

# **La spectrométrie infrarouge au service de l'élevage**

*P. Dardenne, Inspecteur général scientifique, Chef de Département,  
Département Valorisation des productions, CRA-W*

## **Introduction**

Cet exposé se propose de présenter brièvement les applications de la spectrométrie infrarouge dans le contexte de l'élevage, depuis la production primaire jusqu'aux produits finis en passant par la production proprement dite. Depuis les premiers travaux du Pr. J.S. Shenk en 1976 sur la qualité des fourrages, les applications agronomiques de la spectroscopie dans le proche infrarouge (NIRS - *Near InfraRed Spectroscopy*) se sont largement développées ; sols, rations, viande et produits carnés, lait et produits dérivés, effluents, composts, ... La plupart des matrices impliquées dans la chaîne de production en élevage a fait l'objet d'études en spectrométrie infrarouge et le CRA-W y a largement contribué.

Les caractéristiques principales de l'infrarouge sont la simplicité de mise en œuvre et le faible coût par analyse. La technique apporte donc une aide précieuse dans la gestion des ressources et dans le management des élevages.

## **La théorie de l'infrarouge**

Les plages des longueurs d'ondes utilisées en spectrométrie infrarouge se situent entre 800 et 2500 nanomètres pour le proche infrarouge (NIR – *Near InfraRed*) et de 2500 à 11000 pour l'infrarouge moyen (MIR – *Mid InfraRed*) (en nombre d'ondes / cm respectivement, 12 500 – 4000 cm<sup>-1</sup> et 4000 – 900 cm<sup>-1</sup>).

Les absorptions fondamentales des binômes moléculaires sont observées dans le moyen infrarouge tandis que les combinaisons et les harmoniques de ces absorptions sont observées dans le proche infrarouge. Les coefficients d'extinction pour une terminaison chimique donnée sont croissants avec la longueur d'onde. En pratique, cela signifie des passages optiques très faibles pour le moyen infrarouge (quelques dizaines de microns) jusqu'à plusieurs centimètres dans le proche infrarouge (800-1100 nm). Le moyen infrarouge vu la faible quantité de matière analysée est parfaitement adapté pour les liquides homogènes (lait, vin, bière, ...). Le proche infrarouge sera plus polyvalent pour des matrices hétérogènes (sols, graines, fourrages, fromages, ...).

Le principe de base de l'utilisation de l'information spectrale est le développement de modèles empiriques d'étalonnage. Il s'agit d'analyser de plusieurs dizaines à plusieurs centaines d'échantillons par des méthodes de référence. Les techniques de régression sont nombreuses mais en général font appel à un modèle multilinéaire qui fait le lien entre les valeurs de référence et les données spectrales. Si une analyse de routine est rapide et peu coûteuse, les analyses de référence constituent le coût principal. Un modèle d'étalonnage est développé pour chaque type de matrices et chaque constituant au sein de ces matrices.

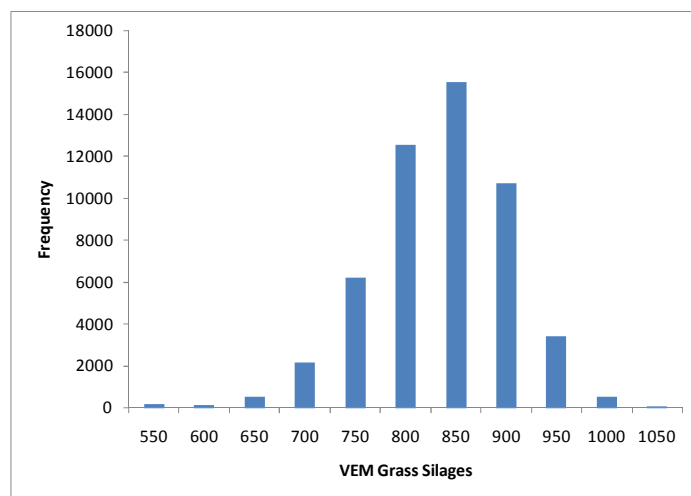
Les premiers instruments faisaient appel à des filtres interférentiels. Les instruments modernes génèrent un spectre complet (>1000 points de mesure). Les instruments, dispersif ou interféromètre (FT – *Fourier Transform*), sont actuellement robustes avec une bonne stabilité et ont profité des progrès de la miniaturisation en électronique. Le temps d'acquisition des spectres est de l'ordre de quelques secondes à une minute.

