

Pratiques culturales et « fertilité » du milieu

L'exemple de la fertilisation et des matières organiques du sol

La baisse de la fertilisation minérale observée depuis plusieurs années soulève la question de la pérennité des systèmes de culture : la fertilité des sols est-elle compromise ? Faut-il s'inquiéter de l'évolution des teneurs en matière organique des sols ? Plus largement, la durabilité de la production est-elle en jeu ? Quelques points de repère.

La fertilisation phosphatée et potassique a baissé de plus de 50 % en France depuis 1990. Elle est liée d'une part à la diminution des quantités épandues sur les parcelles fertilisées (de l'ordre de 70 kg/ha de P_2O_5 et K_2O contre 80 kg P_2O_5 /ha et 100 kg K_2O /ha il y a 10 ans dans le Bassin Parisien (enquête pratiques culturales ONIGC)), et d'autre part, à l'augmentation de l'effectif des parcelles non fertilisées. En 2006, environ 60 % des parcelles ne recevaient pas de P et K. Pour la fertilisation azotée, la baisse est de l'ordre de 20 kg N/ha depuis 2000. Des apports de P et K inférieurs aux exportations des cultures engendrent une réduction de la disponibilité de ces éléments dans le sol. À terme, ces pratiques risquent de pénaliser la production si l'évolution des teneurs dans le sol n'est pas suivie par des analyses de terre régulières (tous les 4 à 5 ans) et si la fertilisation n'est pas adaptée en conséquence. Lorsque la teneur dans le sol passe sous le seuil dit « d'impasse », les cultures exigeantes, telle la betterave, sont les plus pénalisées par l'absence de fertilisation (figure 1).

Quels impacts à long terme sur la « fertilité » ?

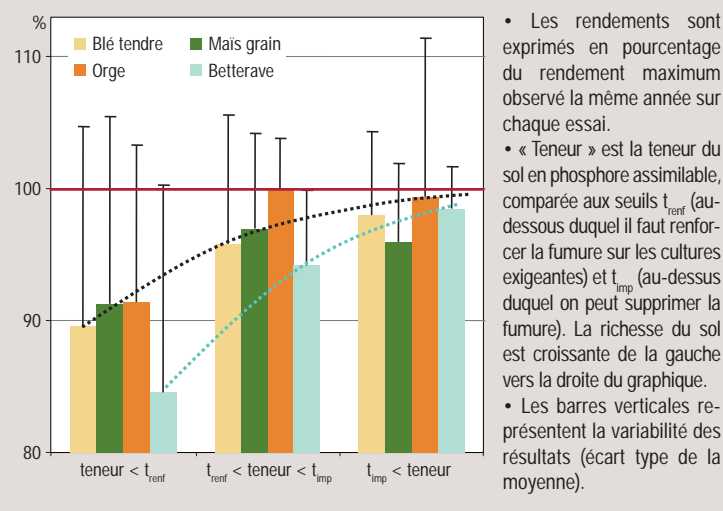
L'absence de fertilisation P et K est sans conséquence pour la production tant que la teneur du



En 2006, environ 60 % des parcelles de blé ne recevaient ni P ni K. Pour la fertilisation azotée, la baisse est de l'ordre de 20 kg N/ha depuis 2000.

La baisse de la fertilisation est liée à une diminution des doses apportées et à des impasses plus fréquentes.

Figure 1 : Effet de l'impasse sur la fertilisation phosphatée sur le rendement de 4 espèces en fonction de la teneur en P du sol (moyennes établies sur l'ensemble des essais français de longue durée)



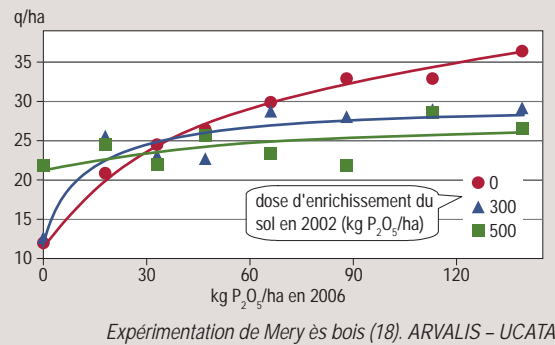
En l'absence de fumure, les chutes de rendement sont plus élevées pour la betterave, notamment sur sol pauvre (teneur < t_{renf}).

