POROSITÉ DU SOL ET TECHNIQUES SIMPLIFIÉES

UNE DYNAMIQUE lente et évolutive



La baisse de la porosité, observée en système avec travail du sol réduit, peut être compensée par des phénomènes de restructuration biologiques et climatiques. Un processus plus lent qu'en conventionnel. Attention cependant aux risques de tassements profonds, peu réversibles, engendrés par des chantiers de plus en plus lourds.

> a porosité d'un sol est un élément essentiel pour évaluer l'état de sa structure. Au niveau opérationnel, les agronomes distinguent la porosité texturale, liée à l'organisation des composants élé-

mentaires du sol (argile, limon, sable, ciment), et la porosité structurale qui varie

au cours du temps. Le travail du sol accroît cette porosité à court terme par effet de fragmentation. Cependant, en absence de travail mécanique, elle peut quand même se maintenir grâce à l'action de plusieurs facteurs: fissuration sous l'effet du climat,

action des racines, activité biologique et processus d'agrégation. Une analyse à grande échelle réalisée en Argentine révèle ainsi que les différences de porosité entre labour et non travail du sol sont relativement faibles. Conserver une structure favorable

en non-travail est donc possible. Cette porosité peut être maintenue grâce à des

pratiques appropriées. En Australie, la généralisation du CTF (controlled traffic farming) en est une illustration. La localisation des passages de roues toujours dans les mêmes chemins permet le maintien d'une structure du sol très favorable dans les

L'évolution de la structure du sol suite à des tassements sévères est différente en labour et en non travail du sol. »

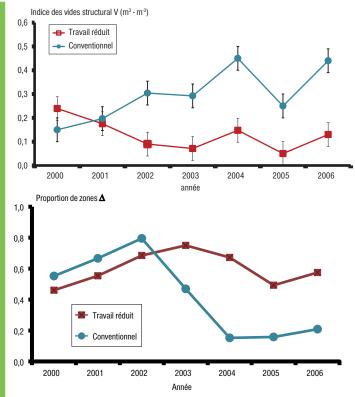
zones ne subissant plus de compactage. En France, dans l'essai « Systèmes de culture et structure du sol » en sol de limon à l'INRA d'Estrées-Mons. la porosité structurale a aussi pu être conservée en systèmes céréaliers. Les tassements sévères ont pu être évités par la mise en œuvre de règles de décision limitant les interventions en conditions humides. Cependant, les sols ayant le moins de ciments minéraux, comme les sables ou les sables limoneux, ont une stabilité structurale faible avec un risque souvent élevé d'effondrement de cette structure, ce qui peut diminuer la porosité du sol.

Une restructuration sur le long terme

Le tassement des sols, sous l'effet du passage des engins, est donc un facteur important à évaluer car il modifie beaucoup les propriétés physiques et hydriques du sol. Des travaux récents mettent d'ailleurs en avant le risque de tassements profonds peu réversibles liés à des chantiers de plus en plus lourds (zoom). L'évolution de la structure du sol suite à des tassements sévères est différente en labour et non travail. Ainsi, sur l'essai d'Estrées-Mons (figure 1), il a été démontré qu'en travail conventionnel avec labour annuel, la porosité structurale, exprimée en indice des vides structural, augmente très rapidement sous l'effet de la fragmentation par le labour. La disparition des zones tassées est effective en deux ans sur la profondeur des horizons travaillés. Par contre, en travail du sol réduit, l'indice des vides structural reste faible durant plusieurs années avec persistance des volumes compactés. Ces résultats montrent que dans les horizons non travaillés, la régénération des tassements est un processus beaucoup plus lent. Ce phénomène a été observé dans plusieurs situations pourtant a priori favorables à la régénération tant du point de vue du type de sol que du climat. La reconstitution de la structure a pris 5 ans sous un vertisol



DYNAMIQUE DE STRUCTURE DU SOL: le labour reste plus efficace



Tassement sévère entre 2000 et 2002 ; pas de tassement entre 2003 et 2006

Figure 1: Dynamique comparée de la structure du sol suite à des tassements sévères en travail du sol réduit et conventionnel, exprimée en proportion de zones Δ (porosité structurale nulle dans le profil cultural) et en indice des vides structural V (rapport entre le volume des vides structuraux et le volume occupé par les grains solides).

