

Matière organique

Des effets à long terme sur le maïs ensilage

Un essai de longue durée mis en place en 1984 à la station expérimentale de Crécom (22) ⁽¹⁾ a permis de mettre en évidence le rôle bénéfique de la matière organique sur le rendement du maïs ensilage, confirmant que l'entretien de la fertilité d'un sol ne saurait se limiter aux seuls apports d'unités NPK. Dans les sols bretons à dominante limoneuse, l'entretien de l'état physique du sol par des restitutions carbonées semble indispensable pour préserver la fertilité à long terme.

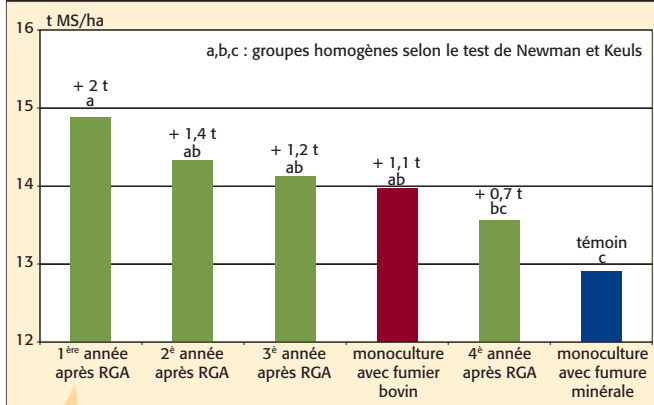


© N. Cornec

À la fin des années 70, des agriculteurs pratiquant la monoculture de maïs ensilage sans restitution de matières carbonées (engraissement de taurillons avec maïs ensilage élevés sur caillebotis) se préoccupaient de la baisse de rendement constatée au bout de quelques années. Ce phénomène pouvait avoir plusieurs causes : mauvaise série climatique, pratiques culturales inadaptées, dégradation de la structure du sol... Cette dernière hypothèse fut privilégiée à la lumière des résultats d'essais obtenus à la Chambre d'Agriculture 22 qui faisaient apparaître, dès la 7^e année de monoculture, une nette baisse de

▲ Un apport régulier de 20 à 25 t/ha de fumier de bovin assure un gain de rendement de près de 10 % en moyenne par rapport à une fertilisation minérale.

Rendement moyen du maïs ensilage et supplément de rendement/ha par rapport au témoin minéral pour les 13 dernières années (1994-2006) (fig. 1)



L'incidence de la fertilisation organique est nette sur le long terme.

Marie-Madeleine Cabaret
marie-madeleine.cabaret@cotes-d-armor.
chambagri.fr

Chambres d'agriculture de Bretagne

productivité du maïs fertilisé exclusivement avec des engrais minéraux. De son côté, Monnier (INRA), qui avait quantifié en 1965 le rôle des matières organiques dans la stabilité structurale et précisé en 1966 que « ce sont les flux et non les stocks qui sont déterminants », émit l'hypothèse selon laquelle la matière organique réputée élevée des sols bretons pouvait être constituée d'une assez faible fraction active et d'une plus importante fraction inerte. Pour mieux évaluer cet impact des restitutions organiques sur la fertilité du sol, cinq essais furent mis en place dans l'Ouest de la France dans le cadre d'une collaboration INRA-Chambres d'Agriculture-ITCF. Le site de Crécom capitalise aujourd'hui 23 années de résultats et reste le seul essai fonctionnel du réseau initial (*voir encadré*). Il est valorisé actuellement dans le cadre d'un travail régional sur la « gestion durable des sols ».

Des rendements en hausse

Il aura fallu attendre 10 ans avant de mesurer des différences significatives entre les trois modalités de culture. Mais sur les treize dernières années, ces différences se confirment régulièrement (*figure 1*).