sol est supérieure au seuil d'im-
 passe pour l'espèce considérée.
 Au-dessous de ce seuil, la fertili-
 sation est nécessaire, en quantité
 d'autant plus importante que la
 teneur du sol est faible. Mais il
 ne sert à rien d'enrichir le sol. Sur
 des sols pauvres ou très fortement
 appauvris, une fertilisation adap-
 tée permet d'atteindre le même
 niveau de production que pour
 le même sol fortement enrichi
 (absence d'effet « vieille graisse »,
 figure 2). Toutefois, pour les sols
 « pauvres », la fertilisation néces-
 saire peut conduire à apporter

À l'échelle d'une dizaine d'années,
 la baisse de fertilisation azotée
 n'a pas d'effet significatif sur la
 minéralisation de l'azote organique
 du sol.



Figure 2: Réponse de la production du colza à des doses croissantes de phosphore sur un sol récemment défriché, enrichi ou non en phosphore 4 ans auparavant.



La production du colza, espèce exigeante vis-à-vis du phosphore, obtenue en 2006 a été au moins aussi élevée sur le sol pauvre d'origine que sur le sol plus ou moins enrichi 4 ans auparavant.

plus de P ou de K que n'en exportent les cultures. Il en découle un enrichissement du sol qui permet ensuite de réduire la fertilisation.

Le cas de l'azote

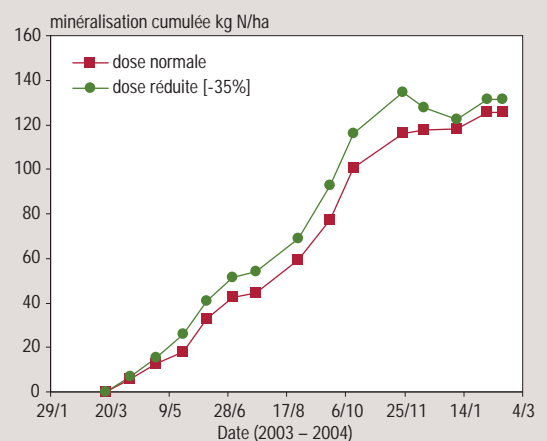
Peu d'essais permettent d'analyser l'effet de la fertilisation azotée sur le long terme, seule échelle de temps pertinente pour envisager un effet des pratiques sur les composantes de la fertilité du sol. Un essai réalisé à Thibie (51) avec une rotation pois/blé/betterave a montré que la réduction de 35 % pendant 12 ans de la dose d'azote apporté sur blé et betterave ne modifiait pas significativement le stock d'azote organique du sol ni la quantité de biomasse microbienne (champignons, bactéries). Des incubations de sol ont par ailleurs confirmé les observations au champ, montrant qu'il n'y avait

L'appréciation de la fertilité est indissociable de la possibilité de diagnostiquer les écarts de production au potentiel.

pas d'effet significatif sur la minéralisation de l'azote organique du sol (figure 3). Ceci ne veut pas dire qu'une telle pratique soit sans effet sur le

La réduction de fumure n'a pas modifié la capacité de minéralisation de l'azote organique du sol.

Figure 3: Effet de deux niveaux de fertilisation azotée appliqués pendant douze années successives (1992-2003) sur la minéralisation de l'azote du sol observée en 2003-2004.



Essai de Thibie (AREP - 51); suivi sous sol nu.

rendement des cultures (-10 % sur le blé) et soit donc durable sans modification du système de culture. Mais ce résultat permet de borner la durée minimale nécessaire pour qu'une modification des pratiques de fertilisation azotée ait un effet sur la quantité d'azote organique minéralisé : ce délai serait donc d'au moins 12 ans.

