

RETOUR SUR LE COLLOQUE DIGSPIR : LE « PROCHE INFRAROUGE »... VERS UNE ALIMENTATION DE PRECISION CHEZ LES VOLAILLES

Le 22 mai 2014 à Rennes a eu lieu le colloque : « Le Proche Infrarouge... vers une alimentation de précision chez les volailles », devant un public d'une soixantaine de représentants de la filière. L'objectif était de partager les principaux résultats du projet « DigSPIR », mené de 2011 à 2014 par cinq partenaires : ARVALIS - Institut du végétal (pilote), CIRAD, INRA, ITAVI et PROVIMI, grâce au concours financier du CASDAR.

Dans ce numéro de News@lim, nous vous proposons une reprise synthétique des interventions.

Le principal enjeu pour les filières avicoles françaises est l'amélioration de leur compétitivité, entraînant la pérennité de l'activité avicole, tout en respectant l'environnement et le bien-être animal. Un des pas les plus importants à faire pour la nutrition animale est de mieux connaître la digestibilité réelle des aliments en élevage, de manière à optimiser les réponses des animaux, mais aujourd'hui les méthodes classiques ne permettent qu'une approche expérimentale, lourde et coûteuse.

L'objectif du projet « DigSPIR » est de mettre au point une nouvelle méthode d'appréciation de la digestibilité de l'aliment pour un élevage de précision permettant une meilleure adéquation entre les apports et les besoins nutritionnels. Cette méthode sera basée sur des bilans digestifs simplifiés et s'appuiera sur l'utilisation d'un outil de mesure rapide, la spectroscopie dans le proche infrarouge (SPIR). Cette nouvelle méthode permettra une plus grande souplesse dans l'acquisition des données et une plus grande pertinence vis-à-vis des conditions d'élevage.

Le développement de calibrations dans le Proche Infrarouge nécessite un grand nombre de valeurs de référence. C'est la mise en commun d'échantillons de fientes, d'aliments et de valeurs de digestibilité *in vivo* (ARVALIS, INRA, CIRAD) qui a permis de constituer une « base de données initiale ». La réalisation d'essais en station et en élevage a permis de compléter et de rendre la base plus pertinente et plus robuste dans des conditions réelles de production. Ces essais ont également permis d'approfondir la connaissance des facteurs de variation de la digestibilité.



APPORT DES NOUVELLES METHODES A LA CONNAISSANCE DES FACTEURS DE VARIATION DE LA VALEUR NUTRITIONNELLE CHEZ LE POULET

Cinq essais ont été mis en place afin d'enrichir la « base de données initiale » et de mieux comprendre la variabilité de la digestibilité des aliments. Ainsi, plus de 600 données de digestibilité de 53 aliments, sur des poulets de souche Ross PM3, mâles et femelles et à différents âges, ont été obtenues. Les mesures ont porté sur l'énergie métabolisable apparente, mais aussi sur d'autres critères moins courants comme la digestibilité de l'amidon, de la matière grasse et de la matière azotée totale. D'un point de vue méthodologique, la méthode de référence (collecte totale avec mis à jeun) a été comparée à la méthode par collecte partielle avec marqueur (TiO₂), ce qui a abouti à une corrélation des résultats entre les deux méthodes très satisfaisante, quel que soit le régime (Métayer *et al.*, 2013). La méthode de digestibilité avec marqueur permet une simplification et une flexibilité des protocoles expérimentaux (pas de mise à jeun, possibilité de plusieurs bilans digestifs successifs et de suivi des performances).

Dans ces essais, plusieurs facteurs de variation de la digestibilité des différents nutriments ont été étudiés : le profil matières premières des aliments, la nature des matières riches en protéines, l'âge et le sexe des poulets.

L'analyse statistique des données par une méthode de segmentation a permis d'identifier quelques variables explicatives de la digestibilité des aliments. Ces premiers résultats donnent des pistes intéressantes d'approfondissement, dont une partie a été publiée dans le News@lim N° 35.

