



Application Note AN-NIR-131

Analyse NIRS des fourrages

Détermination multiparamétrique en quelques secondes

Les fourrages sont des plantes ou des parties de plantes consommées par le bétail et la faune sauvage. Les fourrages fournissent du volume, aident à maintenir le poids et combattent plusieurs problèmes [1]. Le fourrage de luzerne est riche en protéines et convient parfaitement pour favoriser la masse musculaire des bovins de boucherie ou pour augmenter la production des vaches laitières. [2]. La luzerne est également couramment utilisée pour l'alimentation des chevaux. Ces animaux ont besoin de fourrages ayant une bonne appétence ainsi qu'une digestibilité, un potentiel d'ingestion et une teneur en protéines élevés, ce qui accroît la demande de luzerne et d'autres aliments de haute qualité. Les agriculteurs ont réagi en produisant une luzerne de qualité encore

plus élevée au cours des dernières années. Étant donné que la qualité des fourrages dépend de leurs propriétés chimiques, biologiques et dynamiques, il convient d'utiliser à la fois des méthodes mesurées et des méthodes calculées. Les analyses standard de la luzerne mesurent les fibres détergentes neutres (NDF), les fibres détergentes acides (ADF), les protéines brutes (CP), les cendres, l'humidité et les protéines. Pour les granulés de luzerne, la taille moyenne des particules est également importante. La spectroscopie dans le proche infrarouge (NIRS) permet une **prédiction rapide et fiable** de la matière grasse, de l'humidité, des protéines brutes, des fibres, des cendres et de l'amidon en quelques secondes et sans préparation de l'échantillon.

MATÉRIEL EXPÉRIMENTAL

Des échantillons de luzerne (y compris de la luzerne fraîche, des boulettes de luzerne et des cubes de luzerne) ont été analysés sur un analyseur NIR Metrohm. Toutes les mesures ont été effectuées en mode réflexion à l'aide de la grande coupelle. Les échantillons ont été mesurés en rotation afin de collecter des données spectrales sur plusieurs zones. Le calcul de la moyenne spectrale des signaux

provenant de plusieurs zones a permis de réduire l'inhomogénéité de l'échantillon.

Les valeurs de référence ont été mesurées conformément aux normes ISO décrites à la fin de cette note d'application. Le logiciel Metrohm a été utilisé pour l'acquisition des données et le développement du modèle de prédiction.

RÉSULTAT

Les spectres NIR obtenus (**figure 2**) ont été utilisés pour créer un modèle de prédiction pour la quantification des matières grasses, de l'humidité, des protéines brutes, des fibres, des cendres et de l'amidon dans la luzerne. La qualité des modèles de prédiction a été évaluée à l'aide de diagrammes de corrélation (**figures 2 à 5**) qui montrent une très forte

corrélation entre la prédiction NIR et les valeurs de référence. Les figures de mérite respectives (FOM) indiquent la précision attendue d'une prédiction lors de l'analyse de routine de différentes variations d'aliments pour animaux à base de luzerne (**tableaux 1-3**).