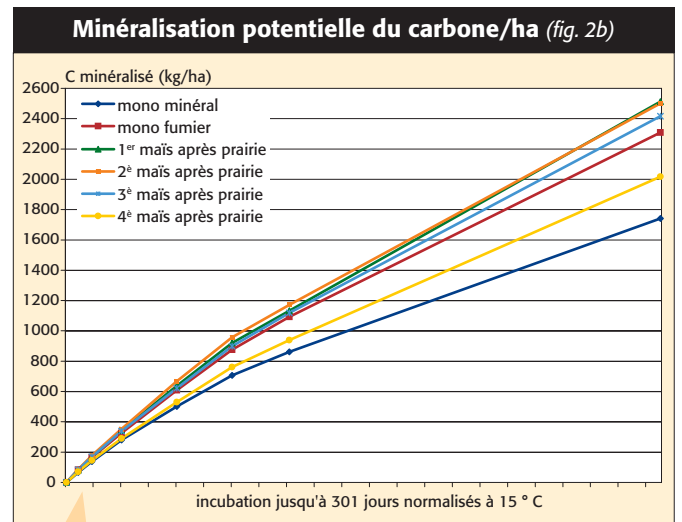
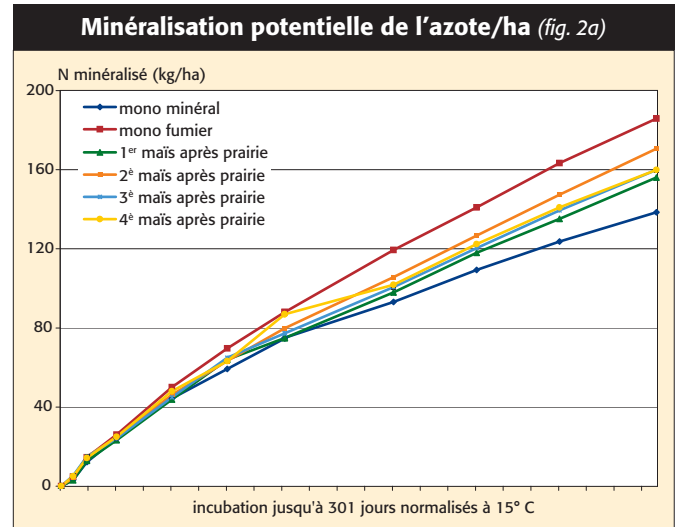
L'incidence des apports organiques sur le rendement, que ce soit sous forme de fumier ou via la prairie, est très nette. Un apport régulier de 20 à 25 t/ha de fumier de bovin assure un gain de rendement de près de 10 % en moyenne (+ 1,1 t MS/ha par rapport au témoin conduit exclusivement en fertilisation minérale non limitante). Après quatre années de prairie, le gain moyen dépasse 15 % (+ 2 t MS/ha). Ce

gain se maintient au cours des trois années suivantes, mais diminue progressivement pour s'établir à 5 % la 4^e année (+ 0,7 t MS/ha). Globalement, le gain de rendement est à peu près similaire entre un apport annuel de 20 à 25 t de fumier et la moyenne des quatre maïs cultivés après prairie.

Une minéralisation du carbone et de l'azote plus importante

Après 10 et 20 années d'expérimentation, des mesures de l'évolution du carbone dans les différents systèmes ont été réalisées. Elles montrent que la monoculture avec fumier et la rotation avec prairie permettent de maintenir le statut carboné du sol alors que la monoculture sans restitution organique fait apparaître une perte significative de carbone de près de 1 tonne/an en moyenne, avec une tendance encore plus prononcée sur les dix premières années. Dans la rotation avec prairies, on distingue nettement deux périodes: les quatre années de

Cultiver du maïs en rotation avec une prairie apporte les mêmes bénéfices qu'une fertilisation organique.



La minéralisation du carbone a un effet indirect sur les caractéristiques et les processus physico-chimiques du sol qui interagissent sur le rendement.

