



HAL
open science

Rôle de la texture dans les processus d'organisation structurale

J.C. Fiès

► **To cite this version:**

J.C. Fiès. Rôle de la texture dans les processus d'organisation structurale. 11. Congrès de l'AISS, Jun 1978, Edmonton, Canada. hal-02784284

HAL Id: hal-02784284

<https://hal.inrae.fr/hal-02784284>

Submitted on 4 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

FIES, J.C.

ROLE DE LA TEXTURE DANS LES PROCESSUS D'ORGANISATION STRUCTURALE.

Institut National de la Recherche Agronomique.
Station de Science du Sol - 84140 MONTFAVET France.

INTRODUCTION. Notion de niveau d'organisation.

On sait qu'une caractéristique fondamentale des sols est qu'ils constituent des systèmes poreux.

L'étude d'une couche de sol en place révèle qu'à l'échelle macroscopique ou submacroscopique un premier niveau d'espace poral est défini par le réseau plus ou moins complexe de fissures délimitant des mottes ou des éléments structuraux.

A cet espace poral viennent s'ajouter des galeries, cavités, alvéoles et des éléments de fissures imparfaitement développées. On peut qualifier cet ensemble d'espace poral structural.

A l'échelle de l'assemblage des constituants élémentaires, la disposition relative des particules minérales ou organiques ménage un second niveau d'espace poral. Du fait de son origine, nous l'avons qualifié d'espace poral textural. Le terme texture exprimant en effet la manière dont les constituants d'un ensemble sont associés.

Notre communication va porter sur trois exemples de processus d'organisation structurale des sols. Ces exemples suggèrent que ces processus sont sous la dépendance de propriétés physiques dépendant étroitement de la texture du matériau.

Ces études de processus d'organisation reposent sur deux types de méthode.

- La mesure de la densité apparente sur des volumes variés du même sol (couche ou horizon). Cette méthode permet de quantifier les niveaux d'espace poral par des valeurs de porosité. On parlera de porosité totale, structurale, texturale. En particulier, γ_D représentant la densité apparente mesurée sur un volume important de sol à un état d'hydratation donnée et γ_t représentant la densité apparente du même matériau mesurée sur des petits agglomérats terreux, la porosité structurale est calculée par la relation :

$$P_s = 1 - \frac{\gamma_D}{\gamma_t}$$

- La sélection de mottes ou d'éléments structuraux, c'est-à-dire de différents groupes ou ensemble de particules séparés les uns des autres par des lignes ou des faces de moindre résistance et existant à un moment donné dans le sol. On dégagera ainsi des critères de taille et de degré de développement d'une structure.

A. - ETUDE DE LA GRANULATION DE LA STRUCTURE DES SOLS SOUS PRAIRIE DE GRAMINEE.

La morphologie structurale étudiée ici est très caractéristique et bien connue : dans certaines conditions pédoclimatiques, il apparaît dans les couches superficielles de sols sous graminées fourragères spontanées ou implantées une structure dite "granulaire" présentant les caractéristiques suivantes :

- les éléments structuraux, de dimensions millimétrique, présentent des formes qui permettent de les rattacher à la classe des polyèdres plus ou moins émoussés,

- pour une couche de sol donnée, leur dimension moyenne telle qu'elle est perceptible à l'observation directe, varie peu.

1) Caractérisation quantitative de la granulation.

Elle a été basée sur un test (tamisage dans l'alcool éthylique) dont les limites de signification ont pu être appréciées à la lumière d'une critique de la notion même "d'éléments structural" (Bui Huu TRI, 1969), et dont l'interprétation a été étalonnée par la confrontation des résultats obtenus avec ceux fournis par l'observation directe (G. MONNIER et Bui Huu TRI, 1971).

Deux critères ont été retenus :

- un critère d'existence ou de degré de développement de la structure granulaire.

Il est basé sur le taux cumulé d'éléments inférieurs à 10 mm (T_{10}) à l'issue du tamisage dans l'alcool :

Une structure apparaît à l'oeil et est dite "continue" lorsque $T_{10} < 10\%$; elle apparaît et est dite "granulaire" lorsque $T_{10} > 30\%$, le taux cumulé d'éléments < 10 mm prenant alors le sens d'un degré de développement de la granulation. Pour les valeurs T_{10} comprises entre 10 et 30 %, on a affaire à des structures "fragmentaires" mais trop grossières pour être qualifiées de "granulaires".

- un critère de finesse de granulation.

2) Conditions de granulation.