Par exemple, dans un régime blé/soja, le coefficient d'utilisation digestive (CUD) de l'amidon diminue avec l'âge, le taux d'incorporation du blé, et cela d'autant plus chez les mâles que chez les femelles. Le CUD de l'azote dépend de la principale source de protéines et diminue en présence de tourteau de colza. Le CUD de la matière grasse diminue en présence de certaines huiles (acide et colza) mais augmente avec l'âge. Un effet sexe est observé mais uniquement avec

des régimes qui ont un niveau bas en énergie (mâles > femelles). Le CUD de l'énergie est plus difficile à expliquer, probablement du fait des interactions entre les différents nutriments fournisseurs d'énergie. Il diminue avec l'âge dans un régime blé/soja, mais cet effet est très corrélé à la digestibilité de l'amidon du blé utilisé. La digestibilité de l'énergie d'aliments très riches en matière grasse (> 8 %) semble également affectée.

La simplification des bilans et l'utilisation de la SPIR vont permettre d'approfondir les connaissances sur la digestibilité de tous les nutriments, sur les aliments ou les matières premières et les facteurs qui peuvent les affecter (interactions entre matières premières, stade physiologique, traitements technologiques,...).

LES EQUATIONS DE PREDICTION DE LA DIGESTIBILITE : CE QUE DONNENT LES DONNEES « DigSPIR »

La base de données issue des essais réalisés dans le cadre du projet, a été combinée à la « base de données initiale ». Cette dernière concernait 30 essais et 210 aliments. Au total, 1300 valeurs individuelles de composition chimique des aliments et des fientes, ainsi que de digestibilité de nutriments ont été regroupées. La plage totale de variation des valeurs d'énergie métabolisable (EMAn) obtenue varie de 2630 à 3550 kcal/kg MS. Les valeurs énergétiques des aliments de cette base ont été comparées aux valeurs calculées à l'aide d'équations publiées dans la littérature (CEE, 1986 ; Nascimento, 2007 et Sibbald *et al.*, 1980) à partir de leur composition chimique. Ces équations appliquées à notre base s'avèrent peu précises (R^2 entre 0,16 et 0,50 et ETR entre 196 et 618 kcal/kg MS) et elles sous-évalueraient la variabilité liée à l'animal. Le type d'animal (coq vs. poulet), les écarts analytiques et le type d'aliments présents dans la base pourraient en partie expliquer ces écarts. Par ailleurs, aucune équation n'est disponible pour prédire la digestibilité d'autres nutriments que l'énergie.

A partir de ces constats et pour valoriser la richesse de cette base, nous avons tenté d'établir quelques équations. Ainsi, une première équation de l'EMAn par régression, à partir des critères de composition chimique, donne un R^2 de 0,74 et un ETR de 104 kcal/kg MS. Une deuxième, à partir de la somme des valeurs énergétiques des constituants, donne quant à elle un R^2 de 0,69 et un ETR de 118 kcal/kg MS. Les prédictions d'autres critères (CUD amidon, MAT et MG) ne sont pas satisfaisantes, avec des R^2 qui ne dépassent pas 0,53.

Or, à même composition chimique, d'autres caractéristiques (matières premières, présentation,...) peuvent influencer sur la digestibilité des nutriments. Ainsi l'ajout d'une variable qualitative tel que le profil des aliments (base céréales ou base protéines) dans l'équation de l'EMAn a permis d'améliorer la prédiction (R^2 de 0,80 et ETR de 89 kcal/kg MS).

Cependant, la digestibilité de l'aliment résulte de l'interaction avec l'animal qui le consomme. La composition des fientes étant le premier témoin de l'utilisation des nutriments de l'aliment par l'animal, l'intégration de cette information améliore l'équation de prédiction (R^2 de 0,88 et ETR de 69 kcal/kg MS).

Figure 1 : Pouvoir prédictif des équations intégrant les caractéristiques aliments et fientes

Paramètres		EMAn	CUD (%)		
		kcal/kg MS	MAT	A	MG
R^2	Alt + F	0,88	0,94	0,96	0,90
Ecart-type résiduel	Alt + F	69	1,17	0,58	2,60
	Alt	104	3,2	2,0	6,0
Prédicteurs	Alt	EB, A, NDF	EB, A, MAT	A, NDF	MG, A
	F	EB, A, MG	MAT, A, MG	A	MAT, A, MG

A : Amidon ; Alt : Aliment ; CUD : Coefficient d'utilisation digestive ; EB : Energie brute ; EMAn : Energie métabolisable apparente corrigée pour un bilan azoté nul ; F : Fientes ; MAT : Matière azotée totale ; MG : Matière grasse

DU LABORATOIRE A L'ELEVAGE, LA SPECTROMETRIE DANS LE PROCHE INFRA-ROUGE, UN OUTIL PROMETTEUR.