Le CRA-W a démarré des recherches en spectrométrie proche infrarouge dès 1979 quand Robert Biston, chef de travaux à la station de Haute Belgique à Libramont, a acquis un des premiers instruments en Europe. Depuis, le CRA-W n'a cessé de développer la technologie et les applications.

## Applications de l'IR et élevage

De l'amont vers l'aval, les techniques IR sont utilisées à différents stades de la production. En début de chaîne, plusieurs caractéristiques des sols sont aujourd'hui déterminées par NIRS. En collaboration avec l'unité de pédologie de GxABT (Gembloux Agro-Bio Tech), les laboratoires du réseau Requasud disposent des étalonnages pour le carbone total, l'azote organique, la CEC et le pourcentage d'argile.

La connaissance de la qualité des prairies, des foins et des ensilages d'herbes et de maïs est importante afin de calculer au plus juste les rations des animaux d'élevage. Le réseau Requasud utilise le NIR depuis 20 ans maintenant pour l'analyse des fourrages. Plus la variabilité du matériel est grande, plus il y a intérêt à en connaître sa valeur alimentaire. L'histogramme de la figure 1 montre la dispersion des valeurs VEM pour 50 000 analyses d'ensilages d'herbe réalisées par le réseau Requasud. La précision NIR est de +/- 30 VEM et sur une plage de 500 à 1000 permet donc de se faire une bonne idée de la valeur alimentaire d'un lot.



**Figure 1. Histogramme des valeurs de VEM pour 50 000 analyses d'ensilage d'herbe et de foin en Région wallonne.**

L'alimentation des bovins dans nos systèmes extensifs nécessite des compléments énergétiques et azotés. Les céréales, les aliments et leurs ingrédients sont analysés par NIRS depuis de nombreuses années. Dans ce cas, l'emploi de la méthode NIR est généralisé depuis plus de 20 ans parmi les fabricants d'aliments. Le département VP dispose de plus de 120 000 spectres de référence permettant de couvrir la quasi-totalité des ingrédients disponibles.

Une application IR, liée à l'alimentation des bovins provient des travaux de Virginie Decruyenaere (DPF-CRA-W) sur l'ingestion et la digestibilité des fourrages. Dans une publication récente, il est démontré la potentiel du NIR pour déterminer, à partir du spectre des fèces, non seulement la digestibilité du fourrage ingéré mais la quantité ingérée. Ces

éléments intégrés dans des applications à mettre en routine sur le terrain constitueraient certainement un outil précieux de gestion des troupeaux et des parcelles.

Un produit particulier, les farines de viandes, déchets des abattoirs, constituent aussi une matière première. Bien qu'interdites pour les animaux d'élevage suite à la BSE (*Bovine spongiform encephalopathy*), elles sont utilisées pour le pet food. L'Union Européenne étudie cependant la possibilité de les réintroduire dans l'élevage sous certaines conditions. L'infrarouge intervient à ce stade pour déceler la présence de contamination et le CRA-W détient une accréditation pour la détection de farines animales dans les aliments en utilisant la microscopie dans le proche infrarouge. Dans ce cadre le département Valorisation des Productions (DVP) a été désigné comme Laboratoire de Référence communautaire (CRL) pour les protéines animales. La mission du CRL est d'assurer en cette matière une assistance scientifique pour la détection des protéines animales, la formation et l'évaluation des laboratoires nationaux des 27 pays membres.

Le lait constitue un domaine de recherche des plus importants. Le département VP, anciennement Station laitière du CRA, est chargé dans le programme « Guidance » d'assurer un appui scientifique aux organismes interprofessionnels (OI) d'analyse de lait. Comme le lait est payé notamment sur base de sa composition qui varie en fonction des taux de protéines et de matières grasses, il s'agit d'étalonner et de vérifier en permanence la justesse et la précision des déterminations réalisées par MIR au niveau des OI. Outre ces 2 paramètres, le MIR fournit, à des cadences de 400 échantillons/heure, le pH, l'indice de lipolyse et les teneurs en lactose et urée.

