



Potentiel d'oxydoréduction des sols

Une donnée pour comprendre l'impact de ses pratiques des plantes et des sols

Fastidieuses, les mesures de potentiel rédox appliquées aux milieux vivants, les sols et les plantes ont été abandonnées. Mais elles reviennent au goût du jour avec le Food Scan. En Alsace, un groupe de vigneron s'y intéresse de près.

Le potentiel rédox est une grandeur mesurée en millivolts qui traduit la capacité d'un milieu, d'une solution, d'une espèce chimique à échanger des électrons. Pour résumer la question, si le pH, qu'on appelle également l'acidité, indique la disponibilité en protons, le potentiel rédox (Eh) indique quant à lui la disponibilité en électrons. Ces mesures classiquement utilisées en chimie de la matière, chimie des matériaux, avaient été appliquées aux milieux biologiques au cours du siècle précédent. Et c'est le chimiste Louis Claude Vincent qui a introduit les premières notions dites de bioélectronique.

L'idée de base est qu'un milieu qui capte des électrons s'oriente vers la réduction, c'est-à-dire que son potentiel rédox diminue, et inversement, un milieu qui perd des électrons s'oxyde, c'est-à-dire que son potentiel rédox augmente. Plus il y a d'électrons disponibles, plus le potentiel rédox est bas, on dit également «réduit». Ceci est lié à la charge négative des électrons. Inversement, moins il y a d'électrons dans un milieu, plus son potentiel rédox est haut - on dit également oxydé.

Éviter les pratiques les plus oxydantes

Or toute pratique, toute intervention agricole, viticole ou arboricole, quelle qu'elle soit, sur un sol ou sur une culture, modifie le potentiel rédox de la plante et du sol. Sans compter que le potentiel rédox varie au cours des saisons, au cours de la journée...

Ce qu'avait expliqué Louis-Claude Vincent, à partir de l'observation du comportement des germes pathogènes dans les eaux, c'est qu'à chaque type de germes correspond une plage spécifique de pH, de potentiel rédox et de conductivité. En d'autres termes, appliquée à la viticulture, à l'arboriculture, à la céréaliculture, cette observation de Vincent, permet de déduire que certaines pratiques vont modifier le pH et le potentiel rédox de la culture et du sol, et vont ainsi rendre le milieu

favorable à l'expression de pathogènes bien connus comme les fusarioses, la rouille, l'oïdium, etc. L'idée est donc de mesurer le potentiel rédox des cultures et d'agir en fonction pour prévenir les agresseurs phytopathogènes. Seulement, si l'acidité d'un milieu vivant est admise comme donnée objective, la mesure du potentiel rédox a, en revanche, été abandonnée et sujette à controverse, considérant qu'elle n'est pas fiable, et est difficile à mettre en œuvre.

Olivier Husson a préparé le terrain

En agronomie, Olivier Husson, avec ses équipes de chercheurs du Cirad, s'est attelé à réhabiliter cette notion, à rassembler la bibliographie mondiale, à mettre en place des conditions de mesure du potentiel rédox fiables. Ces mesures électrochimiques appliquées aux milieux vivants permettent de tirer des enseignements. Ainsi, dix années de travaux lui ont permis de sceller les bases de mesures rédox fiables, puis d'utiliser le potentiel pour guider ses pratiques agronomiques, de telle sorte que les pratiques causent le moins de stress oxydatif possible. Les variations induites de quelques dizaines de millivolts sur la plante donnent une orientation sur ses pratiques; l'objectif étant de générer le moins de stress oxydatifs possibles pour améliorer la résistance naturelle aux maladies. En grandes cultures, les mesures de potentiel rédox des blés, par exemple, permettent d'évaluer l'impact oxydatif d'un traitement, d'un engrais et même de classer les variétés.

