

La Chimie: une des clefs de la compréhension du fonctionnement des sols en Agriculture

Marc LEGRAS, Pascale PUGET, Karine LAVAL, Elisabeth MOREAU et Jean-Marc LLORENS

*Laboratoire BioSol
Ecole Supérieure d'Ingénieurs et de Techniciens Pour l'Agriculture
E.S.I.T.P.A.
13, rue du Nord
76000 Rouen
E-Mail : biosol@esitpa.org*

L'agriculture consomme une grande quantité de produits issus de l'industrie chimique. D'une part, des engrais qui apportent aux plantes les éléments minéraux indispensables à leur croissance. D'autre part, des produits de protection contre les ravageurs (insecticides), les adventices (herbicides) ou les maladies (fongicides), dont l'utilisation assure le maintien du potentiel de rendement des cultures.

L'agriculture recycle des effluents issus de sa propre production (fumiers ou lisiers) qui peuvent être plus ou moins évolués (composts) mais elle emploie aussi des matériaux résiduels (boues de station d'épurations) en tant que matières fertilisantes ou amendantes. La maîtrise des risques liée à l'utilisation de toutes ces matières est un enjeu majeur de notre société en terme de protection de l'environnement et de qualité des productions agricoles. Elle passe par une bonne connaissance du fonctionnement du sol support des cultures.

L'étude simultanée du comportement biologique, physique et chimique d'un sol doit permettre de comprendre leur fonctionnement et de définir les indicateurs de leur qualité pour l'agriculture. Ainsi, les suivis de la dynamique des **Matières Organiques des Sols** (MOS) ou des **Eléments Trace Métalliques** (ETM) apparaissent des thématiques pertinentes à développer:

Les **MOS**, issues des résidus de culture et d'amendements organiques (compost, fumier, engrais vert), représente 1 à 6% de la masse du sol. Elles correspondent à un milieu chimiquement complexe et représentent un continuum entre des fractions stables (humus) ou actives (30%). Cette fraction active regroupe les microorganismes présents dans le sol; bactéries, champignons et faunes. Les MOS jouent un grand rôle dans :

- La fertilité chimique du sol: Suivant la quantité de MOS et l'activité biologique du sol, les MOS se décomposent et libèrent les éléments nutritifs (NH_4^+ , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}), retiennent les éléments minéraux (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) et assurent la chélation de certains micro polluants limitant ainsi leur dispersion.
- La fertilité physique du sol: Les MOS augmentent la protection contre l'érosion hydrique, la résistance au compactage par l'agrégation des particules (gels ou réseaux de filaments mycéliens). Elles diminuent la densité apparente et favorisent le ressuyage et l'infiltration. Les MOS retiennent plus facilement l'eau que les particules minérales.
- La fertilité biologique du sol: Le fait que les MOS augmentent l'activité biologique du sol et que les microorganismes transforment les MOS constitue un des paradoxe du fonctionnement du sol.
- Néanmoins, les MOS ont des effets négatifs comme la suralimentation azotée, la diminution de l'albédo, la rétention des produits phytosanitaires et elles favorisent la prolifération de parasites.

Notre but, au **laboratoire BioSol**, est de mettre à jour les relations entre la dynamique des MOS et la biodiversité microbienne des sols, en terme d'indicateur de qualité et dans le cadre d'une agriculture durable. En effet, les MOS sont un intégrateur du fonctionnement du sol et des modes de gestion par l'homme.

Cela nécessite la mise au point de méthodes permettant d'extraire, d'analyser et de quantifier, à partir d'échantillons de sols des molécules organiques (biomarqueurs des microorganismes): les acides gras des membranes phospholipidiques (**PLFA**) et l'**ergostérol** spécifique des tissus des champignons. Ces techniques d'écologie microbienne sont encore peu utilisées en biogéochimie. Elles sont développées, ici, dans plusieurs programmes de recherche GESSOL (MATE) et SOLSEINE (Seine Aval2 de la Région Haute-Normandie).

Les **ETM**, quant à eux sont les 68 éléments chimiques dont la concentration, est, pour chacun d'entre eux, inférieure à 0,1%. Ils ne représentent à eux tous que 0,6% du total, les 12 éléments majeurs intervenant pour 99,4% (O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti, H, P et Mn). Certains sont des oligo-éléments, indispensables aux processus biologiques : Co, Fe, Mn, B, Ni, Zn, Cu, Cr (les cinq derniers étant toxiques à fortes concentrations pour les plantes), As, Mo, Se étant toxiques pour la vie animale. Les autres n'ont aucun effet positif reconnu (Cd, Hg, Pb, Sn, Pt).

Leur présence est liée directement à la composition de la roche mère originelle ou résultant des activités humaines (épandages de produits à usage agricole, dépôts de déchets, retombées atmosphériques de gaz et poussières). Ces micro polluants peuvent s'accumuler dans les sols puis dans les plantes, ou migrer vers les eaux souterraines et ainsi contaminer l'homme et les animaux par le biais de la chaîne alimentaire, de l'eau de boisson, de l'ingestion de poussières, produisant des effets toxiques, cancérigènes, tétragènes ou mutagènes.

L'avenir des ETM dans les sols dépend de leur **spéciation** (nature chimique) et de leur **spatialisation** (localisation dans les compartiments du sol). En effet, ils présentent des propriétés soit bénéfiques, soit toxiques, pour la vie végétale ou animale, en fonction de leur nature et surtout de leur quantité. Seules des techniques d'extractions chimiques séquentielles permettent de connaître leur état (échangeables, liés aux oxydes, aux MOS, aux hydroxydes, aux carbonates) définissant ainsi leur **bio disponibilité** (par rapport aux microorganismes), **phytodisponibilité** (par rapport aux plantes) et **mobilité** (par rapport à la solution de sol).

La notion conjuguée de biodisponibilité et de transfert dans le sol caractérise l'influence de ces éléments. Ceci peut se traduire par trois comportements physiologiques (carence, tolérance, toxicité) suivant que les plantes sont excluantes, indicatrices, accumulatrices ou hyperaccumulatrices (moutarde, laitue, épinard).

La thématique des ETM occupe une place de choix dans deux des principaux sujets socio-économiques actuels : la protection de l'environnement et la sécurité alimentaire. Elle est développée au sein du laboratoire BioSol sur des collaborations avec l'Université de Rouen (UMR 6037) et l'INRA d'Orléans.

Ainsi, la caractérisation d'indicateurs biogéochimique doit permettre d'établir des référentiels scientifiques pour guider les choix stratégiques d'utilisation des intrants en agriculture. La chimie reste donc un des outils idéals pour comprendre le fonctionnement du sol et définir les bio indicateurs pertinents.