

COMPARAISON DE METHODES PREDICTIVES DE LA QUALITE DES SOLS PAR SPECTROSCOPIE PROCHE INFRAROUGE A L'ECHELLE NATIONALE

S.TRUPIN-MAUDEMAIN, F.AMMARI, A.CROGUENOC, B.MAHAUT
ARVALIS – Institut du végétal

La nature non-destructive, l'absence de produits chimiques, la rapidité d'analyse et la facilité d'utilisation de la spectroscopie proche infrarouge (SPIR) ont conduit au développement de nombreuses applications dans le domaine de l'agriculture. En effet, la SPIR est désormais largement utilisée pour caractériser les grains et étudiée pour les feuilles des plantes, les excréta, le fumier, l'ensilage... Mais sur une matrice plus complexe comme le sol, le challenge est de taille. Le nombre d'articles scientifiques sur le sujet a augmenté de façon exponentielle depuis les 10 dernières années. Les études se limitent généralement à une échelle géographique très restreinte (peu de variabilité en type de sol) ou un nombre d'échantillons moyennement élevé (entre 300 et 3000) ou des méthodes de traitement des données assez basiques. La littérature montre également des performances très variables d'une étude à l'autre, compte-tenu des nombreux facteurs d'influence (échantillons, variabilité des sols, méthodes de référence, échantillonnage, préparation des échantillons, qualité des spectres, traitement des données...).

Les travaux conduits par ARVALIS portent sur le développement de calibrations robustes applicables soit en laboratoire soit au champ, à tout échantillon, c'est-à-dire quelle que soit son origine géographique en France. Deux bases de données ont été construites de façon homogène pour couvrir tout le territoire agricole français, avoir une gamme pour chaque paramètre à prédire la plus large possible, optimiser la distribution des valeurs de référence par paramètre, équilibrer le rapport nombre d'échantillons-superficie pour chaque zone géographique. La base laboratoire regroupe plus de 10 500 échantillons et la base « terrain » plus de 1000.

3 méthodes de traitement des données ont été explorées pour la base laboratoire : deux méthodes de régression linéaires (PLS classique et PLS locale) sous WinISI™ 4.9 d'Infrasoft International LLC et une non linéaire (Réseaux de neurones ANN) sous Matlab®. Pour la base terrain seule la régression PLS sous The Unscrambler® a été utilisée. Les prétraitements mathématiques classiques ont également été appliqués aux spectres pour optimiser les performances. Les analyses spectrales de laboratoire ont été réalisées sur le XDS™ de FOSS en réflexion (gamme spectrale = 400 - 2500 nm, résolution = 0.5 nm, soit 4200 longueurs d'onde) après que les échantillons aient été tamisés à 2 mm et séchés à l'air. Les spectres des carottes brutes [Gras et al. (2014)] ont été acquis avec le LabSpec® de ASD Inc. en réflexion (gamme spectrale = 350 - 2500 nm, résolution = 1 nm, soit 2150 longueurs d'onde). Les analyses de référence ont été réalisées par AUREA suivant les méthodes traditionnelles et normalisées.

		Matière organique (%)	Argile (%)	Limon (%)	Calcaire total (%)	N total (%)
LABORATOIRE						
Lot de calibration	N	7994	5996	5997	3997	5953
	Pente	1	1.01	0.99	0.99	1.01
	R ²	0.8	0.84	0.86	0.95	0.84
	SEC	0.68	3.93	8.02	4.71	0.03
	Biais	0.005	-0.03	0.07	-0.08	-0.001
	Gamme	0.4 - 15.8	0.03 - 68.40	0.4 - 87.8	0.2 - 91.4	0.02 - 0.92
Lot de validation	N	4067	3163	3163	1570	2660
	Pente	0.95	1.01	0.98	1.00	1.03
	R ²	0.8	0.81	0.8	0.93	0.8
	SEP	0.63	4.14	9.15	5.01	0.04
	Biais	-0.079	-0.26	0.8	0.135	-0.003
	RPD	2.09	2.29	2.21	3.87	2.18

		TERRAIN				
Lot de calibration	N	619	634	638	639	639
	Pente	1	1	1	1	1
	R ²	0.88	0.90	0.91	0.98	0.89
	SEC	0.31	2.80	5.55	3.07	0.02
	Biais	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Gamme	0.91-4.91	1.92-44.27	6.5-84.4	0-82.6	0.05-0.383
Lot de validation	N	313	311	319	318	318
	Pente	1	1.01	0.87	0.94	0.97
	R ²	0.84	0.87	0.75	0.96	0.80
	SEP	0.39	3.28	8.73	4.17	0.03
	Biais	0.01	-0.08	-0.85	-0.52	0.00
	RPD	2.38	2.69	2.05	4.73	2.1

Tableau 1 – Performances des calibrations de laboratoire et de terrain

Le tableau 1 regroupe les performances des meilleurs modèles pour le laboratoire et le terrain. Dans le cas des sols, la SPIR est considérée comme fiable lorsque le RPD est compris entre 1.75 et 3, et très fiable au-delà de 3. Dans cette étude, les RPD sont en accord avec les résultats de la littérature mais avec une population de taille et de variabilité plus importantes. De plus, les erreurs de mesure sont sensiblement identiques entre le laboratoire et le terrain. La SPIR peut donc être utilisée directement au champ sur des prélèvements frais, et notamment pour cartographier une parcelle.

J-P. Gras, B.G. Barthès, B. Mahaut, S. Trupin, Best practices for obtaining and processing field visible and near infrared (VNIR) spectra of topsoils, *Geoderma* 214–215 (2014) 126–134

S.TRUPIN-
MAUDEMAIN



Doctorat en Instrumentation et Analyses Avancées, Université des Sciences et Technologies de Lille 1, Laboratoire de Spectrochimie Infrarouge et Raman (LASIR), caractérisation en ligne de films plastiques par spectroscopie proche infrarouge

Diplôme d'Etudes Approfondies en Instrumentation et Analyses Avancées, Université des Sciences et Technologies de Lille 1

Ingénieur en Instrumentation Scientifique, Polytech'Lille (ex EUDIL)

Ingénieur d'études à ARVALIS-Institut du végétal (Responsable du secteur « analyses chimiques et spectroscopie proche infrarouge ») depuis 2007

F.AMMARI



Thèse de doctorat en Sciences Biologiques, AgoParisTech, Etude de l'effet du chauffage sur la stabilité des huiles végétales.

Master M2 en Sciences de l'Environnement, Institut National de Recherches et d'Analyses Physico-chimiques (INRAP), Tunisie

Post-doctorat sur le traitement de données analytiques et environnementales en archéologie, Université Bordeaux-Montaigne.

Post-doctorat sur la caractérisation de la matière organique du sol par spectroscopie de fluorescence frontale 3D et par imagerie hyperspectrale de fluorescence, IRSTEA, Montpellier

Ingénieur d'études à ARVALIS-Institut du végétal sur la spectroscopie proche infrarouge et la chimiométrie depuis 2016

A.
CROGUENNOC

Master Optimisation des Protocoles Expérimentaux, UBO, Brest

Master Sciences Chimiques de l'Environnement Marin, IUEM, Brest

Ingénieur d'études à ARVALIS-Institut du végétal sur la spectroscopie proche infrarouge et la chimiométrie appliquées au sol (CDD 2014–2015)

B.MAHAUT



DUT Industries Alimentaires

Ingénieur d'études à ARVALIS-Institut du végétal (Responsable du Pôle Analytique) depuis 1979