Ces critères de caractérisation ont été appliqués à des échantillons provenant, soit d'une série de recherches expérimentales à niveau de facteurs contrôlé (Bui Huu TRI, 1969), soit de la collecte de couches de sols sous prairie depuis moins de 18 mois, pour éviter toute interaction des matières organiques provenant du système racinaire en place (Bui Huu TRI et G. MONNIER, 1971).

Des différentes analyses des données ainsi recueillies, il ressort les conclusions suivantes :

- La granulation n'intervient qu'à la suite d'un nombre minimum de cycles d'humectation et de dessiccation. Ce nombre de cycles apparaît d'autant plus élevé que la texture du matériau considéré est moins favorable. Il semble ne pouvoir être que très rarement inférieur à 2.

- La texture permet de définir un seuil d'aptitude à la granulation. Cette notion de seuil rend bien mieux compte de la relation constitution-possibilité de granulation qu'une loi continue reliant une teneur en argile par exemple à un degré ou une finesse de granulation.

Le comportement concerné à travers la texture semble bien être le "gonflement textural potentiel", référence traduisant la variation relative de volume d'un élément de sol à structure continue lorsqu'il passe de l'état sec à la saturation en l'absence de contraintes. C'est ainsi qu'il est hautement improbable qu'une structure granulaire apparaisse lorsque ce gonflement est inférieur à 15 % ; "a contrario" un indice de gonflement supérieur à 15 % rend très probable une structure granulaire au bout d'un nombre limité de cycle.

Ce seuil correspond approximativement à 25 % d'une argile moyenne de sol (50 à 60 meq/100 g), davantage pour une kaolinite, moins pour une montmorillonite.

B. - ETUDE DE LA PRISE EN MASSE DES SOLS A LA DESSICATION.

1) Description du phénomène.

Le phénomène peut être décrit de la façon suivante (A. Es. SIFAOU, 1971) :

"A la sortie de l'hiver, le sol étant humide et présentant un état structural fragmentaire de petites dimensions, quand survient une période de sécheresse, certains sols présentent de nombreuses fentes de retrait qui deviennent de plus en plus larges et de plus en plus profondes au fur et à mesure que la dessiccation se poursuit. Elles délimitent alors des prismes de terre de grande taille dont l'intérieur présente une structure continue et compacte.

La recherche a été conduite par voie expérimentale au laboratoire à partir de matériaux dont on avait observé "in situ" qu'en conditions favorables à cette évolution ils se prenaient en masse ou non.

2) Mécanisme de la prise en masse.

La méthode choisie a consisté à provoquer par évaporation superficielle la dessiccation d'un massif d'agrégats < 2 mm disposés dans un pot de diamètre 20 cm et hauteur 15 cm et préalablement amenés par humectation capillaire, puis ressuyage, à la capacité de rétention.

L'évolution du système a été suivi au cours des 3 phases de l'expérience.

1ère Phase : Etat sec initial.

Il s'agit alors d'un massif régulier d'agglomérats argileux à leur porosité texturale sèche ménageant entre eux une porosité structurale de 37 % sur 56 % de porosité totale. Un tamisage à l'alcool modifié, le critère choisi étant le taux T_3 d'éléments supérieurs à 3 mm, montre que le taux d'agrégation est bien nul.

2ème Phase : Humectation et ressuyage.

L'humectation effectuée sans que des effets de paroi ne soient

perceptibles conduit après ressuyage à une augmentation du volume encombré par le massif d'environ 10 %.

Parallèlement, on observe une déformation des agglomérats entraînant une baisse de la porosité structurale qui passe de 37 à 22 %.

Ce gonflement potentiel des agglomérats évalué, par mesure directe sur un milieu continu, à 26 % entre l'état sec et la saturation, s'est donc à peu près complètement réalisé, entraînant d'une part une élévation de la surface du sol et pour le reste une diminution de la porosité structurale. A l'issue de cette étape, le massif peut être encore considéré comme homogène.

3ème Phase : Dessiccation.

Une fois sec, le massif se présente comme un tronc de cône à base sommitale légèrement convexe. Les surfaces visibles avant dépotage laissent apparaître les agglomérats de départ soudés mais bien individualisés.

Une coupe transversale fait apparaître les traits morphologiques suivants :

- Une croûte superficielle est constituée par une juxtaposition très poreuse d'agglomérats légèrement soudés entre eux.

L'ensemble peu cohérent, faiblement agrégé ($T_3 = 20\%$) présente une porosité totale de 48 % dont 25 % de porosité structurale. Il s'agit donc approximativement d'un retrait conduisant par une simple homothétie de la structure héritée au cours de la phase 2 à la structure de fin d'expérience.

