

En culture légumières et maraichères (L&M), les sols sont souvent utilisés de manière intensive avec des exportations importantes (forte production de biomasse) et de nombreuses pratiques affectant directement le sol (opérations de travail du sol, irrigation, fertilisation, désinfection, paillage, récolte d'organes racinaires). Le bon fonctionnement des sols améliore la résilience d'un système de culture pour faire face à la réduction d'intrants, à la pression parasitaire ou encore à des conditions climatiques difficiles. Les acteurs des différentes filières légumières et maraîchères, classées dans cette étude en quatre modes de production (maraichage sous abris, de plein champ, légumes frais et d'industrie), souhaitent pouvoir évaluer la fertilité des sols ; d'une part afin de repérer les caractéristiques du sol limitantes pour son fonctionnement et d'autre part afin de suivre l'effet des pratiques sur ces caractéristiques. Cette étude fait le point sur ces indicateurs et sur les liens entre les pratiques et la fertilité du sol en culture L&M.

---

### Les indicateurs pour évaluer la fertilité des sols en cultures L&M

- Quels sont les indicateurs agronomiques pour évaluer la fertilité des sols ?

Dans l'acceptation courante, le terme de « fertilité » désigne la capacité des sols à soutenir la production de biomasse végétale. Les facteurs favorables à cette production sont généralement liés à des caractéristiques ayant trait au fonctionnement chimique, biologique et physique du sol. Ces phénomènes n'étant pas directement mesurables, c'est par l'intermédiaire d'indicateurs que la fertilité des sols est évaluée. Dans cette étude 85 indicateurs<sup>1</sup> de la fertilité des sols ont été recensés. 24 descripteurs de ces indicateurs ont été utilisés pour les classer, en particulier selon la caractéristique du sol qu'ils évaluent, leur opérationnalité et leur usage. Les indicateurs de fertilité permettent d'évaluer le statut physique, le statut acido-basique, le statut chimique, les MO non vivante, la matière organique vivante (biomasse) et le statut hydrique du sol. Parmi eux, 24 sont d'opérationnalité faible<sup>2</sup> avec un référentiel insuffisant pour être interprété ou/et un coût trop élevé ; 16 sont d'opérationnalité moyenne, avec un coût, un référentiel ou une simplicité d'utilisation (interprétation, mesure) à améliorer ; enfin, 45 indicateurs sont d'opérationnalité forte c'est-à-dire directement accessibles à toutes les exploitations et conseillers techniques. Les 24 indicateurs d'opérationnalité faible sont utilisés en recherche et expérimentation. Les 61 autres indicateurs permettent pour 19 d'entre eux de faire du diagnostic de sol à long terme, pour 23 d'entre eux à faire du pilotage stratégique sur des choix de pratiques à l'échelle de la rotation et pour 21 d'entre eux à faire du pilotage opérationnel sur des choix de pratiques à l'échelle du cycle de culture.

- Y a-t-il des particularités en culture L&M justifiant l'utilisation d'indicateurs spécifiques ?

Les spécificités des cultures L&M peuvent justifier l'utilisation de méthodologies adaptées pour la mesure d'indicateurs. Au-delà des méthodologies, certains référentiels relatifs aux indicateurs doivent être adaptés pour prendre en compte les différences d'exigences ou la variabilité spatio-temporelle des processus se déroulant dans le sol. Cependant, il apparaît que les indicateurs utilisés en cultures L&M ne sont pour l'essentiel pas différents de ceux utilisés en grandes cultures (GC).

- Quels indicateurs sont utilisés en cultures L&M ?

Une enquête sur l'usage d'indicateurs a été soumise à des conseillers et ingénieurs de réseaux ; elle comprend 37 indicateurs : ceux couramment utilisés en GC ainsi que sept dont on a questionné

---

<sup>1</sup> Précisément, 85 **groupes** d'indicateurs. Les indicateurs rassemblés en groupes renseignent un même critère, par exemple « Lombriciens (abondance, diversité) » ou sont issus d'une méthode de mesure commune, par exemple les cations échangeables « CaO, K<sub>2</sub>O, MgO, Na<sub>2</sub>O » extraits à l'acétate d'ammonium.

