
LES CRITERES MORPHOLOGIQUES DE RECONNAISSANCE DES POTENTIALITES DES SOLS: MORPHOLOGIE ET FERTILITE DES SOLS

Alain Ruellan

Pesquisador Doutor do
Centre National D'etudes Agronomiques
des Regions Chaudes - FRANÇA

Resume: Le sol est un milieu organisé, structuré: les constituants du sol sont disposés les uns par rapport aux autres d'une façon ordonnée. Les principaux niveaux d'organisation sont:

- l'assemblage élémentaire des constituants, donnant naissance, entre autres, à des agrégats, à des vides, à des concentrations (nodules, revêtements, ...), à des couleurs;
- l'horizon: c'est un volume de sol en couche plus ou moins parallèle à la surface, caractérisé par l'organisation entre eux de plusieurs assemblages élémentaires;
- les systèmes pédologiques: superpositions verticales et successions latérales des horizons. L'organisation morphologique du sol est, à la fois, le résultat et le moteur de sa dynamique: elle témoigne de son passé et elle est l'expression de sa dynamique actuelle. Ainsi, quand on veut évaluer, comprendre, utiliser la fertilité d'un sol, il faut, au préalable, prendre le temps d'en étudier l'organisation morphologique détaillée, aux différentes échelles de cette organisation: chaque caractère morphologique, chaque type d'assemblages de ces caractères, chaque type de variation verticales, latérales et temporelles, des caractères et des assemblages de caractères, a des significations concernant les constituants, les propriétés, les comportements, au total les fertilités des sols.

Le sol comme tout corps naturel, est structuré. Ceci veut dire que ses constituants, organiques et minéraux, sont disposés

les uns par rapport aux autres selon certaines logiques qu'il faut étudier, connaître et comprendre: il y a, entre les cons-

tituants, des relations qui traduisent à la fois l'histoire et l'actualité dynamique des sols; la connaissance de ces relations peut permettre une certaine prévision de l'avenir.

L'organisation morphologique des sols existe à toutes les échelles d'observation, depuis l'assemblage de base des particules, que l'on observe à l'aide de microscopes, jusqu'à l'arrangement des systèmes pédologiques que l'on étudie à l'échelle de la région. Cependant, quand on a pour objectif principal l'évaluation et l'utilisation de la fertilité des sols, trois échelles d'organisation sont particulièrement importantes à étudier et à interpréter:

- L'échelle des assemblages élémentaires des constituants: ces assemblages sont partiellement visibles à l'oeil nu, partiellement à l'aide de microscopes. Sur le terrain, dans les fosses ouvertes pour observer le sol, les assemblages se décrivent en termes de constituants (argileux, limoneux, sableux, ...), d'agrégats (arrondis, anguleux, ...), de vides (fissurés, tubulaires, ...) de traits (revêtements, nodules, ...), de couleurs, de traces d'activités biologiques (racines, vers de terre, ...).

- L'échelle des horizons, des couches de sols: les horizons sont des volumes de sol, plus ou moins parallèles à la surface du terrain. Chaque horizon comporte un ou plusieurs assemblages élémentaires qui le caractérisent et permettent de le reconnaître.

Son épaisseur varie de quelques centimètres à plusieurs mètres: le plus souvent, elle est de l'ordre de un à plusieurs décimètres. Les limites, supérieure et inférieure, d'un horizon sont plus ou moins nettes, plus ou moins progressives ou brutales. Latéralement, l'extension d'un horizon est très variable: du mètre ... jusqu'à plusieurs kilomètres; il n'est cependant jamais infini: latéralement, il disparaît ou il se transforme en un autre horizon.

- L'échelle des systèmes pédologiques: il s'agit de l'organisation des horizons entre eux, verticalement et latéralement, à l'échelle de l'unité de relief. La structure d'un système pédologique se décrit d'abord par les horizons qui le constituent: ce que sont les structures de ces horizons (donc ce que sont leurs assemblages élémentaires), comment ces horizons se superposent verticalement et se succèdent latéralement, comment ces horizons sont séparés les uns des autres.