- Une deuxième zone présente une consolidation plus marquée ($T_3 = 45\%$ en moyenne) et une légère augmentation de compacité : la porosité totale n'y est plus que de 45 % dont 22 % de porosité structurale. Sa limite inférieure est fréquemment marquée par des discontinuités analogues à celles qui correspondraient à des plans de cisaillement. Dans le cas de matériaux peu sensibles, l'ensemble du massif présente cette morphologie et des caractéristiques analogues en fin d'expérience.

- Enfin la partie centrale de la colonne présente de façon très caractéristique le phénomène de prise en masse. Très cohérente, on ne peut la briser qu'au marteau, fortement agrégé ($T_3 > 80\%$) elle est aussi très compacte ; la porosité totale descend à des valeurs (32 %) proches de la porosité texturale sèche (30 %). La porosité structurale a presque complètement disparu (il n'en subsiste que moins de 3 %).

3) Propriétés d'origine texturale impliquées.

Cette étude expérimentale de la prise en masse de la dessiccation, suggère qu'un ensemble de conditions doivent être remplies pour qu'une telle évolution se manifeste :

- il faut en premier lieu que le gonflement potentiel du matériau soit suffisant, vraisemblablement supérieur ou égal à 20 % et que la relation volume encombré-teneur en eau ne soit que faiblement hystérique.

- Il est ensuite nécessaire qu'apparaisse un gradient hydrique marqué au cours de la dessiccation. Ceci implique un régime d'évaporation intense et (ou) une forte diminution de la conductivité hydraulique avec la teneur en eau.

- Les propriétés mécaniques du matériau sont également concernées. En effet, en toute hypothèse la disparition quasi complète de la porosité structurale en cours de dessiccation implique que la zone centrale du massif ait, pendant un temps suffisant, un comportement plastique sous l'effet des contraintes liées au retrait des couches périphériques.

C. - EVOLUTION DE LA POROSITE STRUCTURALE DES SOLS CULTIVES NON TRAVAILLES.

Les conséquences physiques à moyen et long terme de la suppression des opérations de travail du sol sont actuellement mal connues.

La dégradation de porosité sous l'effet des passages répétés d'engins représente à cet égard le risque principal. Il convient particulièrement de se préoccuper de son aspect cumulatif et/ou irréversible si certains seuils étaient dépassés.

La connaissance détaillée de ce phénomène ne peut s'acquérir que par la caractérisation de l'état physique du sol, travaillé et non travaillé, et de son évolution au sein d'essais en vraie grandeur, de longue durée.

Les travaux rapportés ici concernent des essais de travail et non travail du sol implantés sur des matériaux limoneux, conduits en assolement maïs-blé (P. STENGEL, 1975).

1) Relation avec la teneur en argile et l'humidité.

Les résultats obtenus concernent un essai en semis direct portant sur 6 ans.

Dans cet essai, aucun travail du sol n'est pratiqué si ce n'est celui du semoir spécial, limité à une bande étroite bordant la ligne de semis et à la profondeur de localisation des graines.

Dans la couche 7-15 cm, il a été procédé aux mesures de γ_D (volume pris en compte voisin de 1000cc) et de γ_t (agglomérats de 2-3 mm de diamètre) permettant le calcul des différents systèmes de porosité.

Il apparaît que pour le niveau considéré, la porosité totale est indépendante de la teneur en argile (qui varie de 18 à 28 %) et du taux d'humidité ; ce dernier étant inférieur à la capacité de rétention au moment des mesures. Dans ces conditions, la porosité structurale peut dépendre du potentiel de gonflement des éléments structuraux supposés à la densité texturale. Une corrélation double entre la porosité structurale, la teneur en argile et l'humidité a donné le résultat suivant :

$$P_s = 0,438 A - 0,319 W + 4,835 \quad r^2 = \dots$$

avec A = teneur en argile %
W = teneur en eau %

Il faut noter que dans le calcul de P_s , la valeur de γ_D est pour une parcelle et une année considérée la valeur moyenne des mesures de densité apparente effectuées.

2) Rôle mécanique protecteur des restitutions organiques de surface.

Dans les mêmes essais que précédemment, les dosages des matières organiques libres et liées (G. MONNIER, 1962) font apparaître un enrichissement relatif des couches de surface dans le cas de parcelles non travaillées par rapport aux parcelles travaillées.

L'analyse statistique des valeurs de densité apparente d'agglomérats naturels tamisés entre 2 et 3 mm montre d'une part que la porosité texturale est significativement plus faible sous labour, d'autre part qu'il existe une interaction traitement x profondeur hautement significative : la porosité texturale est plus forte dans la couche 0-7 cm que dans la couche 7-15 cm.

