

Evaluation de la mesure rapide de l'humidité des aliments composés par hyperfréquences

1. Contexte et objectif de l'étude

En industrie de l'alimentation animale, la maîtrise des pertes d'eau au cours du processus de production (freinte) et de la conservation des produits finis au cours du stockage nécessite une connaissance en temps réel de l'humidité des produits finis.

Pour obtenir cette information, cette industrie doit disposer de méthodes de mesure rapides et simples à mettre en oeuvre. Plusieurs techniques sont théoriquement utilisables, la spectrophotométrie par réflectance dans le proche infrarouge, les méthodes capacitives, la résonance magnétique nucléaire basse résolution et la spectrométrie en hyperfréquence ou micro-onde. Les données existantes montrent que :

- les méthodes infrarouges et capacitives sont inadaptées aux produits de mélange car chaque composition entraîne l'utilisation de fonction (modèle) d'étalonnage spécifique,
- la résonance magnétique nucléaire basse résolution est bien adaptée à la mesure rapide de la teneur en eau, mais sa mise en oeuvre en milieu industriel est complexe,
- la méthode par hyperfréquences ou micro-ondes est utilisée avec succès pour doser l'humidité, dans l'industrie du tabac (Herrmann 1996), dans les fourrages (Vijendra Das 1996) et dans les aliments pour animaux familiers (Van Vliet 1997).

L'étude réalisée par Tecaliman a pour objectif d'évaluer cette dernière méthode.

2. Matériel et méthode

2.1. Collecte échantillons

Les échantillons d'aliments sont prélevés dans deux usines formulant avec deux firmes services différentes. La collecte se déroule sur une durée de 2 mois afin d'intégrer des changements de formule. Elle concerne tous les aliments, porcs, volailles et bovins commercialisés sous forme de granulés ou de miettes.

2.2. Caractérisation des échantillons

2.2.1. Méthode de référence

Le dosage de l'humidité est réalisé sur une prise d'essai de 5g, par séchage à l'étuve pendant 4 heures à 103°C. Les échantillons de granulés et de miettes sont préalablement broyés à l'aide d'un broyeur refroidi par un circuit d'eau.

2.2.2. Hyperfréquence

Les essais sont réalisés à l'aide d'un appareil MW 2300 TEWS. La température des échantillons est mesurée avant leur introduction dans l'appareil de mesure par hyperfréquence. Cette mesure est effectuée à l'aide d'une sonde connectée à cet appareil.

L'échantillon est ensuite introduit, sans conditionnement préalable, dans la cavité de mesure de l'appareil et la valeur en hyperfréquence mesurée (HF).

L'ensemble de ces données est stocké dans le système informatique de l'appareil avec la référence de l'échantillon.

2.3. Etude des relations « humidité étuve/HF »

Pour constituer des groupes ou populations homogènes d'échantillons, les relations entre les humidités « étuve » et la valeur HF sont étudiées sur l'ensemble des données collectées. Cette procédure permet de réduire le nombre d'étalonnages à mettre en place pour évaluer l'humidité des aliments à partir des valeurs HF.

2.4. Constitution des gammes d'étalonnage et de validation, calcul des modèles de prédiction

Afin de constituer une gamme d'étalonnage et une gamme de validation, un tirage au sort est réalisé dans chacune des populations constituées au cours de la phase précédente.

Le traitement des données des gammes d'étalonnage permet d'établir un modèle de prédiction par population d'échantillons.

2.5. Evaluation de la méthode par hyperfréquence

Sur les différentes gammes de validation, les valeurs des humidités observées à l'étuve et calculées à l'aide du modèle de prédiction sont exploitées statistiquement : calcul du coefficient de corrélation, écart moyen entre les valeurs observées et prédites, écart type prédiction (écart type des écarts entre les deux méthodes), test de

comparaison des moyennes de deux échantillons appariés.

3. Résultats

3.1. Ensemble de la population de données

L'origine et le type d'échantillons d'aliments collectés sont présentés dans le Tableau 1.