<sup>2</sup> Cette classification est vraie en 2018, cependant une partie des indicateurs pourraient devenir opérationnels d'ici 3 à 10 ans.

Gestion de la fertilité des sols en cultures légumières et maraîchères : synthèse de l'étude l'utilisation en cultures L&M. 34 conseillers et ingénieurs de réseaux, représentant quelques dizaines de producteurs chacun, ont renseigné pour chaque indicateur s'ils estimaient que celui-ci était utilisé par quasiment aucun, par quelques-uns ou par presque tous les producteurs<sup>3</sup>. Cette enquête visant à conforter l'expertise des acteurs de la filière de production a été basée sur des réponses spontanées à un questionnaire diffusé par messagerie, elle ne repose pas sur un échantillon statistiquement représentatif des systèmes de production étudiés. Quelques indicateurs parmi ces 37 sont utilisés par la plupart des producteurs, en particulier : la teneur en MO, le pH et les cations. Ces trois grandeurs gouvernent la majorité des phénomènes chimiques et nombre de processus biologiques, et leur contrôle régulier est requis pour une bonne gestion des sols. Concernant une majeure partie des indicateurs, les personnes enquêtées donnent des réponses divergentes entre une utilisation faible ou une utilisation forte par les producteurs et conseillers. Enfin une dizaine d'indicateurs, principalement ceux évaluant la biomasse, le statut physique et le statut hydrique, sont peu utilisés. Ce sondage montre aussi que l'utilisation des indicateurs varie d'un système de production à l'autre avec une utilisation plus importante des cations extraits à l'eau et de la conductivité électrique en maraichage sous-abris, du P Olsen pour les légumes frais et du suivi de la disponibilité en eau pour en légumes d'industrie.

- Quelle est la pertinence des indicateurs utilisés ? quels indicateurs complémentaires faudrait-il mobiliser pour mieux évaluer la fertilité du sol ?

A l'issue de cette étude, il est recommandé : de mesurer les cations échangeables ( $K_2O$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Na_2O$  par extraction chimique) et non les cations extraits à l'eau de la solution du sol, de préférer la méthode Olsen pour la mesure du phosphore, de systématiser les analyses granulométriques de la texture, de développer le test bêche, de développer l'indicateur « Fractionnement granulométriques des MO », de développer les indicateurs de biomasse comme la biomasse microbienne (abondance par le C organique et ADN, ainsi que la diversité) et les indices de la nématofaune. Il est également recommandé de vérifier la pertinence des référentiels pour les indicateurs des MO voire d'en établir de plus adaptés en s'appuyant sur les données des organismes des filières et/ou les essais en cours de réalisation.

---

### Les liens entre pratiques et fertilité des sols en cultures L&M

- Quels sont les liens entre fertilité et pratiques culturales pour les différents systèmes de production ?

Des entretiens avec une vingtaine d'experts des filières L&M ont permis de cibler les principaux problèmes de sols rencontrés (sur-fertilisation, hétérogénéités des parcelles, tassement, érosion, lessivage ou encore bioagresseurs telluriques) et d'identifier les pratiques culturales qui les aggravent ou les atténuent. Celles-ci sont contraintes par les contextes pédoclimatiques et les conditions d'accès au marché (choix des espèces, calendrier de plantation et de récolte, conditions contractuelles). Ainsi, les pratiques culturales diffèrent en fonction des systèmes de production étudiés, comme l'illustrent les exemples de systèmes de culture détaillés ici. Au-delà des particularités de chaque système, il ressort des interrogations d'experts et de la bibliographie que trois principaux groupes de pratiques ont une influence majeure sur l'évolution de la fertilité du sol : les opérations de travail du sol, les apports de PRO et le choix des successions de cultures et de cultures intermédiaires dans la rotation. Le travail du sol profond et fréquent, affecte négativement un certain nombre d'indicateurs de la fertilité. Il conviendrait de s'interroger sur les moyens de limiter les opérations du travail du sol, qui sont parfois justifiées par d'autres exigences agronomiques que la fertilité du sol. Un autre enjeu est d'adapter les apports de PRO