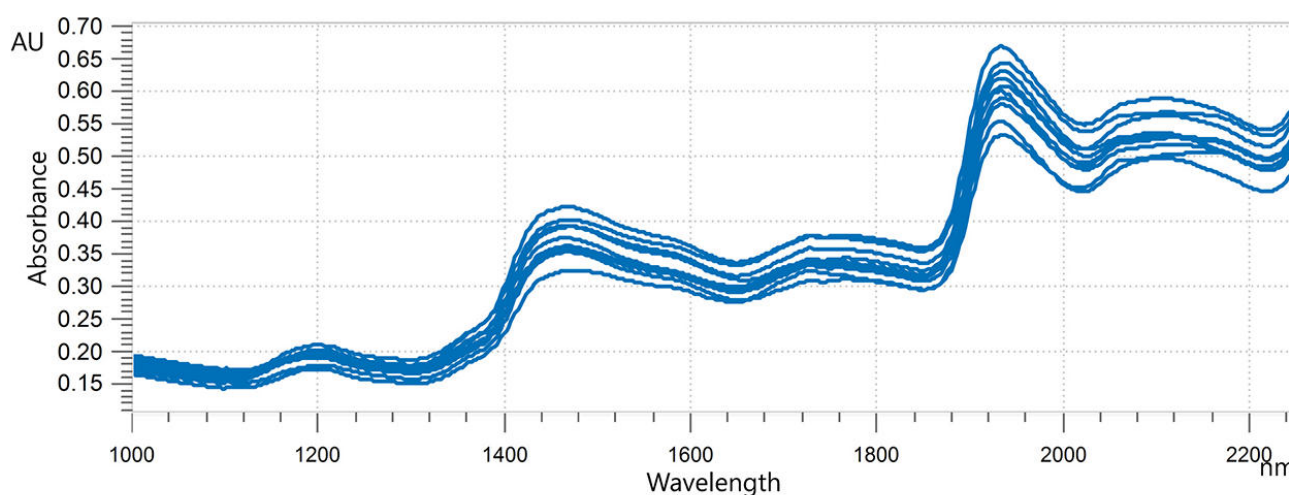


Figure 1. Spectres NIR d'échantillons de luzerne analysés sur un analyseur NIR Metrohm.

Résultat teneur en protéines

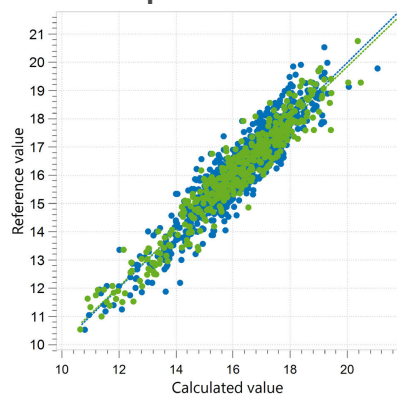


Figure 2. Diagramme de corrélation et figures de mérite respectives pour la prédiction de la teneur en protéines des granulés de luzerne.

R^2	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)
0.922	0.5	0.52	0.52

Résultat teneur en eau

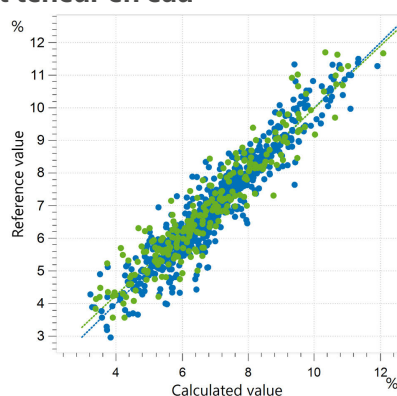


Figure 3. Diagramme de corrélation et figures de mérite respectives pour la prédiction de la teneur en eau des granulés de luzerne.

R^2	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)
0.893	0.50	0.50	0.60

Résultat Contenu de l'ADF

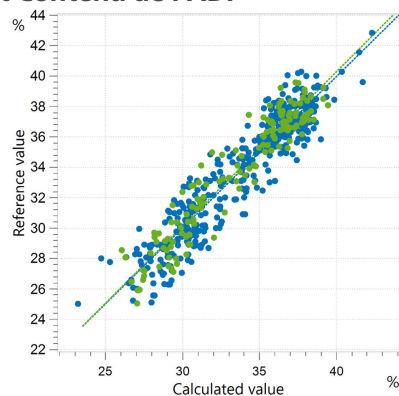


Figure 4. Diagramme de corrélation et figures de mérite respectives pour la prédiction de la teneur en fibres détergentes acides (ADF) dans les granulés de luzerne.

R^2	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)
0.906	1.27	1.32	1.22

Résultat Teneur en NDF

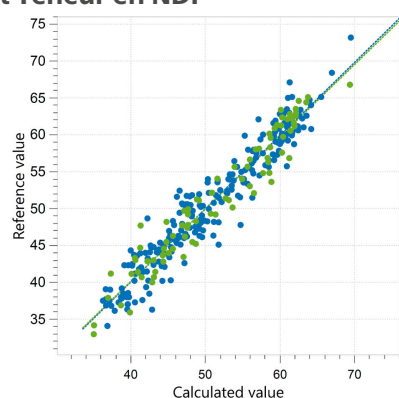


Figure 5. Diagramme de corrélation et figures de mérite respectives pour la prédiction de la teneur en fibres neutres détergentes (NDF) dans les granulés de luzerne.

