

03

Effets sur la structure du sol

La matière organique n'explique pas tout

L'exportation des pailles conduit - si aucune mesure complémentaire n'est prise - à une baisse du taux de matière organique du sol. Des travaux récents de l'INRA précisent les effets de cette baisse sur le comportement physique du sol comme sa sensibilité au tassement et à la battance. La matière organique n'explique pas tout.

Lorsqu'on interroge les agriculteurs sur les freins qui les font hésiter à vendre de la paille, avant le prix de la paille et les contraintes pratiques (ramassage, délai avant déchaumage, etc.), c'est l'entretien organique de leurs sols qui les préoccupe en premier. Mais il faut relativiser l'importance attribuée à ce critère, notamment lorsque les sols ne sont pas de texture fragile.

Les descriptions de l'évolution des propriétés physiques du sol sont souvent qualitatives et difficiles à évaluer objectivement. Toutefois, des travaux récents de l'INRA permettent de donner un début de réponse.

Une baisse du taux de carbone dans l'horizon de surface (c'est-à-dire la couche arable correspondant à la zone la-

▶ Exporter les pailles peut influencer les propriétés physiques des sols fragiles.

bourée régulièrement ou occasionnellement) se traduit par des effets plus ou moins marqués selon la nature des sols:

- une moindre porosité du sol. Le drainage est ralenti et le risque de ruissellement augmente en période de forte pluviométrie.

- une moindre cohésion des particules du sol. L'effet dispersant des gouttes de pluie peut s'amplifier, augmentant le risque de reprise en masse et de battance.

- une baisse de l'aptitude à la fragmentation. Les labours ou les outils animés demandent une énergie plus importante pour atteindre le résultat escompté.

De nouveaux repères

Les processus liant les matières organiques et les diffé-



© N. Cornec

▲ Sur des sols de texture très fragile (sols très limoneux), l'exportation des pailles accroît le risque de battance du fait d'une forte diminution du taux de carbone organique. En revanche, cette baisse n'influence pas la sensibilité au tassement.

Existe-t-il une relation entre rendement et taux de matière organique du sol?

La définition d'une teneur souhaitable du taux de matière organique dans un sol donné reste délicate. Les effets du statut organique sur les composants de la fertilité du sol sont nombreux et interactifs. Leur impact sur la productivité des cultures dépendra des conditions climatiques. On ne peut donc pas faire de lien direct entre le rendement des cultures et par exemple la teneur en MO du sol.

Jean-Paul Prévot

jp.prevot@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS – Institut du végétal

ue

rentes fractions minérales des sols sont complexes. Ils font l'objet de travaux à l'INRA afin de préciser les effets du taux de carbone des sols sur leur comportement comme la sensibilité à la battance, à la compaction ou la facilité d'ameublissement. Historiquement, la stabilité structurale était partiellement expliquée par les proportions de trois composants du sol: le taux d'argile, le calcaire total et la matière organique (abaques Rémy, Marin-Lafèche 1974).

Les connaissances récentes sont en cours de formalisation pour renouveler ces approches. Le travail a été notamment conduit en Picardie dans le cadre du projet Cartopaille.

▶ Les problèmes de tassements ne sont pas liés à la teneur en matière organique du sol. L'exportation des pailles modifiera peu ce risque sur les sols prédisposés.

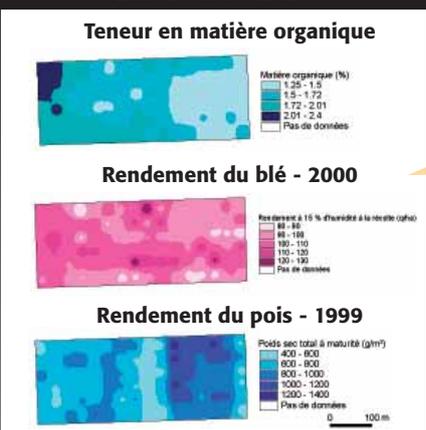
Deux approches ont été mises en œuvre pour étudier les conséquences d'une baisse de carbone sur la dégradation physique des sols:

a) la modélisation: test d'un grand nombre de scénarios climatiques sur un sol type correspondant au site ARVALIS-Institut du végétal de Boigneville (91) (22 à 27 % d'argile, 67 % de limons, 6 % de sables, teneurs en carbone extrêmes de 0,5 à 2,5 %) sur la

Dans cet exemple, les teneurs en matière organique varient de 1,25 à 2,4 % au sein de la même parcelle. On constate d'une part, l'absence de relation entre les teneurs en matière organique et les rendements et d'autre part, les rendements du blé ne sont pas non plus une prédiction fiable de ceux du pois. La culture de printemps est plus sensible à la qualité de l'alimentation hydrique qui elle-même dépend plus de la profondeur du sol.