L'organisation morphologique des sols est un élément fondamental de leur fertilité: elle exprime de multiples aspects, physiques, chimiques, biologiques, des relations possibles entre la plante et le sol; de surcroît, elle est par elle-même un facteur fondamental de la fertilité des sols: l'organisation morphologique influence grandement le développement des plantes, par elle-même et par son action sur les autres aspects (physiques, chimiques, biologiques) de la fertilité.

LES SIGNIFICATIONS DES PRINCIPAUX CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES DES SOLS

La description et l'interprétation des variations verticales et latérales des sols peuvent être faites à l'aide de quatre groupes de caractères morphologiques: les couleurs, les agrégats, les porosités, les traits de concentrations. L'étude détaillée de ces caractères permet de connaître de nombreux aspects concernant les constituants, les propriétés physico-chimiques, les dynamiques des sols, ainsi que les relations sols-plantes.

1. **Les couleurs** peuvent être interprétées en terme de:

- présence de certains constituants: matière organique, fer, carbonates,...
- état de certains constituants: fer réduit, oxyhydroxyde de fer (goethite), hydroxyde de fer (hématite),...
- processus pédologiques: activités biologiques, régimes hydriques, migrations d'argiles, carbonatation, salinisation, ...

Il est dangereux de quantifier la présence d'un constituant à partir d'une simple observation de couleur: un horizon de couleur sombre est en général plus riche en matière organique qu'un horizon de couleur claire, mais on ne peut pas dire de combien; de même, un horizon de couleur très claire est en général plus pauvre en argile qu'un horizon brun-rouge, mais on ne peut pas dire

de combien. Cependant, à partir de l'observation et de la mesure des couleurs on peut déterminer quelques aspects de la fertilité, liés à la texture, à la présence de matière organique, à la présence de calcaire ou de sels, au pH, à l'état du complexe adsorbant, à la dynamique de l'eau, etc...

2. **Les agrégats:** la présence, la morphologie et le comportement des agrégats (ils peuvent être de forme arrondie, anguleuse, lamellaire; ils peuvent être de grande ou de petite taille; ils peuvent être plus ou moins friables, ils peuvent être plus ou moins stables, c'est-à-dire résistants à l'action de l'eau qui peut les détruire, etc...) renseignent sur la texture, la minéralogie et la dynamique des argiles, la présence et le rôle de la matière organique, le pH et l'état du complexe adsorbant, les activités biologiques, les régimes hydriques. Ainsi la structuration en agrégats donne des indications précieuses concernant:

- la fertilité chimique des sols;
- l'accessibilité aux racines de cette fertilité.

3. La porosité d'un sol, pour être bien comprise, bien interprétée, doit être:

- d'abord décrite d'après ses formes et identifiée d'après ses origines; les vides peuvent avoir pour origine: l'altération des constituants, l'entassement des particules,

les activités biologiques végétales et animales, la fissuration, l'entassement des agrégats arrondis;

- ensuite mesurée; il est alors important de savoir distinguer: la porosité totale, la porosité des agrégats, la porosité texturale (porosité des micro-agrégats), la porosité qui sépare les agrégats.

Toutes ces données permettent de prévoir le comportement des fluides (solutions, gaz) et l'accessibilité du sol aux racines. Par ailleurs, en terme de fertilité, il est très important de connaître aussi ce que sont les variations spatiales et temporelles de la porosité: par exemple, on sait que les variations trop rapides, trop brutales, dans l'espace (changement de porosité entre deux horizons) et dans le temps (changement de porosité en fonction des états d'humidité, ou en fonction des travaux agricoles) sont néfastes pour les plantes.

4. Les traits de concentrations (traits pédologiques):

Sont des organisations qui résultent des phénomènes de transfert des constituants et des phénomènes de mouvements, qui se produisent au sein des sols: mouvement et dépôt de particules, mouvement et précipitation d'éléments en solution, mouvement des animaux et des racines, gonflement des argiles. Ces transferts et mouvements donnent naissance à des revêtements (d'argiles, d'hydroxydes, de silice, de

matière organique, de calcaire, de sels, ...), à des nodules (d'hydroxydes, de calcaire, ...), à des coiffes (de sables fins, de limons), à des pédotubules (concentrations biologiques), etc...

