

LA SPECTROSCOPIE PROCHE INFRAROUGE

GRAINS, SOL ET PLANTES

bientôt analysés en direct du champ



Le spectromètre, placé dans la cabine, et la sonde de mesure au-dessus du convoyeur, permettent de suivre en continu la qualité de l'ensilage.

Caractériser les plantes ou le sol en quelques secondes au champ, voilà les promesses de la spectroscopie proche infrarouge (SPIR), une technologie jusqu'ici surtout réservée à une utilisation en laboratoire. La constante évolution des matériels et des technologies de l'informatique a permis de réduire le temps d'analyse à quelques millisecondes et de disposer d'appareils plus légers donc transportables. Il est désormais possible d'envisager des mesures directement au champ.

Cette méthode d'analyse présente en effet de nombreux avantages : non destructive, simple d'utilisation et surtout rapide, fiable et peu coûteuse. Elle demande peu voire pas de préparation de l'échantillon, aucune logistique (conditionnement, expédition de l'échantillon...) et aucun produit chimique. Même si elle est moins précise que les méthodes classiques de laboratoire, la SPIR de terrain fournit des données suffisantes pour un conseil ou une évaluation en temps réel. Et sa précision peut s'améliorer lorsque l'échantillonnage augmente.

Utilisée en routine pour la caractérisation des matières premières par les organismes stockeurs et les laboratoires, la spectroscopie proche infrarouge devient désormais mobile pour des mesures au champ. Après les grains, les feuilles et le sol pourront être à terme évalués en temps réel.

Le grain n'est plus l'unique cible

Les laboratoires et les organismes stockeurs utilisent aujourd'hui cette technologie pour caractériser la qualité des grains de céréales (teneur en protéines par exemple). Mais des projets de recherche sont en cours pour élargir l'éventail des applications possibles. Au-delà du grain, la SPIR pourra analyser le sol, les effluents d'élevage, l'ensilage, les végétaux... Cette technologie est entrée dans l'ère de l'agriculture de précision.

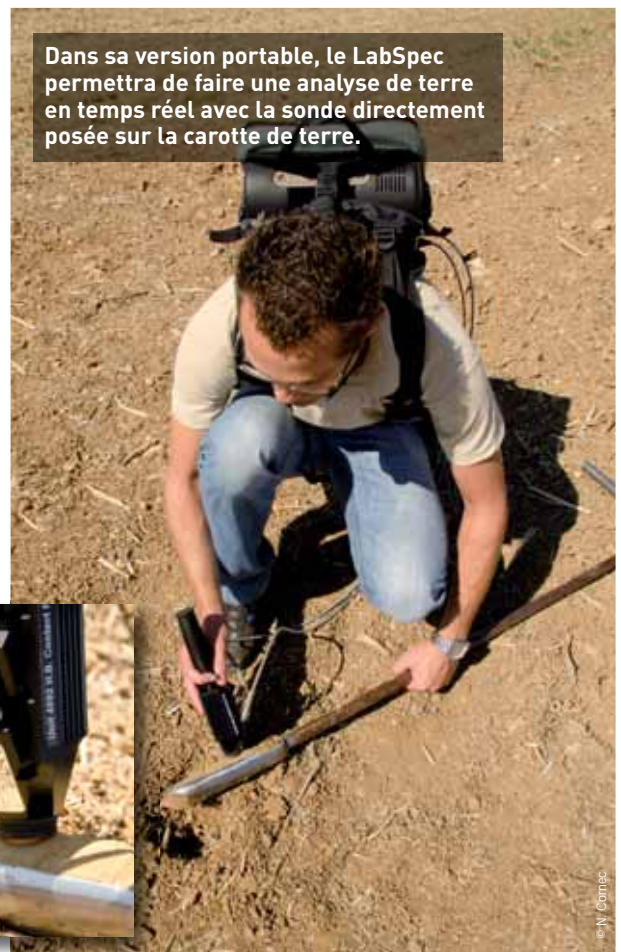
« La SPIR est entrée dans l'ère de l'agriculture de précision. »

Mais pour être opérationnelle, la SPIR a besoin de calibrations, c'est-à-dire d'équations mathématiques qui mettent en corrélation un signal optique avec une propriété physico-chimique (*encadré*). C'est une des tâches à laquelle s'attèle ARVALIS - Institut du végétal dans le cadre de projets de recherche ou de partenariats privés: l'Institut développe des calibrations sur des appareils commercialisés.

L'analyse en flux continu sur moissonneuse-batteuse

Première application au champ: l'analyse des grains et des fourrages en flux continu sur les moissonneuses avec un système embarqué. Sélectionneurs et semenciers équipent par exemple leurs moissonneuses-batteuses expérimentales d'analyseurs de flux continu comme le PSS de Polytec, le Corona de Zeiss ou le DA 7200 de Perten Instruments. Des constructeurs comme Haldrup proposent également ce type de capteur pour les particuliers.

Ces systèmes permettent d'évaluer en temps réel la qualité de la récolte parcelle par parcelle, quelle que soit la taille de celle-ci. Les critères les plus recherchés sont la teneur en eau et la teneur en



La calibration traduit un signal optique en paramètre physico-chimique

La spectroscopie proche infrarouge est une méthode indirecte qui repose sur l'interaction entre un constituant chimique et le rayonnement proche infrarouge. Le signal atteignant le détecteur représente la quantité d'énergie lumineuse absorbée par l'échantillon, celle-ci étant proportionnelle au nombre de liaisons chimiques. Il est ensuite nécessaire de corrélérer ce signal optique à une propriété physico-chimique (teneur en eau, azote, amidon...) obtenue par les méthodes conventionnelles de laboratoire par le biais d'une équation mathématique appelée « calibration ».