Carte des teneurs en matières organiques et des rendements en pois et blé d'une parcelle de limon en Picardie





© J. Labreuche, ARVALIS-Institut du végétal

sensibilité au tassement lors des passages d'engins agricoles.

b) l'exploitation de bases de données « sols » en Picardie (2500 analyses issues du LDAR*): en étudiant l'évolution de la sensibilité à la battance lors d'épisodes pluvieux ou à la fragmentation par les outils de travail du sol en fonction de deux hypothèses du taux de carbone: taux actuel ou taux actuel diminué de 25 %.

Matière organique et tassement

La modélisation met en évidence un effet de la teneur en carbone organique sur la teneur en eau du sol. En d'autres termes, un sol riche en MO stocke un peu plus d'eau... Mais cette humidité, si elle ne contribue pratiquement pas à l'alimentation hydrique des cultures (sauf dans des phases très sensibles comme la période de levée), pourrait sensibiliser le sol aux phénomènes de tassements.

La simulation de trois taux extrêmes de matière organique (0,94 %, 2,22 % et 4,68 %) donne des résultats très proches pour le comportement au tassement. La dégradation potentielle d'un sol sous l'action du passage des

engins agricoles trouverait plus son origine dans l'humidité du sol au moment des travaux en question que dans sa teneur en matière organique, même si cette dernière varie dans une large plage.

L'effet du régime hydrique influe également sur le nombre de jours disponibles pour une opération délicate comme le semis de betteraves. Ces résultats sont à relativiser et ces premières simulations ont une valeur indicative et devront être complétées dans d'autres



▲ **Un même sol a subi l'action destructurante de la climatologie hivernale (battance), ci-dessus, et a porté l'équivalent de 2 t/ha de MS provenant d'une culture intermédiaire à base de crucifères, ci-dessous.** ▼



© J. Labreuche, ARVALIS-Institut du végétal

© J. Labreuche, ARVALIS-Institut du végétal

▶ **Les résidus pailleux au même titre que l'incorporation de résidus organiques frais contribuent activement à la stabilité structurale des sols.**

situations types pour enrichir les conclusions.

En conclusion, concernant la sensibilité au tassement, nous retiendrons les points suivants :

- la teneur en carbone organique du sol affecte son fonctionnement hydrique (diminution de la teneur en eau à la capacité au champ si le taux de carbone baisse). La prédisposition à l'apparition de tassements varierait peu avec la teneur en carbone du sol.
- le risque de tassement par les engins agricoles est déjà élevé dans les sols de limon du nord de la France et l'exportation des pailles aurait une incidence très réduite sur ce risque.

Battance et matière organique

Concernant les critères mesurés par des indices de battance et de stabilité des agrégats, on observe des effets importants de la teneur en

▶ **Les processus de décomposition des engrais verts s'accompagnent d'importants effets « structurants ».**

matière organique. Une forte diminution du taux de carbone aura des conséquences différentes sur le comportement des sols selon leur texture.

- Seules les situations très limoneuses (teneurs en argiles inférieures à 10 % et proportions de limons supérieures à 60 %) semblent les plus exposées à la battance.

- En tendance, les sols pauvres en MO se travaillent un peu plus difficilement, ce qui rejoint l'expérience de certains agriculteurs. Ceci concerne en particulier les sols les plus argileux.

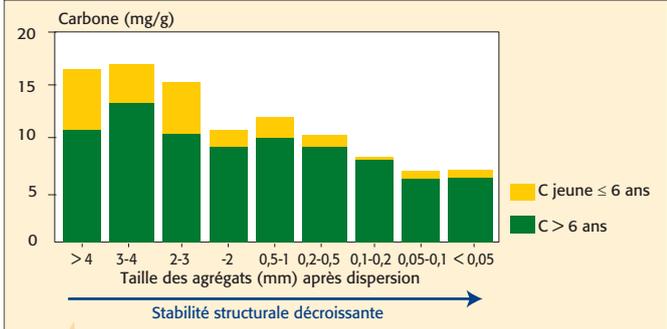
Les processus de décomposition des matières organiques fraîches (résidus de culture, pailles, engrais vert, composts, etc.) s'accompagnent d'importants effets stabilisants sur la structure des sols dont l'ampleur dépasse souvent celles liées aux modifications des teneurs en carbone organique (humus).