En terme de fertilité, les traits pédologiques fournissent des indications précieuses sur les phénomènes de départ et d'accumulation de certains constituants dans les différents horizons du sol, ainsi que sur les activités biologiques.

Pour illustrer les propos cidessus, voici un exemple de description morphologique d'un sol avec les interprétations qu'il est possible d'en faire.

Nous sommes en région méditerranéenne subhumide sur schistes calcaires. Le sol est décrit à la fin de l'été, donc en fin de saison sèche. La dernière culture fut une céréale.

1. L'observation des couleurs permet de distinguer 5 horizons

Horizon 1:

- * de 0 à 5-10 cm;
- * brun-rouge (2,5 YR 5/4 = mesure au Code Munsell);
- * cette couleur est légèrement plus sombre que celle de l'horizon 2: ceci veut dire que cet horizon contient de la matière organique, mais probablement, en faible quantité.

Horizon 2:

- * de 5-10 à 25-30 cm;
- * rouge clair (2,5 YR 6/6);
- * cette couleur est nettement plus claire que celle de l'horizon 3: ceci signifie que

cet horizon a perdu du fer et de l'argile; il a été lessivé.

Horizon 3:

- * 25-30 à 55-60 cm;
- * rouge (2,5 YR 4/6);
- * c'est l'horizon le plus rouge, probablement parce que c'est l'horizon le plus riche en argile et en hématite, qui proviennent: argile et en hématite, qui proviennent:
 - de l'altération des minéraux de la roche;
 - de l'accumulation de particules provenant des horizons 1 et 2.

Horizon 4:

- * 55-60 à 80-90 cm;
- * rose (5 YR 8/4);
- * cet horizon est nettement plus blanc que les horizons 3 et 5; la raison en est probablement qu'il est plus riche en calcaire, l'accumulation de calcaire provenant de l'altération de la roche et de l'appauvrissement en calcaire des horizons 1, 2 et 3.

Horizon 5:

c'est le schiste calcaire.

On vérifie;

Par le toucher des horizons, que la texture des horizons 1 et 2 est sableuse, et que la texture de l'horizon 3 est beaucoup plus argileuse;

Par le test de l'acide chlorhydrique, que les horizons 1, 2 et 3 en sont pas calcaires, que l'horizon 4 est très calcaire, que l'horizon 5 est peu calcaire. De la description des cou-

leurs, et des tests ci-dessus, on déduit ce que sont les principaux mécanismes de formation et d'évolution du sol;

Altération du schiste calcaire; cette altération fournit du calcaire, de l'argile, du fer, des limons, des sables, des cations, des anions, des sels plus ou moins solubles;

Enrichissement en matière organique, dans l'horizon 1;

Migrations vers le bas de certains éléments résultant de l'altération: le calcaire quitte les horizons 1, 2 et 3 et s'accumule dans l'horizon 4; l'argile et le fer quittent les horizons 1 et 2 et s'accumulent dans l'horizon 3; on imagine assez bien que les cations et les anions quittent aussi les horizons 1, et surtout 2, pour aller vers les horizons plus profonds.

L'interprétation que l'on peut faire de tout cela en termes de fertilité est la suivante;

- * les horizons 1 et 2 étant pauvres en matière organique et en argile, ceci veut dire que:
 - le complexe adsorbant est faible: les éléments nutritifs y sont donc peu retenus, vite épuisés;
 - la réserve en eau est faible; l'eau y est donc peu retenue, vite épuisée;
 - l'activité biologique est faible;
 - la structuration est faible et instable;
- * tout s'améliore dans l'horizon 3; mais n'est-il pas trop profond pour que les racines puissent en profiter?

- * d'autant que le changement brutal de texture entre les horizons 2 et 3 peut gêner la circulation de l'eau et la pénétration des racines.

2. L'observation des agrégats donne les résultats suivants:

Horizon 1:

- * les agrégats sont de forme polyédrique subanguleuse; ils sont souvent assez grands (plusieurs centimètres); il y a quelques agrégats arrondis, petits (formes grumeleuses et grenues);
- * cette agrégation, essentiellement grossière et subanguleuse, signifie que le rôle structurant de la matière organique est faible et que l'activité biologique est peu développée.