Source: essai « Systèmes de culture et structure du sol » à Estrées-Mons.

en non-travail du sol dans un climat subtropical semi-aride contre plus de 30 ans sur sols argileux en Finlande

Les lombriciens contribuent à régénérer les sols

C'est principalement l'activité biologique et le climat qui vont faire évoluer cette structure du sol en système de travail simplifié, en créant localement des macropores et des fissures. Cette porosité, souvent verticale et continue, même si elle est locale, joue un rôle important dans le fonctionnement du sol et la dynamique d'enracinement. Parmi les agents biologiques, les lombriciens ont un rôle essentiel. Leur effet dépend beaucoup de l'espèce considérée. Les anéciques creusent des galeries verticales qui peuvent être profondes, ce qui leur donne la capacité de traverser des semelles de labour, alors que les endogés limitent leur action aux horizons plus superficiels. Cependant, en système labouré avec la présence de blocs compactés et de structure particulaire, les différents groupes ont tendance à contourner les volumes tassés. Ce phénomène a été observé sur une parcelle menée

c'est le nombre d'années minimum nécessaire à l'activité biologique pour reconstituer un réseau de galeries (entre deux et quatre années).

TASSEMENTS DU SOL : les lombrics aèrent le sol

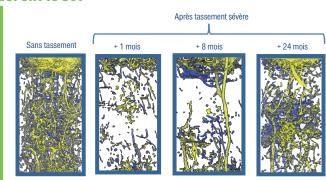


Figure 2: Effet du tassement et de l'activité lombricienne sur la dynamique de la structure du sol en système non-labour, observée à partir d'une reconstitution 3D des galeries de vers de terre (Capowiez et al. 2012).

en travail superficiel (< 6 cm) depuis 1999 et où un seul passage d'engin lourd en 2005 a provoqué l'écrasement du réseau de galeries de vers de terre (figure 2). La reconstitution de ce réseau a ensuite été effective mais lente : après huit mois, quelques macropores verticaux sont observés et, deux ans plus tard, le réseau n'est que partiellement reconstitué. Une réduction forte de l'infiltration de l'eau a été observée suite au tassement, puis un rétablissement rapide huit mois plus tard. L'activité biologique peut donc être efficace mais avec une action progressive : rapide pour reconstituer les fonctions d'infiltration, mais lente pour la reconstitution du réseau de galeries (entre deux et quatre années). Néanmoins, la porosité structurale, qui a été modifiée localement à l'échelle de macropores,



est restée faible à l'échelle des volumes tassés, souvent supérieurs à 30 X 30 cm de côté.

Une structure lamellaire en non-labour

Les conditions climatiques vont influencer l'évolution de la structure du sol en favorisant sa fissuration sous l'effet des cycles d'humectation/ dessiccation et de gel/dégel. Les mécanismes sont connus: les tensions à la dessiccation, qui dépendent du taux d'argile, conduisent à la création de fissures primaires généralement sous la forme d'éléments hexagonaux. Des ruptures complémentaires peuvent ensuite apparaître perpendiculairement au réseau primaire, créant un réseau secondaire voire tertiaire. Mais un autre processus a été mis en évidence depuis quelques années avec l'extension du non-travail du sol : le développement d'une structure lamellaire. Celle-ci est observée à grande échelle dans la Pampa humide d'Argentine en semis direct. Elle a aussi été mise en évidence sur l'essai de longue durée d'Estrées-Mons. Des travaux en laboratoire conduits en Argentine suggèrent que l'origine de cette structure lamellaire est liée à un drainage ralenti au sommet des volumes tassés. Dans ces conditions, les périodes d'excès d'eau induisent un délitement de leur partie supérieure en strates horizontales.

Des effets des racines encore à évaluer

L'action des racines est aussi à prendre compte. Elles ont un impact direct sur la stabilité structurale par l'action de rétention mécanique, mais aussi une action indirecte via la sécrétion des ciments organiques ou de matières organiques partiellement hydrophobes. Par contre, leur effet sur l'évolution de la structure du sol est moins clair pour différentes raisons. Il est en effet difficile de dissocier les effets de l'activité biologique de ceux du climat. Peu d'études s'intéressent spécifiquement à la régénération des zones tassées par les racines. Le développement des systèmes avec une couverture végétale plus ou moins permanente devrait contribuer à répondre à cette question.