© R. Légère, ARVALIS-Institut du végétal



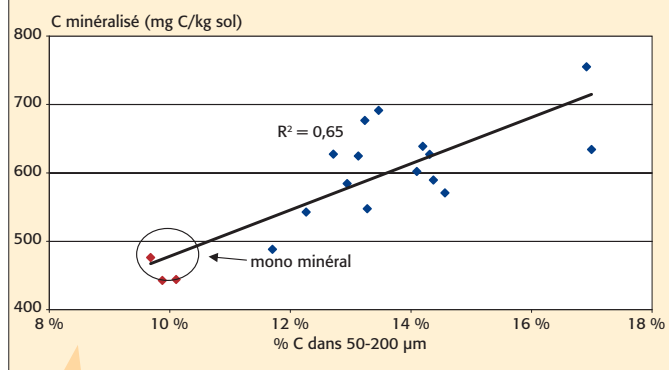
Pour écarter les autres facteurs limitants, des fertilisations minérales en NPK (150 N, 90 P₂O₅, 250 K₂O) ont été apportées sur l'ensemble des traitements. ►



© N. Comec

▲ La fertilisation organique ou la rotation avec prairie permettent de maintenir le statut carboné du sol sous la culture de maïs.

Potentiel de minéralisation du carbone et fractionnement de la matière organique (fig. 3)



Dans le cas de la monoculture avec fertilisation minérale, le taux de carbone dans la fraction 50-200 µm est plus faible que dans les autres modalités.

culture du maïs au cours desquelles les réserves carbonées diminuent progressivement, suivies de quatre années de prairies où, au contraire, la tendance s'inverse et où les réserves se reconstituent pour revenir pratiquement à l'état initial.

Pour tenter d'expliquer plus finement les phénomènes, des mesures complémentaires ont été réalisées en collaboration avec l'INRA et l'Agrocampus de Rennes après 20 ans d'expérimentation : minéralisation du carbone et de l'azote par incubation, fractionnement de la matière organique, mesures de stabilité structurale et dosage des sucres. Les incubations de sol ont montré des cinétiques de minéralisation du carbone et de l'azote assez bien différenciées (figure 2a et 2b).

Le fractionnement de la matière organique a pour but de mettre en évidence la répartition du carbone dans les différentes fractions granulométriques du sol. Il a permis lui aussi de différencier la monoculture avec fertilisation minérale des autres modalités. Dans cette modalité, le taux de carbone dans la fraction 50-200 µm est plus faible. À ce stade, on a pu établir une relation entre ce taux et la minéralisation du carbone (figure 3), relation qui ouvre peut-être la voie à l'utilisation de ce type d'analyse pour diagnostiquer l'activité minéralisatrice du sol. Mais auparavant, ces résultats devront être confirmés dans d'autres situations.

Pour la stabilité structurale, la méthode utilisée (Le Bissonais et Le Souder-INRA) a permis de montrer, elle aussi, la supériorité des modalités « maïs avec prairie », mais n'a pas permis de différencier les deux monocultures.

Des effets mis en évidence sur le long terme

Les effets de la fertilisation organique n'ont pu être mesu-

rés que sur un pas de temps long et plusieurs enseignements peuvent être avancés :

- la baisse de la teneur en carbone organique du sol est mesurable sous culture de maïs sans restitutions de matière organique,
- les paramètres « minéralisation du carbone » et « stabilité structurale » différencient positivement les sols sous culture de maïs, soit avec apport annuel de fumier, soit en rotation avec prairie,
- malgré un apport non limitant d'éléments fertilisants, les rendements du maïs montrent des écarts significatifs, de l'ordre de 1 t MS/ha supplémentaire pour la monoculture avec fumier et de 1 à 2 t MS/ha pour les maïs cultivés après prairie. Pour ce dernier cas, le gain de rendement est lié au rang de culture du maïs après la prairie,

▶ Il faut au moins 10 à 15 ans pour mettre en évidence une réelle différenciation entre les modalités.

