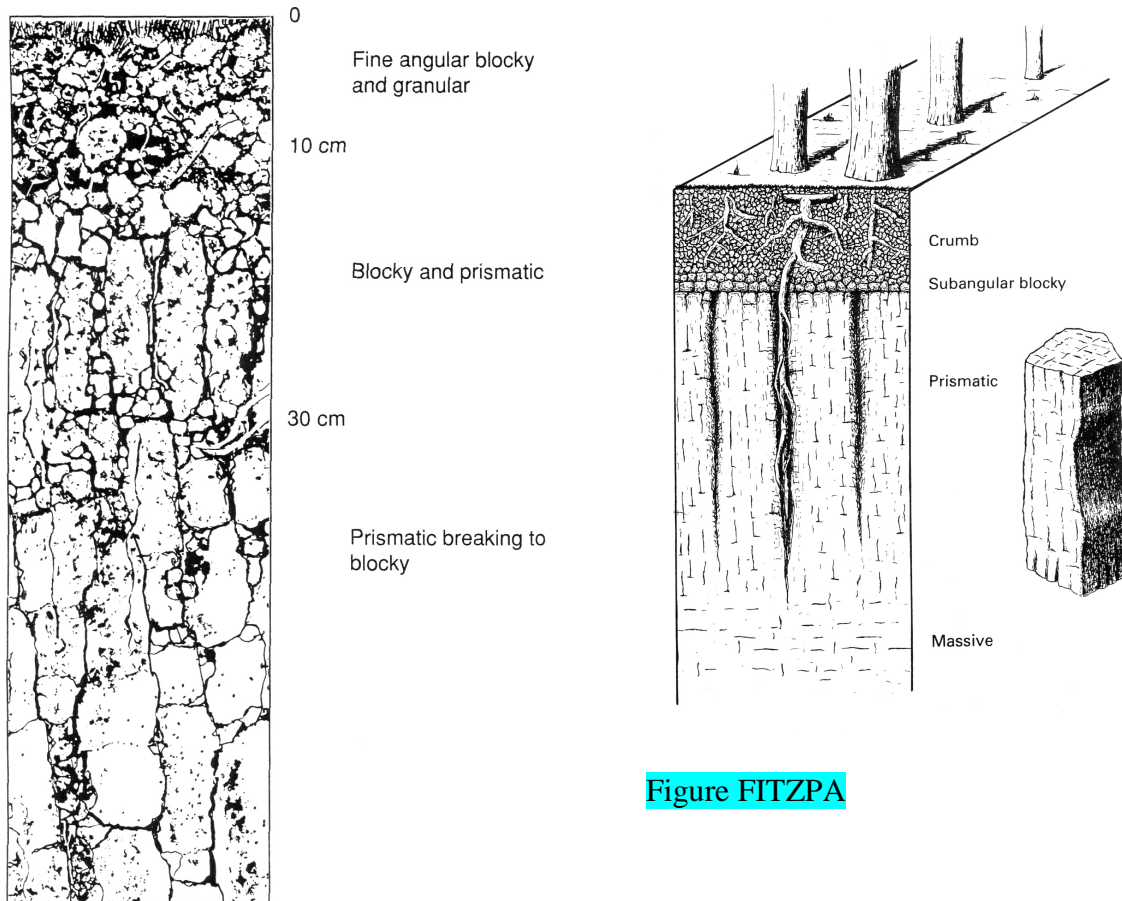


Figure ROWELL

Figure FITZPA



Certains auteurs ont cependant essayé de quantifier un certain nombre de caractères morphologiques dont la "structure macroscopique", classiquement décrits en cartographie des sols en de nombreux sites, pour estimer la capacité de transfert vertical de l'eau ou la capacité de rétention (Lin et al, 1999a ; 1999b ; Pachevsky & Rawls, 2003). Voir également le chap. 5.