Usine	Types de formules	Types d'aliments	Nombre de formules	Nombre de lots échantillonnés
N° 1	Porcelet, porc charcutier, truie	Granulés	17	38
	Aliments complets et complémentaires			
	Porcelet, porc charcutier, truie	Miettes	19	31
	Aliments complets et complémentaires			
N° 2	Vaches laitières complémentaires	Granulés	10	10
	Canard, poulet de chair, dindons, pondeuse	Granulés	10	11
	Reproduction, croissance, finition			

Tableau 1 : Origine et type d'aliments étudiés

La Figure 1 montre qu'il n'existe pas de relation linéaire entre l'ensemble des taux d'humidité mesurés à l'étuve et les indices d'hyperfréquence. Trois populations différentes d'échantillons peuvent cependant être isolées : granulés bovins, miettes porcs, granulés volailles et porcs granulés. Chaque population est étudiée séparément.

3.2. Granulés porcs et volailles

Les gammes d'étalonnage et de validation sont constituées à partir des 47 échantillons prélevés dans les deux usines. La gamme d'étalonnage comprend 23 échantillons, celle de validation 24 échantillons.

Une régression multilinéaire à deux variables (température et indice HF des échantillons) permet d'établir la fonction d'étalonnage ($R^2 = 0,91$).

L'étude de la gamme de validation montre qu'il existe une relation linéaire entre les valeurs prédites par hyperfréquence et les valeurs mesurées à l'étuve, dont le coefficient de corrélation R est de 0,95 (Figure 2).

L'écart moyen entre les valeurs prédites et mesurées est de -0,02 avec un écart type de 0,24.

Les différences entre les deux groupes de données ne sont pas statistiquement significatives au seuil de 0,05 (test de t de populations appariées).

3.3. Miettes porcs

Le nombre de données disponibles est plus faible que pour les aliments granulés porcs-volailles. Les gammes d'étalonnage et de validation comprennent respectivement 15 et 16 échantillons. Le coefficient de détermination de la fonction d'étalonnage est de 0,78 (R^2).

La régression linéaire effectuée sur les valeurs prédites (hyperfréquence) et mesurées (étuve) de la gamme de validation à un coefficient de corrélation de 0,80 (R).

L'écart moyen entre les valeurs prédites et mesurées est de +0,15 avec un écart type de 0,40. Les différences entre les deux groupes de données ne sont pas statistiquement significatives au seuil de 0,05 (test de t de populations appariées).

3.4. Granulés bovins

Le nombre de données ($n=10$) ne permet pas de tester la méthode par hyperfréquence. Toutefois, les quelques résultats disponibles montrent qu'il n'existe pas de relation entre les valeurs mesurées à l'étuve et les indices d'hyperfréquence.