Respecter les conditions d'utilisation du système et contrôler régulièrement les calibrations sont les règles d'or pour garantir des résultats fiables. Car tout changement, qu'il concerne la matrice analysée (génotype, conditions agro-climatiques, apports, produit humide au lieu de sec...), le protocole de mesure (carotte émiétée versus carotte brute, feuille de plus petite taille...) ou encore le capteur, entraîne des modifications du signal optique.

protéines du blé, de l'orge et du colza, la teneur en huile du colza et du tournesol, la teneur en glucosinolates du colza et les critères entrant dans le calcul de la digestibilité pour l'ensilage.

Le capteur (ou sa sonde de contact) est positionné sur une goulotte placée après le nettoyage des grains, mais avant l'arrivée dans la trémie pour les grains ou au-dessus du convoyeur pour l'ensilage. La cabine abrite l'ordinateur qui pilote l'instrument. L'analyse démarre automatiquement dès le passage de la récolte. Le logiciel d'acquisition des données peut être couplé à un outil de référencement géographique: l'utilisateur peut ainsi visualiser instantanément les mesures et récupérer toutes les données pour cartographier sa parcelle.

Ce type d'instrument peut également être utilisé sur les silos pour la constitution de lots homogènes.

Un sondage en direct

Un autre outil de terrain peut être utilisé: le LabSpec de ASD Inc. Ce système, transportable sur un chariot ou dans un sac à dos, est polyvalent grâce à de nombreux accessoires. Une fibre optique assure la transmission du signal entre le spectromètre (rangé sur le chariot ou dans le sac) et une sonde de mesure placée directement au contact de l'échantillon. Le capteur est piloté par un ordinateur ou une tablette.

Trois domaines d'applications sont actuellement évalués : les fientes en élevage, les feuilles et les sols. Malgré une phase de développement assez longue car complexe, les calibrations du LabSpec pour une utilisation courante sur le terrain devraient être disponibles d'ici 2 ans.

Ajuster les apports alimentaires des poulets

ARVALIS-Institut du végétal et ses partenaires, l'INRA, l'ITAVI, le CIRAD et PROVIMI, cherchent à caractériser la valeur nutritionnelle des aliments par des méthodes innovantes de mesure de la digestibilité pour une aviculture durable. L'un des objectifs est de développer des calibrations permettant d'obtenir la composition chimique des fientes fraîches en élevage (amidon, matières grasses...) et les valeurs énergétiques associées pour affiner les apports en fonction des besoins nutritionnels des poulets.

Les analyses physico-chimiques d'aujourd'hui sont coûteuses en temps, en argent et en produits chimiques. Malgré une moindre précision, la SPIR serait très utile.

Teneur en eau, en azote et en chlorophylle des feuilles

Dans le cadre du projet ANR Génoplante « PhénoBlé », en partenariat avec l'INRA et BIOGEMMA, ARVALIS-Institut du végétal utilise le LabSpec muni d'une pince spécialement conçue pour maintenir une feuille entre la sonde de contact et un réflecteur pendant les quelques secondes que dure l'analyse. Cet accessoire est indispensable car l'épaisseur des feuilles limite la réflexion de la lumière. La SPIR est ici utilisée pour obtenir les teneurs en eau, en azote et en chlorophylle d'une feuille qui seront mises en relation avec des caractéristiques génétiques. La base de données utilisée pour développer les calibrations comprend différentes variétés et doses d'azote. Les analyses sont effectuées à de multiples stades de développement et à plusieurs étages pour envisager un suivi d'évolution de la plante pendant son cycle de vie.

Mesurer toute l'année la qualité des sols

ARVALIS-Institut du végétal développe également des calibrations pour proposer un outil de mesure de la qualité des sols agricoles français tout au long de l'année. La SPIR permettrait par exemple de caractériser une parcelle, de la cartographier, de contrôler sa variabilité... Optimiser les apports d'engrais ou de produits phytosanitaires passe en effet par une meilleure connaissance des sols. Durcissement des mesures environnementales, augmentation des coûts des intrants et coût d'une

analyse de terre classique se conjuguent pour en augmenter l'intérêt.

La mesure est réalisée directement sur les carottes issues de prélèvement classique entre 0 et 20 cm (horizon labour). Les paramètres ciblés sont physiques (argile, limon, sable et calcaire), chimiques (pH et CEC), biologiques (carbone organique et azote total) ou encore nutritionnels (phosphore, potassium, magnésium, calcium, bore, zinc, cuivre et fer). Sans être aussi précise que le laboratoire, cette analyse sera suffisante pour le conseil agronomique et pour déterminer la variabilité relative de la parcelle. Une première campagne de collecte d'échantillons et de spectres a eu lieu durant l'hiver 2011 dans cinq régions de France (Alsace, Pays de la Loire, Champagne-Ardenne, Aquitaine, Midi-Pyrénées). La base de données montre déjà une très grande hétérogénéité des sols. Une autre campagne de collecte est prévue durant l'automne 2013 et le printemps 2014.

« Sans être aussi précise que le laboratoire, cette analyse sera suffisante pour le conseil agronomique. »

D'autres instruments portables plus récents comme le PHAZIR™ de Thermo Scientific ou le MicroNIR™ de JDSU tiennent dans une seule main. Ils ouvrent encore plus de perspectives sur le terrain. ARVALIS-Institut du végétal les évaluera prochainement.

Séverine Trupin - s.trupin@arvalisinstitutduvegetal.fr
Brigitte Mahaut - b.mahaut@arvalisinstitutduvegetal.fr
ARVALIS-Institut du végétal



Le LabSpec possède une pince spécialement conçue pour maintenir une feuille entre la sonde de contact et un réflecteur afin d'analyser la composition des feuilles en quelques secondes.

© ARVALIS-Institut du végétal