---

<sup>3</sup> Des conseillers enquêtés ont expliqué qu'ils avaient recours à d'autres indicateurs d'observation (qu'ils interprètent par expérience), non listés ici. De manière générale, les indicateurs sont indirectement utilisés par les producteurs : ce sont les conseillers qui les utilisent pour les interpréter et en tirer des préconisations. Les réponses sont notées NA pour les indicateurs non renseignés

Gestion de la fertilité des sols en cultures légumières et maraîchères : synthèse de l'étude (nature et quantité) pour régénérer les MO du sol en fonction du type de sol, des contraintes techniques et commerciales (coût et accessibilité). Enfin, le choix des cultures et de l'intégration de cultures intermédiaires adéquates est très efficace pour améliorer la fertilité des sols mais se heurte parfois à des contraintes de marchés. La mise en œuvre de certaines techniques est spécifique aux cultures L&M : fréquence et outils de travail du sol, planches permanentes, nature et quantité des PRO apportés, dates et moyen d'implantation et de destruction des couverts végétaux. Ainsi, des travaux de R&D s'intéressent à leurs effets, principalement sur le statut physique, le statut hydrique et les MO (mortes et vivantes) du sol. Il est recommandé de mener des travaux sur le transfert des outils d'aide à la décision disponibles en GC sur la gestion du sol et de les adapter, si besoin, aux systèmes de cultures L&M. Il faudrait accompagner cette démarche par une réflexion sur les compromis à trouver, entre le maintien des niveaux des indicateurs de fertilité et la satisfaction des autres objectifs agronomiques et économiques.

- Quels sont les indicateurs mobilisables pour guider les pratiques L&M ?

Il est important pour les producteurs de repérer les évolutions de fertilité et comprendre comment ajuster leurs systèmes de culture pour y remédier. Une synthèse des indicateurs clés pour détecter les problèmes de sols évoqués a été établie. Les organismes de R&D souhaitent savoir quels indicateurs mobiliser pour suivre les effets de telle ou telle pratique culturale. Une analyse d'essais en L&M a permis d'appréhender certains effets significatifs du travail du sol, des apports de PRO et de l'intégration de couverts végétaux sur des indicateurs comme la CEC, la teneur en MO, le fractionnement granulométrique des MO, la biomasse microbienne, la stabilité structurale des agrégats, l'infiltrométrie, le test bêche ou encore la RU. L'évolution du pH est souvent un marqueur de fertilisation déséquilibrée. Dans le cas de l'évaluation des effets des pratiques sur les MO, les réponses d'indicateurs sont souvent conformes à celles retrouvées en GC. Les différences de réponses qui ont pu être observées durant cette étude, par exemple la réponse au changement de travail du sol, pourraient être dues soit à des spécificités des systèmes de cultures L&M, soit à un manque de généralité des résultats des projets examinés. Une méta-analyse des résultats de la littérature scientifique portant sur les différents types de cultures L&M pourrait permettre de mieux cibler les indicateurs les plus pertinents à mobiliser en fonction des évolutions des pratiques culturales dans les exploitations.

L'étude fournit en conclusion 11 recommandations à destination des praticiens des sols en cultures légumières et maraîchères :

1. **Cations K, Ca, Mg, Na : faire les dosages par extractions chimiques**
2. **Phosphore : préférer la méthode de dosage P Olsen**
3. **Systématiser les analyses granulométriques de la texture**
4. **Développer le test bêche**
5. **Vérifier la pertinence des référentiels pour les indicateurs des matières organiques**
6. **Développer l'indicateur « Fractionnement granulométriques des matières organiques »**
7. **Développer les indicateurs de biomasse**
8. **Optimiser les apports d'engrais à l'aide d'outils d'aide à la décision**
9. **Raisonner le travail du sol avec les indicateurs de fertilité physique**
10. **Développer la pertinence des référentiels et outils pour la gestion des PRO, des couverts végétaux, et des outils de travail du sol**
11. **Synthétiser et produire de nouvelles références scientifiques et techniques sur les systèmes de production légumiers limitant le recours au travail mécanique du sol**