- sur l'ensemble des 23 années d'expérimentation, il apparaît que la durée nécessaire à la mise en évidence d'une réelle différenciation entre les modalités est d'au-moins 10 à 15 ans. Pour valider les résultats obtenus, une rotation supplémentaire (8 ans) est souhaitable, d'autant plus que de nombreux paramètres, tant physiques que biologiques, n'ont fait l'objet d'aucune mesure jusqu'à présent. La collaboration inter-organismes INRA-Chambres d'Agriculture de Bretagne-ARVALIS - Institut du végétal devrait permettre une exploration plus large des travaux de recherche.

Ne pas sous-estimer l'effet des restitutions carbonées

L'effet positif d'un précédent prairie pour la culture du maïs est bien connu des agriculteurs, mais il est souvent attri-

Trois systèmes de culture mis en comparaison

L'essai (dispositif blocs - 3 répétitions) est situé en Centre Bretagne, dans un sol de limon profond (53 % limons, 30 % sables) avec une teneur initiale en matière organique de 3,2 %. La parcelle est exposée au sud et la pluviométrie, bien répartie sur l'année, est en moyenne de 1000 mm/an. Les parcelles élémentaires sont de 250 m², elles sont entièrement cultivées et récoltées avec le matériel classique de l'exploitation. L'objectif de l'essai étant de mesurer l'évolution du carbone et ses conséquences sur le sol et la plante, les autres facteurs limitants sont écartés. C'est pourquoi des fertilisations minérales en NPK (150 N, 90 P₂O₅, 250 K₂O) sont apportées sur l'ensemble des traitements (mêmes précautions pour le maintien du statut acido-basique du sol). Par ailleurs, la même variété ou une variété de potentiel identique a été utilisée pendant toute la durée de l'essai.

Les trois systèmes de culture mis en comparaison sont fertilisés de la manière suivante :

- monoculture de maïs + engrais minéraux (témoin),
- monoculture de maïs + engrais minéraux + 20 tonnes/ha/an de fumier de bovin,

- rotation maïs-prairie (4 ans prairie - 4 ans maïs) + engrais minéraux. Chaque année, 4 types de maïs sont cultivés dans cette rotation : 1^{er}, 2^e, 3^e et 4^e maïs après prairie.

Le fumier de bovin provient d'une aire paillée et est apporté à la dose moyenne de 23 t/ha/an soit l'équivalent de 1,8 t/ha/an de carbone.

bué au seul « facteur azote ». Les quantités d'azote minéralisées après destruction d'une prairie de 4 ans sont importantes (cf. *résultats d'essais 2003 Kerlavic, CA Bretagne - ARVALIS - Institut du végétal*) et couvrent largement les besoins du maïs cultivé dans l'Ouest de la France. Mais comme le montre cet essai costarmoricain, l'effet du carbone se combine avec celui de l'azote. Il ne s'agit pas tant d'un problème alimentaire, le carbone n'étant pas absorbé par la plante, mais d'un effet indirect, la dynamique du carbone modifiant les caractéristiques et les processus physico-chimiques du sol qui interagissent sur le rendement. Le passé « prairie » correspond à une activité biologique plus forte que le passé « cultures annuelles » ; quant au fumier de bovin, c'est à la fois un fertilisant (NPK) et un amendement (carbone). Il en découle une application pratique dans les règles de gestion des déjections : par exemple, pour les maïs cultivés dans des rotations sans prairies, il est préférable de réserver les déjections à fort caractère d'amendement organique tel que le fumier de bovin pailleux pour maintenir la fertilité du sol à long terme. ■

(1) *Chambres d'Agriculture de Bretagne (Côtes-d'Armor) en collaboration avec l'INRA et ARVALIS - Institut du végétal.*

Chaque année, le rendement du maïs est mesuré : 2 en monoculture (fumure minérale seule et avec fumier de bovin) et 4 en rotation (1^{er}, 2^e, 3^e et 4^e maïs après prairie).