Dans l'essai de Rothamsted au Royaume-Uni, 150 ans de modification des niveaux de fumure azotée sur une monoculture de blé (1852 - 1989) permettent d'observer :

- une faible modification de la quantité d'azote et de carbone organiques dans le sol ;
 - mais un doublement de la fourniture annuelle d'azote par le sol sur le traitement ayant reçu en moyenne 150 kg N/ha/an comparativement au témoin conduit sans engrais.
- Les résidus de culture à la fois plus abondants et riches en azote sous l'effet de l'augmentation de la fumure azotée, expliquent la constitution d'une matière organique plus facilement dégradable (ou « labile »). L'effet de la fertilisation azotée sur la minéralisation de l'azote organique du sol ne semble donc sensible qu'à l'échelle de quelques décennies, reflet de l'inertie du système.

La question du stock de matières organiques

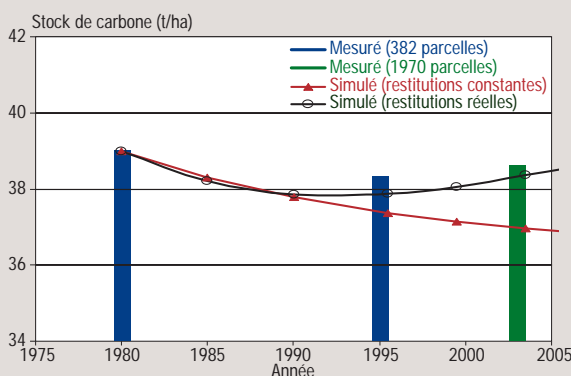
La diminution du stock de matières organiques (MO) dans les sols agricoles interroge l'agronomie depuis longtemps. Selon l'IFEN (2008), il aurait diminué en France, entre 1990 et 2000, de 1,7 % de sa valeur initiale (de façon plus importante sur les parcelles les plus riches). Retournement de prairies, approfondissement des labours, chaulage en seraient les raisons (encadré 1).

Une analyse plus fine de la situation en grandes cultures (Mary et al., 2009) a montré qu'après la légère baisse du stock moyen de MO dans les sols limoneux de

Les restitutions de carbone par les résidus de culture jouent un rôle majeur sur l'évolution du stock de MO des sols.



Figure 4 : Évolution du stock de carbone du sol (0-28 cm) dans des parcelles de l'Aisne sur 25 ans.



Valeurs moyennes observées et simulées avec le modèle AMG. La simulation avec « restitutions constante » correspond aux rendements observés dans les années 1980. La simulation avec « restitutions réelles » correspond aux rendements effectifs observés de 1980 à 2005.

(Mary et al., 2009)

Dans l'Aisne, le stock moyen de carbone du sol est passé de 39,0 t/ha en 1980 à 38,6 t/ha en 2003. La hausse des rendements observée depuis la fin des années 1980 explique cette faible variation.

Picardie entre 1980 et 1995, une augmentation s'est opérée jusqu'en 2003, qui s'expliquerait par l'accroissement de 13 % des restitutions organiques (pailles, racines) résultant de l'augmentation des rendements au cours des 15 dernières années (figure 4).

Les restitutions de carbone par les résidus de culture jouent donc un rôle majeur sur l'évolution du stock de MO des sols. Or, plus la production d'une culture est élevée, ce que permet une fertilisation azotée adaptée, plus elle restitue de carbone au sol par le biais des résidus de culture (restitution d'au

moins 40 % des pailles) et par le biais des racines et de leurs exsudats. Ceux-ci pourraient représenter 30 % du carbone contenu dans les grains.

L'exportation des pailles est possible à condition

de cibler les parcelles les moins sensibles en relation avec le type de sol (eu égard à sa sensibilité aux risques de battance et au tassement) et le système de culture (rotation, restitutions organiques extérieures comme les fumiers...) qui sont à prendre en compte dans le cadre d'une politique raisonnée de production de biomasse.

Accroître la durabilité des systèmes de culture en réduisant les intrants ?