R^2	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)
0.935	2.02	2.24	2.16

Figures de mérite

Les tableaux suivants présentent les figures de mérite des modèles de prédiction des granulés de luzerne

(tableau 1), des cubes de luzerne (tableau 2) et de la luzerne fraîche (tableau 3).

Tableau 1. Chiffres de mérite pour la prédiction des fibres, de l'humidité, des protéines brutes, des fibres détergentes acides (ADF), des fibres détergentes neutres (NDF), des cendres et de la taille moyenne des particules (MPS) dans les granulés de luzerne.

Paramètre (Gamme)	N° Spectra	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)	R ²
Fibre (18–35%)	385	1.24	1.35	1.34	0.714
Humidité (16–34%)	976	0.50	0.50	0.60	0.893
Protéines brutes (10–21%)	1577	0.51	0.52	0.52	0.922
ADF (23–43%)	633	1.27	1.32	1.22	0.906
NDF (33–73%)	336	2.02	2.24	2.16	0.935
Frêne (7–17%)	216	0.78	0.86	0.81	0.723
MPS (14–23 mm)	43	0.40	0.47	N/A	0.888

Tableau 2. Chiffres de mérite pour la prédiction des cendres, des fibres, des protéines, de l'humidité, des fibres détergentes neutres (NDF) et des fibres détergentes acides (ADF) dans les cubes de luzerne.

Paramètres (Gamme)	N° Spectra	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)	R ²
Frêne (8–14%)	72/23	0.33	0.36	0.30	0.887
Fibre (20–37%)	86/27	1.38	1.63	1.48	0.758
Protéine (10–21%)	101/34	0.58	0.63	0.65	0.857
Humidité (10–20%)	87/28	0.23	0.30	0.29	0.974
NDF (34–56%)	96/22	1.73	2.11	1.44	0.918
ADF (25–43%)	102/35	1.38	1.65	1.44	0.837

Tableau 3. Chiffres de mérite pour la prédiction des fibres, de l'humidité et des protéines brutes dans la luzerne fraîche.

Paramètres (Gamme)	N° Spectra	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)	R ²
Fibre (18–35%)	385	1.24	1.35	1.34	0.714
Humidité (16–34%)	976	0.50	0.50	0.60	0.893
Protéines brutes (10–21%)	1577	0.51	0.52	0.52	0.922

CONCLUSION

Cette note d'application démontre qu'il est possible de déterminer plusieurs paramètres clés du fourrage de luzerne à l'aide de la spectroscopie proche infrarouge. Plusieurs méthodes analytiques sont généralement nécessaires pour mesurer les

principaux paramètres de qualité du fourrage (tableau 4). L'analyse du fourrage par spectroscopie NIRS constitue une alternative très précise, rentable et rapide.

Tableau 4. Aperçu des normes ISO utilisées pour déterminer les valeurs de référence des différents paramètres des échantillons de luzerne.

Paramètres	Méthode
Amidon	ISO 6493:2000 Aliments pour animaux - Détermination de la teneur en amidon - Méthode polarimétrique
Cendres brutes	ISO 5984:2022 Aliments pour animaux - Détermination des cendres brutes
Fibre brute	ISO 6865:2000 Aliments pour animaux - Détermination de la teneur en cellulose brute - Méthode par filtration intermédiaire
Protéines brutes	ISO 5983-1:2005 Aliments pour animaux - Détermination de la teneur en azote et calcul de la teneur en protéines brutes - Partie 1 : Méthode Kjeldahl
Humidité	ISO 6496:1999 Aliments pour animaux - Détermination de la teneur en humidité et autres matières volatiles
Graisse	ISO 6492:1999 Aliments pour animaux - Détermination de la teneur en matières grasses

REFERENCES

1. Saracen Horse Feeds. *The Importance of Forage*. Saracen Horse Feeds.
<https://saracenhorsefeeds.com/sports/feeding-the-ex-racehorse/the-importance-of-forage>
(accessed 2025-07-09).
2. Douliere Hay France. *Alfalfa Hay - Lucerne hay for beef and dairy cow, sheep, goat, broodmare and chicken*.
<https://doulierehayfrance.com/en/produit/alfalfa-hay/> (accessed 2025-07-09).

CONTACT

Metrohm Suisse SA
Industriestrasse 13
4800 Zofingen

info@metrohm.ch