### **Importance de la structure pour l'évolution pédogénétique** (envoyer au chapitre 2 – 1.Cousin ?)

Au cours de la différenciation des sols, le maintien d'une structuration favorable (i.e. agrégats stables et petits, forte porosité) des horizons de moyenne profondeur permettra des flux d'eau surtout verticaux. Au contraire, l'acquisition progressive d'une "architecture ajustée" ou son existence dès l'origine dans ces horizons semi-profonds donnera lieu à des écoulements essentiellement sub-horizontaux. Une telle différence dans le fonctionnement hydrique, se poursuivant durant plusieurs milliers d'années, a une influence déterminante sur l'évolution des couvertures pédologiques.

#### **Cas des matériaux limoneux**

Si une structure favorable se maintient, l'évolution progressive se fait selon la succession évolutive :

Néoluvisols → Luvisols Typiques → Luvisols Dégradés glossiques

Si une architecture ajustée s'installe progressivement, l'évolution bifurque dans une autre direction :

Néoluvisols → Luvisols Typiques → planosols "secondaires"  
(i.e. secondaires à une argilluviation).

#### **Cas des matériaux argileux**

Si une structure favorable se maintient, l'évolution pourra être (exemples) :

Fersialsol Insaturé → Fersialsol Éluvique  
Fluviosol Typique → brunisol  
Calcosol → Calcisol → brunisol

Si une architecture ajustée existe initialement, l'évolution sera plutôt du type :

Pélosol Brunifié → Pélosol Différencié → Planosol Typique  
brunisol → brunisol appauvri → Planosol. Typique

*ces noms de sols sont-ils parlants pour le grand public ? Non ! Y a-t-il une autre manière de présenter les choses ?*

#### ***Pour en savoir plus :***

Baize et Jabiol – Guide pour la description des sols –réédition – Quae éd.

Hillel D., 1984-1988

Référentiel Pédologique 2008 – Chapitres fersialsols et vertisols.

Baize 2000 – Guide des analyses en pédologie

Bruand A., 1985 thèse

Mathieu et Pieltain – 1998 – Analyse physique des sols. Méthodes choisies. Tec et Doc

Calvet, 2003 – Le sol.

Concaret J. et al. (1981) - Drainage agricole. Théorie et pratique. Chambre Région. Agric. de Bourgogne. 509 p.

Montagne D. Thèse

Frison A. – Thèse ?

*Pour en savoir plus sur la quantification de caractéristiques morphologiques (dont la "structure macroscopique") pour estimer la capacité de transfert vertical de l'eau ou la capacité de rétention, cf.*

H.S. Lin, K.J. McInnes, L.P. Wilding, and C.T. Hallmark (1999) - Effects of Soil Morphology on Hydraulic Properties: I. Quantification of Soil Morphology Soil Sci. Soc. Am. J. 63: 948–954.

H.S. Lin, K.J. McInnes, L.P. Wilding, and C.T. Hallmark (1999) - Effects of Soil Morphology on Hydraulic Properties: II. Hydraulic Pedotransfer Functions. Soil Sci. Soc. Am. J. 63: 955–961.

Pachepsky, Y.A., Rawls, W.J., 2003. Soil structure and pedotransfer functions. Eur. J. Soil Sci. 54, 443–452.

Encadré APS

### Les assemblages plasma / squelette

(d'après Chenu et Bruand, in Stengel & Gelin, 1998)

L'assemblage des constituants les plus fins (minéraux argileux, oxy-hydroxydes métalliques, macromolécules organiques), forme ce que l'on nomme le **plasma** argileux, car il est majoritairement constitué de minéraux argileux et présente un aspect amorphe lorsqu'on l'observe en microscopie optique... L'une des propriétés essentielles du plasma argileux est sa réactivité élevée vis-à-vis de l'eau, c'est-à-dire son aptitude à retenir l'eau au niveau de sites hydrophiles mais surtout au sein de la nanoporosité ménagée par l'assemblage des particules ou domaines argileux... Dans les sols, le plasma argileux est associé à des particules du **squelette** (grains de sables et de limons) lesquelles sont 10 à 1000 fois plus volumineuses. Dans la plupart des cas, le mode d'assemblage des grains du squelette avec le plasma argileux dépend essentiellement de leurs proportions relatives... Pour des teneurs en argiles inférieures à 15-20 %, le plasma argileux occupe principalement les vides qui résultent de l'assemblage des grains du squelette... Pour les teneurs en argile supérieures à 30-35 %, non seulement tout l'espace entre les grains du squelette est occupé par du plasma argileux mais les grains du squelette ne sont plus en contact les uns avec les autres et sont en quelque sorte noyés dans le plasma... cf. **figure PORPHYR**