Pour élargir le débat, nous relaterons partiellement les conclusions de chercheurs britanniques (Glendining et al., 2009) qui se sont interrogés sur la possibilité d'accroître la durabilité de systèmes de grande culture par une modification du recours aux intrants. La durabilité est appré-

Sur des sols pauvres ou très fortement appauvris, une fertilisation adaptée permet d'atteindre le même niveau de production que pour le même sol fortement enrichi.





Une baisse du stock de MO ?

On observe depuis quelques décennies une légère baisse des teneurs en matière organique des sols (moins de 2 % en 10 ans). Ce constat tempère les avis péremptaires émis par des « lanceurs d'alertes » peu enclins à appuyer leur argumentation sur des faits objectifs. Plusieurs mécanismes peuvent expliquer cette tendance :

- mécanisation et approfondissement des labours (dilution) ;
- retournements de prairies (Bretagne).

La situation est néanmoins contrastée (figure 5), puisque des augmentations sont par exemple constatées dans le Bassin Parisien (ou en nord Bretagne), imputables à l'augmentation de la productivité, à la réduction de la profondeur du sol (ou encore à la suppression du brûlage des pailles).

Implicitement, beaucoup d'avis s'appuient sur l'hypothèse « plus il y en a, mieux c'est ». En réalité, il faut se demander « quelle teneur est nécessaire et suffisante pour maintenir certaines propriétés du sol à des niveaux compatibles avec les usages visés ? ». La réponse est difficile. La fertilité des sols ne dépend pas uniquement de leur statut organique. Par ailleurs, augmenter le stock de MO représente un gros effort qui ne se justifie pas si les propriétés du sol sont jugées correctes en l'état. Enfin, la mise en avant de la diminution de la teneur en MO des sols pour expliquer le plafonnement de rendement observé ces dernières années est un raccourci abusif : les facteurs climatiques et sanitaires en sont les causes essentielles pour le blé (voir notre dossier Perspectives Agricoles n° 355 avril 2009).

La base de données des analyses de terre (BDAT) rassemble plus d'un million d'analyses réalisées par les laboratoires de routine.

ciée au travers du ratio entre les « sorties » du système (valeur des récoltes et DPU) et les « entrées » nécessaires (intrants et coûts environnementaux), entrées et sorties étant calculées en équivalents monétaires (€).

Le constat est triple :

- la plage des « entrées » qui maximisent l'indice de durabilité est large.
 - l'état actuel des pratiques conduit à un indice supérieur à 1 : les systèmes européens sont donc durables. Par ailleurs, opérer à l'optimum de production est proche de l'utilisation optimale des ressources (la valeur des entrées qui maximise le rendement n'est supérieure que de 30 €/ha à celle qui maximise l'indice de durabilité).
 - les enjeux dominants pour l'optimisation des systèmes sont ceux de la productivité par hectare (les surfaces nécessaires sont d'autant plus importantes que la consommation d'intrants baisse) et de l'émission de gaz à effet de serre (liée à l'augmentation de la fertilisation azotée).
- Cette étude resitue la discussion « intrants » dans un contexte plus large et montre que « réduction des intrants » et « durabilité » ne vont pas forcément de pair.
- En guise de conclusion, insistons sur deux points :
- la fertilité se définit relativement aux fonctions que le milieu doit remplir vis-à-vis du processus de production. Elle fait donc réfé-

rence à un système de culture, et ne peut pas se résumer à un critère, tel le contenu du sol en MO.

- L'appréciation de la fertilité est indissociable de la possibilité de diagnostiquer les écarts de production au potentiel. Ce diagnostic doit être posé dans trois dimensions : les potentialités, les coûts et les risques liés à leur expression (Sébillotte, 1989, 1993). ■

François Laurent,
ARVALIS-Institut du végétal
f.laurent@arvalisinstitutduvegetal.fr

Les résidus de culture à la fois plus abondants et riches en azote sous l'effet de l'augmentation de la fumure azotée, expliquent la constitution d'une matière organique plus facilement dégradable.

Figure 5 : Variation de la teneur en carbone organique entre 1990-1995 et 1999-2004 par canton.