Bien qu'il soit important de mesurer *in vivo* la valeur intrinsèque de l'aliment dans des conditions standardisées, il est néanmoins nécessaire d'intégrer des facteurs de variation liés à l'utilisation réelle en élevage pour rendre ces mesures applicables à un pilotage de l'alimentation des animaux.

La mesure par spectrométrie dans le proche infra-rouge (SPIR) est une mesure rapide, économique (même si l'investissement matériel est important) et non destructive. Basée sur l'absorption de la lumière (infrarouge) par les liaisons chimiques organiques. Le spectre contient de nombreuses informations, et représente une « photographie » de l'échantillon avec des « couleurs » infrarouge. Un spectre est donc propre à la nature de l'échantillon.

Le développement des calibrations se fait à l'aide de mesures de référence mises en relation avec les spectres d'absorption à différentes longueurs d'ondes (comprises entre 800 et 2400 nm) et la qualité de la calibration est évaluée par le R^2 et l'erreur de prédiction. La SPIR est déjà utilisée en alimentation animale chez les fabricants d'aliments ou les firmes services pour caractériser les matières premières (composition, conformité,...) et les aliments (contrôle qualité et process). Les calibrations utilisées sont celles qu'ils ont développées et qu'ils détiennent en propre. Il existe aussi des réseaux de surveillance et de partage, ainsi que des calibrations commerciales... Par contre, aucune calibration n'est disponible pour le moment dans le domaine public.

La SPIR permet de mesurer les constituants effectivement présents dans l'aliment. Cependant, certains additifs, tels que les enzymes, incorporés en faibles proportions dans l'aliment auront peu d'effet sur les spectres des aliments alors qu'ils peuvent avoir un impact important sur la digestibilité de l'aliment. C'est pourquoi, utiliser cet outil pour mieux connaître l'information contenue dans les fientes, résidu final de la digestion, était un des objectifs de ce projet.

Les fientes du projet DigSPIR étaient principalement lyophilisées. Par souci de simplification et d'application sur le terrain, des fientes séchées à l'étuve et aussi des fientes non séchées ont été intégrées peu à peu dans la base spectrale.

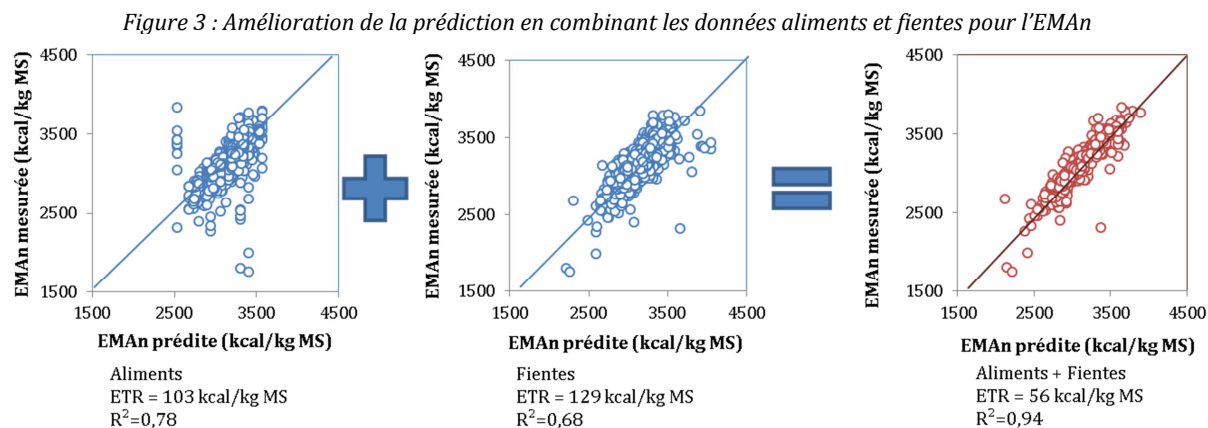
Figure 2 : Prédiction par SPIR de la composition des fientes

Paramètres (kcal/kg MS ou % MS)	Moyenne	E.T.	Erreur SPIR	R ²
Energie brute	4100	310	43	0,98
Azote total	5,1	1,2	0,3	0,96
Acide urique	8,3	3,2	0,8	0,95
Amidon	8,4	7,5	0,6	0,99
Matières grasses	6,2	3,8	0,5	0,99

L'utilisation de la SPIR dans l'analyse de la composition chimique des fientes est utile dans les études de digestibilité afin de simplifier le travail analytique. La figure 2 montre la composition moyenne et la variabilité des différents critères mesurés dans les fientes. Les prédictions des composants des fientes sont très bien corrélées avec les valeurs de référence, et en particulier pour l'énergie brute, l'amidon ou l'azote total. Ces mesures en élevage pourraient servir comme indicateurs de la digestibilité des aliments mais aussi pour caractériser les effluents.