Horizon 2:

- * il n'y a pas d'agrégats; la structure est massive, localement particulière;
- * ceci signifie que cet horizon est très pauvre en argile, en matière organique, en cations bi ou trivalents (Ca, Mg, Al, ...).

Horizon 3:

- * les agrégats sont forme anguleuse, polyédrique et prismatique;
- * ceci signifie que cet horizon est riche en argile: il y a peut-être des argiles gonflantes, dont on sait que la capacité d'échange est forte.

Horizon 4:

- * on y observe le passage progressif de la structure anguleuse pédologique à la structure du schiste;
- * c'est donc un horizon altération du schiste.

Horizon 5:

- * la structure est celle du schiste, plus friable au sommet que vers le bas;
- * il y a donc altération débutante du schiste.

Les interprétations génétiques et de fertilité de l'observation des agrégats confirment les premières interprétations faites à partir des couleurs. Elles apportent quelques précisions:

- * le lessivage de l'argile des horizons 1 et 2 très marqué;
- * ces horizons 1 et 2 sont probablement chimiquement très pauvres;
- * l'horizon 3 a peut-être, grâce à la capacité d'échange des argiles, un potentiel important de fertilité.

3. L'observation des porosités donne les résultats suivants:

Horizon 1:

- * la macroporosité est forte;
- * la porosité visible est: tubulaire (biologique); d'entassement des agrégats;
- * la texture sablo-limoneuse permet de dire que la porosité d'entassement des particules est forte.

Horizon 2:

- * la macroporosité est forte;
- * la porosité visible est tubulaire (biologique);
- * la texture sablo-limoneuse permet de dire que la porosité d'entassement des particules est forte.

Horizon 3:

- * la macroporosité est forte à l'état sec; elle se ferme quand on mouille l'horizon (gonflement des argiles);
- * la porosité visible est: fissurale, entre et dans les agrégats; tubulaire (biologique) dans les agrégats;
- * la texture argilo-sableuse permet de dire que la porosité d'entassement des particules est faible.

Horizon 4:

- * dans la partie supérieure, même porosité que dans l'horizon 3;
- * dans la partie inférieure apparaît la porosité fissurale schisteuse.

Horizon 5:

- * porosité structurale et porosité d'altération du schiste
- * cette porosité diminue vers le bas.

Les descriptions de porosité s'interprètent en terme de fonctionnement hydrique et de fertilité:

- * les horizons 1 et 2 sont poreux; leur macroporosité est forte (entassement des particules sableuses, entassement des agrégats arrondis grossiers,

tubules biologiques); de ce fait: leur perméabilité est forte, leur capacité au champ est faible, leur réserve en eau est faible;

- * l'horizon 3 a une porosité déséquilibrée: une macroporosité entre les agrégats forte à l'état sec, faible à l'état humide; une microporosité dominante à l'intérieur des agrégats; de ce fait: la perméabilité est forte à l'état sec, faible à l'état humide, la capacité au champ est forte, la réserve en eau est forte, la circulation de l'eau est hétérogène (rapide dans les fissures et les tubules, lente au sein des agrégats):
- * entre les horizons 2 et 3, il y a changement brutal de type de porosité, donc de perméabilité: ce changement est un obstacle à la pénétration de l'eau et des racines.

4 L'observation des traits de concentration (traits pédologiques) donne les résultats suivants:

Horizon 1:

- * présence de pédotubules qui révèlent l'existence d'une certaine activité biologique animale.

Horizon 2:

- * présence de pédotubules, moins nombreux que dans l'horizon 1; l'activité biologique animale est donc plus faible;
- * présence de coiffes-dépôts de sables fins sur les graviers)

qui prouvent qu'il y a eu départ (lessivage) de l'argile.

Horizon 3:

* présence de revêtements d'argile, à la surface des agrégats anguleux et sur les parois des vides tubulaires; ces revêtements prouvent qu'il y a dans cet horizon accumulation d'argile; une partie des revêtements qui recouvrent les parois d'agrégats anguleux peuvent résulter des phénomènes de pression qui accompagnent la fermeture des fissures quand l'horizon est humide.