Les plantes, les panneaux solaires, le sol et la batterie

Pourquoi mesurer la disponibilité en électrons? Car le système sol-plante est en réalité «un système électrique qui fonctionne à l'énergie solaire». Et car le sol joue un rôle de batterie: sa matière organique stocke les électrons. Dans un milieu vivant, la source primaire d'électrons est la photosynthèse. L'un des aspects considérés de la photosynthèse est la séquestration du carbone à partir du gaz carbonique atmosphérique. Mais l'autre aspect, moins évoqué, du bilan de la photosynthèse, est la conversion des photons de lumière en électrons. Le propos d'Olivier Husson consiste à expliquer qu'il y a un équilibre à trouver entre la production d'électrons par les plantes et la capacité de stockage de ces électrons dans la batterie, c'est-à-dire la matière organique du sol. Si on poursuit l'analogie avec les systèmes électriques, la tension induite par le potentiel rédox d'un sol renseigne sur la puissance électrique du système par la résistivité ou inversement la conductivité du sol. Plus le sol est conducteur, plus la batterie se vide rapidement. Ce sont, par



Le Food Scan donnera une valeur instantanée du potentiel, ce qui évite considérablement le côté fastidieux des mesures.



Olivier Husson propose aussi des formations sur le potentiel rédox. © DL

exemple, les sols très minéralisés et minéralisants, comme les sables... Le même effet est aussi observé avec les apports d'engrais minéraux: ils augmentent la puissance du système électrique mais pas la capacité de stockage des électrons (la

batterie) qui est, en l'occurrence, ici, la matière organique.

Éviter les variations rédox: la capacité tampon des sols

Globalement, un système sol-plante autofertile repose donc sur

Une bonne récolte, commence par un bon semis Dépassez toutes vos attentes avec JOHN DEERE

Semoirs 740 A & 750 A

Optimisez vos travaux avec la précision JOHN DEERE

Semoirs 1725 NT & 1775 NT

À découvrir chez votre concessionnaire

Chaque jour à vos côtés, votre concessionnaire s'engage

HAAG

WALHEIM 03 89 08 34 65	VOLGELSHEIM 03 89 72 02 20	SELESTAT 03 88 57 36 10
MARLENHEIM 03 88 87 01 17	HOERDT 03 88 52 94 91	

www.jphaag.fr • J.P. Haag



Mylène Souvignet, formatrice, mesure le potentiel rédox des plantes.

agronomiques sur la vitalité



une forte production électrique par la photosynthèse, « les panneaux solaires », et sur de bonnes capacités de stockage par la matière organique. Dans ce système autofertile, la structure des sols joue un rôle fondamental. Les sols engorgés

s'asphyxient et les sols sans matière organique s'oxydent rapidement. Au plan rédox, c'est leur capacité tampon, c'est-à-dire leur capacité à résister à des agressions climatiques, excès d'eau, sécheresse, UV, qui permet de limiter les fluctuations de potentiel rédox. Dans son système-sol, la plante n'apprécie pas les fluctuations rédox du sol sur lequel elle pousse. Car elle doit développer des stratégies coûteuses en énergie pour s'adapter à ces variations.

Mais le potentiel rédox Eh et le pH conditionnent également directement la disponibilité, l'indisponibilité et même la toxicité des éléments minéraux, Fer, Cuivre, Manganèse, Magnésium, etc. : c'est le diagramme de Pourbaix. La connaissance du potentiel rédox de son sol permet donc d'expliquer des carences, les toxicités. En général, la plante corrige elle-même le milieu par sa rhizosphère pour rendre les éléments biodisponibles. « Mais ça lui coûte de l'énergie ».

Des analyses complexes à mettre en œuvre

Seulement voilà ! La mesure du potentiel rédox s'avère fastidieuse, voire propice aux incertitudes de mesures. Il est d'abord difficile d'appréhender la charge électronique d'un milieu vivant avec une électrode sans perturber ce milieu : le fait, par exemple, de piquer une électrode de platine dans une feuille modifie le proche environnement cellulaire au voisinage de l'électrode. Sans compter que les électrodes de mesures sont elles-mêmes soumises à de fortes variations liées, par

exemple, à des dépôts organiques de biofilms. Il faut donc sans cesse procéder à des ré-étalonnages des mesures avec des solutions étalons, parfois instables qui plus est. Bref, toutes ces complications d'analyses n'ont - il faut l'admettre - pas contribué au développement de cette notion du potentiel rédox, que ce soit d'ailleurs en agronomie, en viticulture, en œnologie... Elles ont même contribué à remettre en cause cette donnée chimique pour ce qui est de son application en biologie.