La figure 3 montre que l'EMAn prédite à partir du spectre de l'aliment (gauche) donne un R² de 0,78 et une erreur de 103 kcal/kg MS. Les spectres des fientes, résidus de la digestion des aliments, contiennent aussi de l'information et donnent pour l'EMAn (centre) un R² de 0,68 avec une erreur SPIR de 129 kcal/kg MS. En combinant l'information des spectres de l'aliment et des fientes, la prédiction est largement améliorée (droite) et donne un R² de 0,94 avec une erreur SPIR de seulement 56 kcal/kg MS. L'utilisation conjointe de l'information spectrale de l'aliment et des fientes offre des perspectives intéressantes pour la prédiction de la digestibilité chez le poulet (Coulibaly *et al.*, 2013).

Pour l'énergie, la combinaison des informations contenues dans les spectres de l'aliment et des fientes permet de bien rendre compte de la digestibilité de l'aliment.



Concernant les autres nutriments (figure 4), les meilleures prédictions sont aussi obtenues avec l'analyse conjointe des spectres des aliments et des fientes, excepté pour le CUD amidon qui est prédit avec la seule information contenue dans les fientes, un R² de 0,97 et une erreur de seulement ± 0,6 point. La prédiction du CUD MAT est assez bonne avec un R² de 0,96 et une erreur de ± 1 point de CUD et c'est surtout l'information contenue dans les fientes qui permet de le prédire convenablement. La prédiction du CUD de la MG est la moins précise car malgré un R² de 0,94, l'erreur atteint ± 1,9 point.

Figure 4 : Prédiction par SPIR de la digestibilité des nutriments

Paramètres % ou kcal/kg MS	Erreur			R ²
	Alt	Fèces	Alt + Fèces	
CUD MS	2,4	2,6	1,4	0,94
EMAn	103	129	56	0,94
CUD Amidon	2,0	0,6	0,6	0,97
CUD MAT	2,3	1,5	1,0	0,96
CUD MG	4,4	4,1	1,9	0,95

Comment utiliser la SPIR en élevage ?

Pour rendre la méthode applicable sur le terrain, il faudra enrichir la base de données avec des aliments et des fientes issus de l'élevage.

Des prises de spectres sur fientes fraîches ont été réalisées en élevage avec des appareils portatifs. La teneur en eau des fientes modifie le spectre et la qualité des mesures prédites est inférieure à celles obtenues sur fientes séchées. Cette technique, non encore opérationnelle, présente des perspectives d'avenir intéressantes. Il est aussi envisageable de collecter des échantillons en élevage (aliments et fientes) qui seraient congelés puis envoyés au laboratoire pour séchage et prise de spectres.



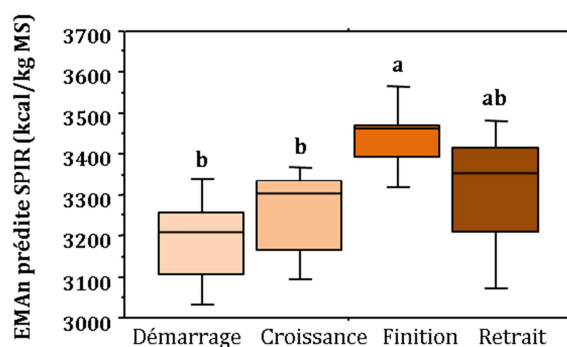
APPRECIATION DE LA DIGESTIBILITE DE L'ALIMENT EN ELEVAGE...

Dans un souci de compétitivité, un enjeu majeur en élevage est de disposer d'aliments permettant de répondre aux objectifs de performance. La spectrométrie constitue un outil supplémentaire donnant une estimation rapide de la valeur des aliments. Afin d'évaluer la faisabilité de la prédiction de la digestibilité des aliments en élevage, des mesures spectrales d'échantillons prélevés sur le terrain ont été effectuées.