Horizon 4:

* il y a encore quelques revêtements d'argile, mais beaucoup moins;
* présence de revêtements et de nodules calcaires qui signifient qu'il y a accumulation de calcaire.

Horizon 5:

* il y a encore quelques revêtements calcaires qui disparaissent vers la profondeur. Dans l'ensemble, l'observation des traits pédologiques confirme donc les interprétations faites à partir de l'observation des autres caractères morphologiques.

Au total:

* l'horizon 1 et un horizon A, faiblement organique et fortement lessivé;
* l'horizon 2 est un horizon E, fortement lessivé;
* L'horizon 3 est un horizon Bt, fortement enrichi en argile;

* l'horizon 4 est en fait tripe:
- Btca au sommet, d'accumulation d'argile et de calcaire;
- Bca au milieu, d'altération à structure pédologique et d'accumulation de calcaire;
- Cca à la base, d'altération à structure lithologique et d'accumulation de calcaire;
* l'horizon 5 est un horizon R: c'est la roche-mère.

L'ÉTUDE ET L'INTERPRÉTATION DES VARIATIONS SPATIALES ET TEMPORELLES DES CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES

Tous les caractères morphologiques, de couleur, d'agrégation, de porosité, de concentrations, varient dans l'espace et dans le temps.

1. Les variations temporelles - elles sont de deux types:

* les variations saisonnières: la morphologie d'un sol, qui est l'expression de nombreuses propriétés physico-chimiques, varie à chaque instant en fonction des variations d'humidité, de température, d'activités biologiques; ces variations influencent fortement la fertilité physique et chimique des sols;
* les modifications progressives qui se font jour après jour, année après année: c'est l'évolution du sol qui, selon les caractères, se fait plus ou moins rapidement; l'utilisation des sols par l'homme modifie

l'évolution de certains caractères: transformation des structures, accélération ou ralentissement de certains lessivages, érosion, etc...

Il est indispensable, si l'on souhaite vraiment comprendre et protéger, voire améliorer, la fertilité des sols, d'apprendre à observer et à mesurer l'évolution morphologique des sols.

2. Les variations spatiales:

nous savons que les caractères morphologiques (de couleur, d'agrégats, de vides, de concentrations) sont organisés entre eux pour constituer des horizons dont les superpositions verticales et les successions latérales constituent l'organisation morphologique de ce que l'on peut appeler la couverture pédologique. A ces échelles plus petites, celle des profils verticaux et celle des toposéquences, il est important d'observer en détail où et comment se font les changements morphologiques, c'est-à-dire où et comment se font les variations verticales et latérales des couleurs, des types d'agrégation, des porosités, des traits de concentration: en effet, chaque variation verticale ou latérale, est significative en termes de propriétés physico-chimiques, en termes également de dynamique (le régime hydrique par exemple), en termes enfin de potentialité et de vulnérabilité du sol. Ce sont donc ces changements morphologiques qu'il faut savoir représenter sous la forme de coupes et

de cartes pédologiques détaillées.

L'étude des limites qui correspondent aux variations morphologiques, verticales et latérales, et donc essentielle: il est tout aussi important d'étudier et de comprendre les limites que d'étudier et de comprendre ce qu'il y a entre les limites.

Pour ce qui concerne les variations latérales, il est bon de rappeler qu'il y a trois principaux types de séquences:

a) Les lithoséquences: les variations latérales sont la conséquence de variations pétrographiques. Dans ces séquences:

- * les limites qui séparent les horizons superposés sont dynamiques: elles varient, dans leur morphologie et dans leur position, en fonction de l'évolution du sol;
- * les limites latérales sont fixes: elles correspondent aux limites pétrographiques.

b) Les toposéquences: les variations latérales sont liées à la topographie; sol et relief sont interactifs. Dans ces séquences, toutes les limites sont dynamiques et il est important de savoir, pour chaque limite, comment et à quelle vitesse elle évolue.

c) Les chronoséquences: les variations latérales sont déterminées par l'âge des sols, c'est-à-dire par l'âge des superficies ou des matériaux sur lesquels ils se développent. Il est évident que c'est par l'étude et par