Une collaboration avec l'unité de Zootechnie de GxABT (Dr H. Soyeurt), le comité de lait de Battice et l'AWE a permis de développer des étalonnages pour l'estimation du profil en acides gras des laits crus. Actuellement plus de 600 échantillons de lait de vache individualisés récoltés en Wallonie, mais aussi à l'étranger, ont fait l'objet d'analyses de référence par chromatographie en phase gazeuse. Les données fournies par FT-MIR permettent d'envisager de nouvelles recherches, notamment dans le domaine de l'alimentation animale et de la nutrition (effet « santé » des acides gras poly-insaturés). Elles sont aussi utilisées en génétique animale par les chercheurs de l'unité de Zootechnie.

Soutenu par la DGARNE-Direction de la Recherche, le département VP a actuellement en cours 2 projets centrés sur le lait. Le projet MILKINIR vise à mettre en place un analyseur de lait en salle de traite afin de suivre individuellement la lactation des animaux. Les contraintes de vitesse d'analyse et de coût des instruments constituent un réel challenge. Le second projet METHAMILK tente de mettre en relation les caractéristiques du lait et la production de méthane. Dans la problématique des gaz à effet de serre, cette étude pourrait conduire à l'élaboration d'indices intéressants.

Outre le lait, les produits dérivés (beurre, fromages, yaourts, ... ) ont fait l'objet d'étalonnage en NIR. Les échantillons proviennent de projets INTEREG et de collaboration avec l'Unité de Technologie de Industries alimentaires (UTIA – GxABT). Les constituants majeurs sont considérés : eau, protéines et matières grasses. De nombreuses publications font également état de l'utilisation du NIR pour le suivi du caillé lors de la fabrication, le suivi de la maturation et même l'estimation de la durée de conservation de fromages.

La viande et les produits de viande sont l'objet d'analyse par NIR. Les constituants majeurs, teneur en eau, protéines et matières grasses sont accessibles. Les critères organoleptiques sont plus difficiles à appréhender et les résultats de la littérature sont mitigés.

Dans ce cadre, les échantillons constituant les bases de données proviennent de collaboration avec l'Unité TIAA et des partenaires de Réquasud. Que ce soit pour les fromages ou les viandes, des études publiées rapportent la faisabilité du NIR pour garantir l'authenticité des produits (AOP, IGP et STG).

Toujours dans le cadre du réseau Réquasud, la modélisation des effluents d'élevage est en cours de développement avec l'UCL-Centre de Michamps. Une analyse rapide par NIR donne une estimation de la valeur fertilisante des lisiers et fumiers, nettement plus précise qu'une simple mesure de volumes accompagnée de valeurs moyennes en nutriments.

Un projet DGTRE-PSPc (Power System Production company) a pour but de suivre par NIRS le processus de biométhanisation par l'analyse on-line du contenu du fermenteur. La détermination des acides gras volatils par exemple devrait permettre de s'assurer du bon déroulement de la fermentation en orientant le choix des matières pour alimenter le fermenteur.

Dans le cadre de la biométhanisation, le département VP collabore avec l'institut Lippman (Luxembourg) pour déterminer par NIR le pouvoir méthanogène de différentes cultures énergétiques et résidus de cultures.

## **Conclusion**

Les techniques IR (NIR et MIR) ont un potentiel énorme en agriculture. Elles sont bien établies en laboratoires et en industrie. Elles méritent encore des développements pour les voir accéder au niveau des exploitations elles-mêmes, mais cela ne saurait tarder, vu l'abaissement des coûts de production des instruments et l'explosion des technologies de l'information. Associer un mini spectromètre de terrain et un téléphone portable permettra d'envoyer les spectres de n'importe quel produit analysé vers un serveur contenant les bases de données de référence et en temps réel les résultats d'analyse seront renvoyés vers l'utilisateur.

Les techniques infrarouge exigent des étalonnages réalisés dans des laboratoires spécialisés, mais en routine, elles sont très simples à implémenter et à utiliser. Elles constituent un outil de base pour la gestion de nos exploitations occidentales mais devraient être largement diffusées dans les programmes de coopération au développement dans les pays où les éleveurs n'ont pas accès à des laboratoires performants.