Ainsi, les travaux récents sur la régénération des sols tassés en non-travail du sol montrent clairement l'effet de la composante biologique et du climat sur la dynamique de la structure et des propriétés qui en découlent. Les futures recherches viseront à compléter ces connaissances qui restent fragmentaires, afin de prévoir et de modéliser les différents effets.

Hubert Boizard - hubert.boizard@mons.inra.fr Claire Chenu - claire.chenu@grignon.inra.fr Jean Roger-Estrade - estrade@grignon.inra.fr INRA

Jérôme Labreuche - j.labreuche@arvalisinstitutduvegetal.fr ARVALIS - Institut du végétal



e tassement des sols cultivés résulte essentiellement du roulage des engins agricoles. Il produit une ornière en surface et, lorsqu'il est sévère, conduit à une porosité structurale proche de zéro. Il modifie aussi les propriétés du sol: perméabilité à l'air, conductivité hydraulique, résistance à la pénétration et au cisaillement. Il perturbe la croissance et le fonctionnement des racines et donc l'alimentation en eau et en éléments minéraux des plantes. Enfin, il modifie le fonctionnement biologique du sol et la circulation des fluides. Pour toutes ces raisons, les tassements peuvent modifier le rendement (figure 3). L'impact n'est pas systématique et dépend des types de cultures et des conditions pédoclimatiques. En raison de leurs caractéristiques spécifiques, les différentes cultures n'ont pas les mêmes réactions : la taille de la coiffe des racines, la période d'enracinement, la longueur et le positionnement du cycle cultural jouent en effet sur la réaction des plantes aux états dégradés du sol. La capacité d'enracinement dépend aussi de l'humidité du sol en interaction avec sa structure au moment de la croissance des racines. Les modèles de prévision des contraintes appliquées au sol, et des déformations qui en résultent, sont de plus en plus opérationnels. Terranimo, outil web développé dans le cadre d'un projet européen, évalue les contraintes subies en fonction des chantiers (charges, type de pneumatique, pression de gonflage...) et des caractéristiques des sols (texture, humidité...). Les simulations réalisées avec cet outil montrent clairement l'intérêt des pneumatiques larges pour une

ZOOM

TASSEMENTS DES SOLS

des baisses significatives de rendements

Les tassements peuvent modifier de nombreuses fonctions du sol. Leurs impacts varient selon le chantier. le type de culture et le contexte pédoclimatique.

même charge de 5 t: les contraintes en surface sont réduites. Par contre, en faisant varier la charge avec le même pneumatique large, ces contraintes sont beaucoup plus élevées en profondeur.

Ces tassements sévères peuvent donc être évités en limitant les charges par pneumatique, ce qui est le cas des chantiers de préparation et semis avec des charges généralement inférieures à 5 t. Par contre, les matériels de récolte de plus en plus lourds, jusqu'à 10 t par pneumatique, sont susceptibles d'induire des tassements profonds (entre 30 et 60 cm) difficiles à corriger: l'effet du climat et des agents naturels est plus faible qu'en surface et le sous-solage est une opération coûteuse et difficile à réaliser. En conséquence, il faut autant que possible limiter les charges lourdes pour préserver la qualité des sols, ce qui va à l'encontre de la tendance actuelle avec une hausse continue du poids du matériel depuis 20 ans pour gagner en productivité de travail.

TASSEMENTS ET RENDEMENTS: un duo incompatible

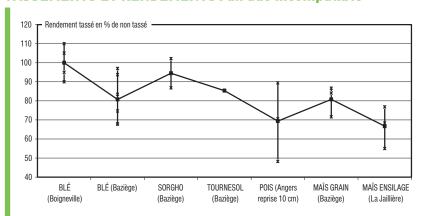


Figure 3: Impact sur le rendement du tassement du sol. Essais ARVALIS-Institut du végétal réalisés à Boigneville (91).