Des prélèvements lors de la période de finition (entre 28 et 32 jours) ont été réalisés dans 4 élevages avec 2 organisations de production (2 aliments différents). Des mesures par SPIR ont été réalisées sur aliments et sur fientes fraîches (sur place) puis séchées. Les estimations des CUD amidon, azote et matière grasse obtenues par SPIR sont cohérentes avec les mesures faites par bilan digestif classique en station expérimentale sur les mêmes aliments. Par contre, les valeurs énergétiques semblent, pour la plupart, surestimées en élevage. La mise en évidence de « différences » entre élevages semble envisageable. Il est cependant nécessaire d'acquérir plus de données liées à des aliments terrain pour améliorer la robustesse de la base de données.

Dans un second temps, des mesures similaires ont été faites sur deux lots d'animaux de 4 élevages pendant toute la période d'élevage (aliments démarrage, croissance, finition et retrait). Les performances ont été mesurées ainsi que les signes de pododermatites. Les IC et GMQ sont d'autant plus dégradés que les pododermatites augmentent. Les valeurs de digestibilité prédites par SPIR sont assez variables (figure 5) et ne permettent pas, pour la matière grasse et l'azote, de différencier les phases d'élevage, contrairement à la digestibilité de l'amidon et l'énergie. Ces résultats préliminaires sont encourageants, mais montrent le besoin d'enrichir la base de calibration avec des échantillons « terrain ».

Figure 5 : Valeurs d'EMAn des aliments par phase d'élevage prédites par SPIR



L'ANALYSE DES FIENTES AU PROCHE INFRA-ROUGE : UN OUTIL DE TERRAIN POUR MIEUX CONNAITRE LA QUALITE DES LITIÈRES

Certaines conditions d'élevage peuvent engendrer des apports d'humidité trop importants. Dans ce cas, les capacités d'évaporation peuvent être dépassées et les litières (matériel végétal, fientes, plumes et rejets alimentaires), devenir « humides ».

De nombreux paramètres peuvent influencer l'humidité des litières : déficiences des systèmes d'abreuvement, de ventilation et de contrôle de la température. L'aliment et les capacités digestives de l'animal peuvent aussi influencer sur l'humidité des litières. Par ailleurs, les litières humides peuvent générer des problèmes d'ambiance (odeurs, ammoniac) ou des problèmes sanitaires (pododermatites, ampoule du bréchet) avec possibilité de déclassement des carcasses aux abattoirs. La mise au point d'un protocole de collecte de fientes en élevage a permis d'étudier l'effet de différents facteurs alimentaires et zootechniques sur la composition des fientes de poulets de chair. Parmi ces facteurs, des sources et des qualités différentes de sodium ont été testées.

Quelle que soit sa source, plus il y a de sodium, plus la consommation en eau est importante et plus les fientes excrétées sont humides. Ce phénomène en accord avec la littérature est mesurable en élevage par SPIR. De même, une comparaison entre deux souches de poulets a permis de mettre en évidence une différence d'humidité ou de la teneur en matière grasse dans les fientes.



La méthodologie avec mesures par SPIR en élevage semble possible et peut être une source d'information intéressante. Cela permettrait à l'éleveur et au technicien d'élevage d'adapter le management du bâtiment selon l'état des litières. Le nutritionniste et le formulateur pourraient adapter les niveaux nutritionnels en lien avec les objectifs de performances et les risques liés aux litières.

REFERENCES

- CEE, 1986. Directive 86/174. Journal Officiel des Communautés Européennes L130, 53-54.
Coulbaly I., Métayer J.P., Chartrin P., Mahaut B., Bouvarel I., Hogrel P., Bastianelli D., 2013. 10^{èmes} Journées de la Recherche Avicole.
Métayer J.P., Lescoat P., Bastianelli D., Bouvarel I., Fournis Y., Vilariño M., 2013. 10^{èmes} Journées de la Recherche Avicole.
Nascimento G.A.J., 2007. PhD Thesis.
Sibbald I.R., Price K., Barrete J.P., 1980. Poultry Science 59, 808-811.

Justine DANIEL

D'après les communications présentées par Denis BASTIANELLI, Isabelle BOUVAREL, Yann FOURNIS, Jean-Paul MÉTAYER et Maria VILARIÑO

Comité de rédaction :

Justine DANIEL, Maria VILARIÑO

Rédaction :

Justine DANIEL

j.daniel@arvalisinstitutduvegetal.fr

Editeur :

ARVALIS - Institut du végétal

3 rue Joseph et Marie Hackin - 75116 PARIS

Tél. 01 44 31 10 00 - Fax 01 44 31 10 10