La solution du Food Scan

Mais vient d'arriver sur le marché une solution : le Food Scan. Il s'agit d'un scanner miniaturisé qui donnera des valeurs instantanées de potentiel rédox. C'est ce que propose la start-up montpelliéraine Senseen de Philippe Cousin. Le Food Scan va pouvoir renseigner sur les données de potentiel rédox, grâce à un retraitement des spectres par de l'intelligence artificielle. Plus d'électrode donc, mais un simple balayage à la lumière. Et, en plus, l'appareil étant portatif, les utilisateurs auront quasiment en temps réels les résultats leur permettant de valider leurs pratiques. Ce « laboratoire de poche » est une révolution...

Food Scan : comment ça marche ?

Le Food Scan développé par Senseen est un scanner miniaturisé. Il émet dans la bande d'ondes proche infrarouge et est équipé d'un récepteur de la source lumineuse renvoyée par l'échantillon à analyser. Mais une partie de l'émission lumineuse est absorbée par l'échantillon. Il y a donc une différence entre la lumière émise par le Food Scan et celle réémise par l'échantillon. Cette différence correspond à la lumière absorbée par le produit à analyser. Cette absorption de lumière est liée à la vibration des liaisons atomiques dans les molécules. Il y a donc un lien entre la constitution moléculaire de l'échantillon et son excitation lumineuse.

En balayant le spectre lumineux dans une plage de longueur d'onde dans le proche infrarouge (700-1700 nm) on obtient une courbe d'absorbance. Comment interpréter les courbes pour déboucher, par exemple, sur le potentiel rédox de l'échantillon ?



Mesure du potentiel rédox d'un lombricompost. Ce qui permet d'en évaluer la qualité.

Profitez des conditions
MORTE - SAISON
sur la gamme
QUIVOGNE

Rouleau autoproporteur repliable
TYPE ROLLMOT

Rouleau Pousées Directionnelles

Herse HV repliable

QUIVOGNE

matériels disponibles

Sàrl TROMPETER et Fils Artzenheim - Tél. 03 89 71 62 38

Avec de l'intelligence artificielle

À ce stade, on fait appel à de l'intelligence artificielle. Qui consiste en une forme d'apprentissage de « machine learning ». Sur le principe, on effectue des campagnes de mesures du potentiel rédox sur des échantillons et, parallèlement, on recueille les courbes d'absorbance avec le scanner. L'opération est effectuée des milliers de fois. Les données sont soumises à un traitement informatique de deep-learning. C'est-à-dire que la machine établit les corrélations entre les mesures réelles et les courbes d'absorbance. Bien sûr, l'apprentissage de la « machine

learning » ne se limite pas au seul potentiel rédox et peut concerner toutes sortes de données analytiques.

Mais l'apprentissage suppose une campagne de mesures préliminaires (analyses classiques et scanner) pour établir les corrélations. Et suppose donc un investissement financier. En Alsace, un groupe de viticulteurs se lance dans l'aventure : l'association Vignes Vivantes et le vigneron Patrick Meyer qui, sur ses fonds propres, a décidé de participer à la calibration de l'appareil.

D. Lefebvre



Les vignerons de l'association Vignes Vivantes, sous l'impulsion de Patrick Meyer, se lancent dans les mesures de potentiel rédox.

INNOVATIONS POUR L'AVENIR

Le régénérateur de prairies GK

Largeur de travail : 2,5 m ou 3 m

NISS AGRICULTURE

Groupe Ackermann

Entreprise familiale à tradition

Tel. 03 88 05 68 00

Email apvfrance@niessagriculture.fr | www.apv-france.fr

[APV]

www.apv-france.fr