Deux effets sont conjugués pour expliquer ce résultat. Il s'agit d'abord de l'effet « parapluie » des résidus qui protège les agrégats de l'action mécanique des gouttelettes de pluie. L'autre effet provient d'une amélioration de la cohésion entre les particules de terre.

D'après Chenu et Balesdent (1996), les micro-organismes interviennent dans de nombreuses transformations. Ils participent à la dégradation des chaînes carbonées des débris végétaux et contribuent, lors des premières phases de ces transformations, à la stabilité structurale. Après l'attaque des résidus par la microfaune du

▶ **Sur les sols très limoneux, il est nécessaire de maintenir un certain taux de carbone organique du sol pour ne pas dégrader leur structure.**

Relation entre la stabilité structurale des agrégats et l'âge du carbone organique du sol (fig. 1)



(d'après Puget, Chenu et Balesdent, 1995)

Sur des échantillons de sols issus d'essais longue durée, on peut distinguer dans les agrégats stables (ceux qui conservent une certaine dimension après un traitement dispersant), la fraction de carbone issu de matières organiques récentes (barres jaunes) de celles moins jeunes (barres vertes). Les agrégats les plus stables (gauche du graphique) sont ceux qui présentent la plus forte proportion de carbone jeune.

sol, bactéries et champignons se lient étroitement aux résidus et aux particules terreuses pour constituer des micro-agrégats d'environ 250 µm. Les produits microbiens et humiques formés agrègent les argiles. L'activité microbienne sécrète des substances liantes hydrophobes (peu ou pas « mouillables ») très stables. Les matières organiques sont rapidement incluses dans ces agrégats, jouant un rôle de protection physique. Elles y sont relativement pro-

tégées de la biodégradation, d'autant plus que le sol est argileux. Mais cette protection est de courte durée, car au fil du temps (entre 1 et 10 ans), les agrégats perdent progressivement leur stabilité sous l'action conjointe de la biodégradation elle-même, des pluies et du travail du sol (figure 1) : les matières organiques sont déprotégées. Les substances humiques sont celles qui procurent l'effet le plus persistant.

Sols battants : les précautions à prendre

Ces phénomènes conduisent à préconiser des apports

réguliers de matière organique afin de bénéficier des importants effets sur la structure, sans qu'il soit nécessaire de miser sur une élévation des teneurs en matière organique des sols. Le « turn over » des produits organiques transitoires est le processus qui agit le plus directement sur la stabilité. Ces observations expliquent l'effet fugace, mais marqué, des engrais verts sur la stabilité structurale du sol.

En conclusion, nous retiendrons que dans les sols les plus fragiles (textures très limoneuses en particulier, avec des teneurs en argiles inférieures à 15 % et un taux de calcaire faible), il est prudent d'éviter d'exporter les pailles et surtout il est important d'adopter des pratiques culturales qui permettent de maintenir un certain taux de carbone dans le sol.

Des apports réguliers de matière organique améliorent la stabilité structurale des sols. L'exportation des pailles est donc à éviter sur les sols battants.

La solution la plus efficace consiste à limiter la profondeur de travail du sol, l'autre alternative repose sur des apports réguliers de matières or-

ganiques même s'ils ne provoquent pas une augmentation des teneurs, ils contribuent efficacement à maintenir des propriétés physiques favorables. Dans tous les autres types de sols, les marges de manœuvre sont importantes vis-à-vis de la pratique d'enlèvement des pailles. ■

*: Laboratoire Départemental d'Analyses et de Recherche

Formations ARVALIS : au cœur des métiers de l'agriculture



Pour en savoir plus, ARVALIS - Institut du végétal dispense une formation technique intitulée : **Valorisation de la paille en bio-industrie et maîtrise du bilan humique.**

Objectif : à l'issue de la formation, les participants seront capables de :

- calculer le bilan humique dans les exploitations de leur région,
- définir les situations sans risque agronomique et évaluer le gisement disponible,
- décrire les innovations utilisables pour une meilleure productivité et une meilleure rentabilité de la filière : récolte, stockage, conditionnement, transport,
- utiliser les outils permettant d'évaluer l'intérêt économique de la vente de paille pour les producteurs.

Date : au choix des entreprises.
Durée : 1 jour

Renseignements et inscriptions : Valérie Bonneau, 02 48 64 58 48 et v.bonneau@arvalisinstitutduvegetal.fr

© ARVALIS - Institut du végétal