Les effets physiques des variations en teneur en matière organique liée étant difficiles à distinguer de ceux des variations de teneur en argile, compte tenu des interactions entre ces deux constituants, nous nous sommes efforcés de mettre en évidence l'effet des matières organiques libres.

Celui-ci est bien caractérisé par la regression double suivante (MONNIER G., STENGEL P., 1976).

$$\gamma_t = - 0,040 C_1 + 0,012 A + 1,603 \quad r^2 = 0,67$$

avec A = teneur en argile %

C_1 = teneur en carbone libre %.

Elle montre que l'enrichissement en carbone libre a statistiquement pour effet un accroissement de la porosité texturale.

CONCLUSION.

Dans les exemples d'évolutions étudiées, la réorganisation structurale est le résultat d'un processus complexe dont le déroulement suppose remplies un ensemble de conditions :

- Les unes apparaissent "intrinsèques" au matériau : directement ou non, la plupart des propriétés d'origine texturale nuancées par les caractéristiques minéralogiques et très vraisemblablement par la présence de matières organiques ont une influence déterminante.

- D'autres sont liées au régime hydrique considéré à la fois dans ses termes généraux (dessiccation humectation cyclique ou non) et dans les modalités (intensité d'évaporation ; évaporation de surface ou évapotranspiration).

A considérer cet ensemble, on comprend que sans toujours être à même d'en expliciter la signification, la pédologie attache une certaine importance à un critère tel que la morphologie structurale extériorisant de façon accessible à une observation simple, un comportement aussi synthétique.

Mais si la validité générale du critère sort renforcée de ces premières études, on est contraint de constater que les problèmes précis concernant sa signification s'ils sont mieux posés, ne sont pas encore, même approximativement, résolus.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- Bui Huu TRI (1969). - Dynamique de la granulation des sols sous prairie. Thèse (Doctorat ès Science), Faculté des Sciences, Paris.
- MONNIER G. et Bui Huu TRI (1971). - Une méthode d'évaluation de la taille des éléments structuraux du sol. Bull. de l'A.F.E.S., n° 2, pp. 17-27.
- MONNIER G., STENGEL P., FIES J.-C. (1972). - Une méthode de mesure de la densité apparente de petits agglomérats terreux. Application à l'analyse des systèmes de porosité du sol. Ann. Agron. 24(5), pp. 533-545.
- MONNIER G., STENGEL P., BODET J.-M. (1976). - Conséquences de la répartition des matières organiques sur le comportement du sol - in simplification du travail du sol en production céréalière, pp. 151-166, I.T.C.F., Paris.
- A. Es. SIFAOUÏ (1971). - Etude expérimentale de l'évolution de la structure des sols au cours de leur dessiccation. Thèse (Doctorat 3ème cycle). Université Paul Sabatier, Toulouse.
- STENGEL P. (1976). - Incidence de la simplification du travail du sol sur la porosité de la couche arable - in simplification du travail du sol en production céréalière, pp. 133-150, I.T.C.F., Paris.

RÉSUMÉ

Des exemples d'étude de processus d'évolution structurale des sols sont présentés :

- La granulation des sols sous prairie de graminées,
- La prise en masse des sols à la dessiccation.

Le troisième exemple aborde, à propos de la simplification du travail du sol, l'évolution de la porosité de fissure et le rôle mécanique protecteur des restitutions organiques de surface.

Dans les trois cas, les résultats suggèrent que ces processus sont sous la dépendance de propriétés physiques, d'origine texturale, du matériau.

SUMMARY

Examples from studies on the processes of structural organization of soils are presented herein :

- the granulation of soils under grasses
- the bulk aggregation of soils during desiccation.
- the evolution of intra-aggregate porosity and the mechanical protection role of surface organic decomposition products, in connection with reduced tillage.

In all cases, results suggest that these processes are dependant upon physical properties (swelling, hydraulic conductivity, plasticity factors) originating with texture.

ZUSAMMENFASSUNG

Untersuchungsbeispiele des Entwicklungsprozesses der Bodenstruktur sind gezeigt :

Die Bodengranulierung in grasähnlichen Wiesenböden

Entwicklung einer groben Bodenstruktur während der Bodenaustrocknung

Das 3. Beispiel erörtert die Vereinfachung der Bodenbearbeitung :

Entwicklung der Spaltporosität und der mechanischen schützenden Rolle des auf der Bodenoberfläche wiederhergestellten organischen Materials.

In den 3 Fällen erlauben die Ergebnisse die Vermutung, dass diese Prozesse von den physikalischen Eigenschaften des Bodens abhängig sind.