Les variations de volume du plasma argileux en fonction de l'état d'hydratation génèrent des contraintes mécaniques au sein de l'assemblage squelette-plasma argileux qui sont à l'origine de plans de rupture et qui génèrent tout un réseau de fissures. Plus la teneur en argile est élevée, plus la variation de volume entre deux états d'hydratation est théoriquement élevée et plus la fissuration de l'horizon devrait être importante. Mais ces phénomènes dépendent également beaucoup de la nature minéralogique des minéraux argileux (argiles "rigides" versus argiles gonflantes).

ici figure PORPHYR

**Figure PORPHYR** : Types d'assemblages entre les particules les plus fines ("plasma argileux") et les particules beaucoup plus grosses (sables et limons, dits parfois "squelette") au sein du fond matriciel. D'après Stoops & Jongerius, 1975.

**Légendes des photos en couleurs**

**Karnobat** Planosol observé à Karnobat, Bulgarie – Noter la différence de structure (liée à un grand contraste textural) entre l'horizon supérieur appauvri en argile et les horizons profonds argileux.

**Oise** Sol développé dans un loess dans l'Oise. A mesure que l'on monte vers la surface, la structure prismatique s'affine. La paroi de cette carrière a été préparée de telle sorte que l'on voit à la fois le « cœur » des prismes (de couleur jaune) et leurs faces externes, tapissées de revêtements argileux brun-noir, après arrachage desdits prismes. *chercher photo originelle ?*

**Les Estrées** Contraste structural (et textural) entre un horizon de surface labouré limoneux et des horizons semi-profonds argileux à structure prismatique (Yvelines).

**Pré Pourri** Leptismectisol palusmectique sur alluvions lacustres observé dans le canton de Genève. Noter la structure prismatique entre 7 et 60 cm de profondeur (prismes de 100 mm de largeur).

**Grumeleux** Aspect de la surface d'un sol à horizon A à structure grumeleuse.

**Bellenot** Sol peu différencié développé dans des argiles du Lias, sur fortes pentes en Auxois. La fosse est profonde mais le sol, caractérisé par une structure en agrégats est peu épais (sur les 40 premiers cm au maximum). La structure à orientation horizontale, visible en profondeur, est une structure lithologique héritée de la roche.

**Héry-détail** Zone de contact entre l'horizon Eg sableux et l'horizon Sg argilo-sableux, vert, d'un planosol Typique développé dans des sables verts glauconieux. Région d'Auxerre. Noter la structure polyédrique anguleuse fine de l'horizon Sg. *trouver mieux ! pour illustrer quoi ?*

**Triffa** "Kastanozem" observé au Maroc (plaine des Triffa). L'horizon S, très argileux, est rouge ; sa structure est prismatique (prismes de 20 à 50 mm de large et 100 à 150 mm de hauteur). Cet horizon est calcique mais non calcaire. Hauteur de la coupe : 120 cm.

**Polyèdres rouges** Structure polyédrique fine de l'horizon FS d'un sol rouge fersiallitique (Languedoc)

**vertisol Maroc** Vertisol : à environ 90 cm de profondeur, passage d'une structure prismatique (1) à une structure en plaquettes obliques (2) ; une surface oblique, lissée et striée, est bien visible (3). Les sries sont le fait de cailloux présents dans le matériau argileux. Maroc.

**Certaines de ces photos pourraient être remplacées par d'autres, plus spectaculaires et plus pédagogiques.**

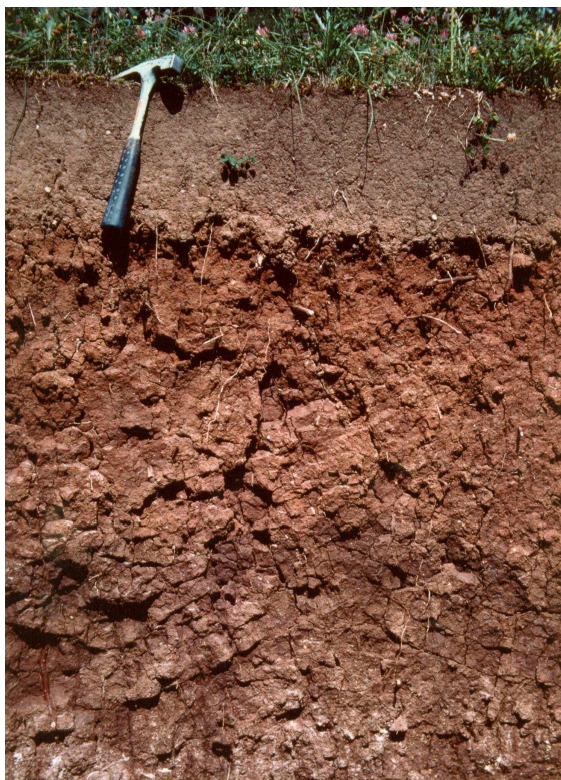


Photo D. Baize

Karnobat



Photo J. Roque

Les Estrées



Photo J. Roque

Oise



Photo D. Baize

Pré Pourri



Photo F. Lebourgeois.

Grumeleux



Photo A. Ruellan

Triffa



Photo D. Baize

Bellenot



Photo A. Ruellan

Polyèdres rouges

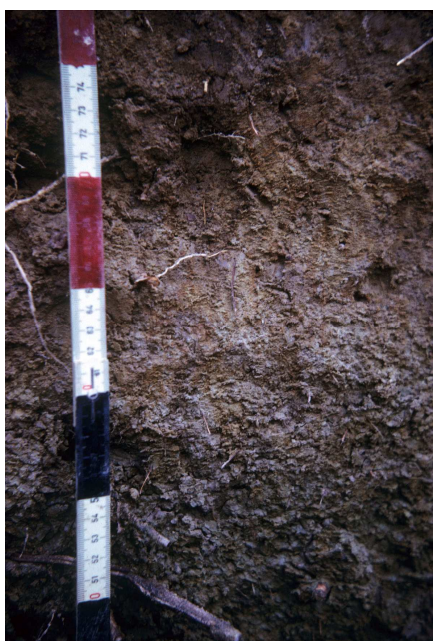


Photo D. Baize

Héry-détail

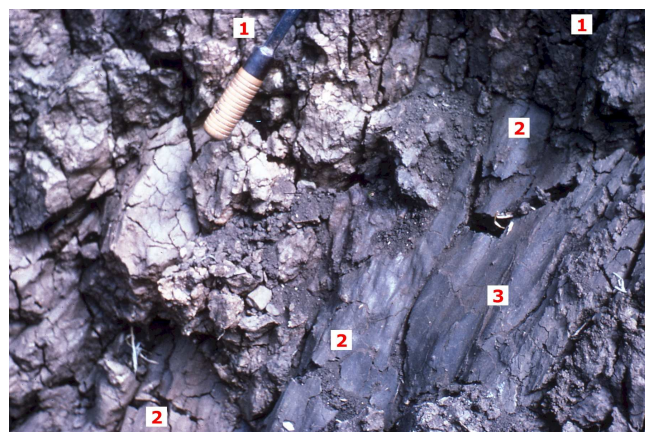


Photo A. Ruellan

Vertisol Maroc