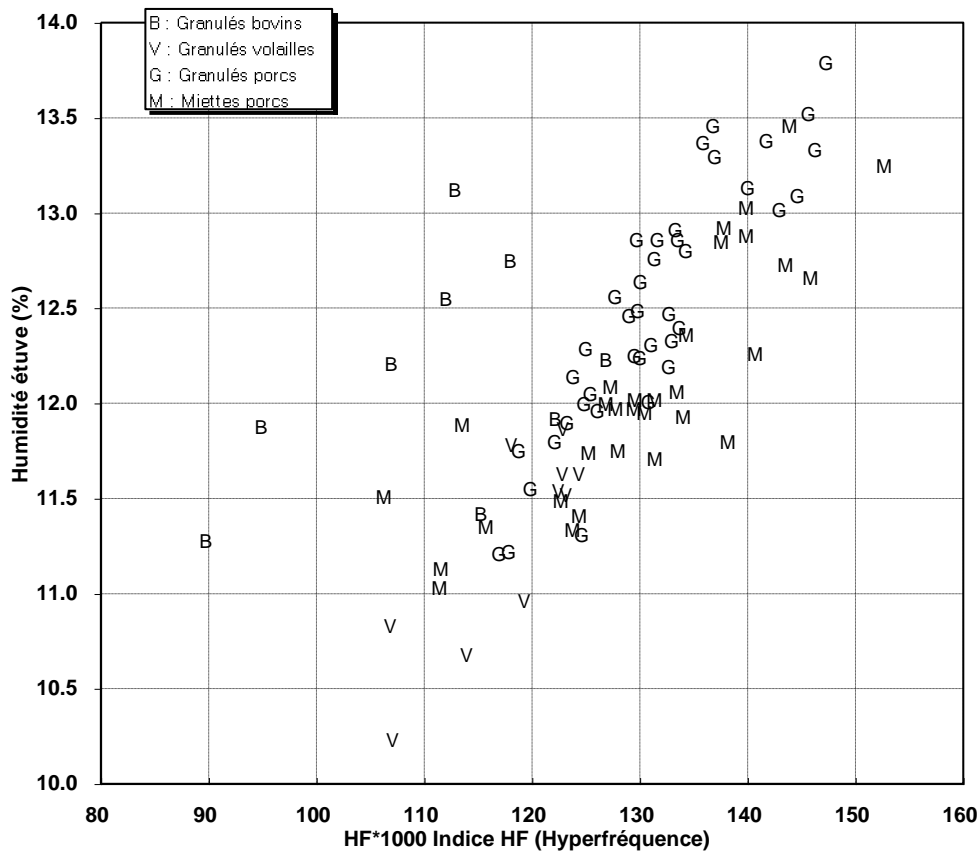


Figure 1 : Ensemble des échantillons d'aliments porcs, volailles et bovins. Humidité étuve en fonction de l'indice d'hyperfréquence

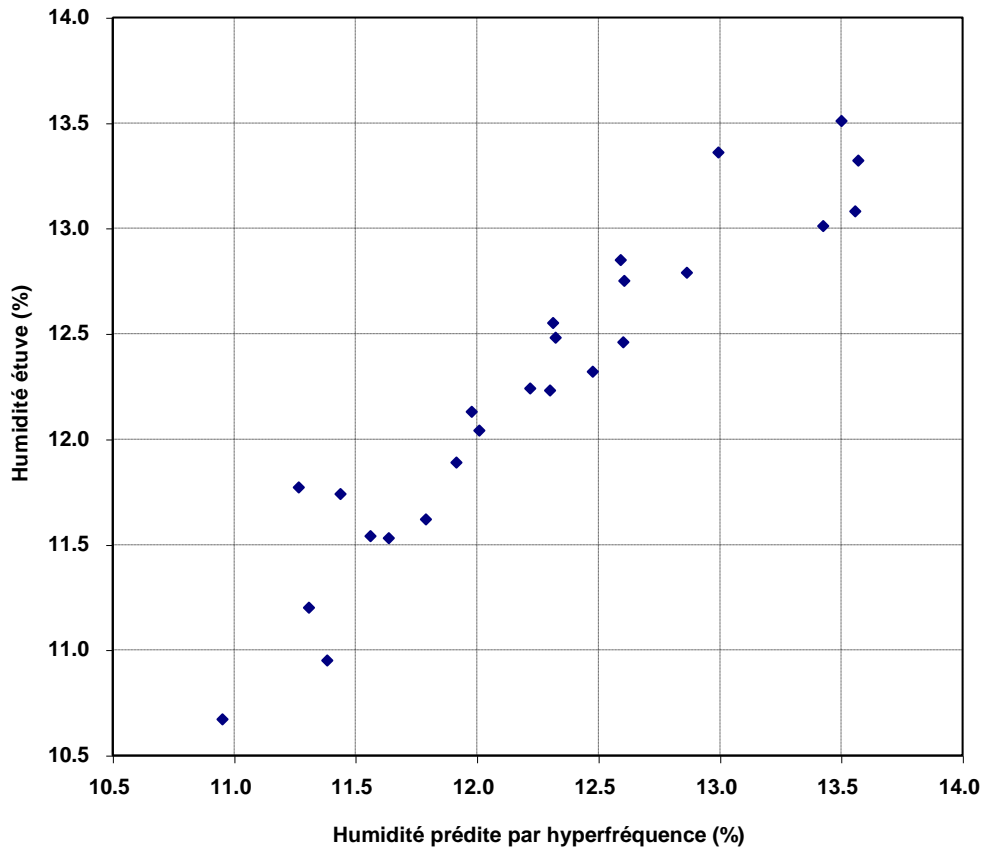


Figure 2 : Aliments granulés porcs et volailles. Humidité étuve en fonction des humidités hyperfréquences

4. Conclusion

Les résultats obtenus à TECALIMAN montrent que la méthode par hyperfréquence peut être envisagée pour prédire l'humidité d'aliments granulés destinés aux monogastriques, mais que sa généralisation aux autres types d'aliments demande à être démontrée.

Cette méthode devrait cependant présenter un intérêt pour l'industrie de l'alimentation animale car :

- elle est peu influencée par les variations de composition des aliments,
- il existe des appareils de mesure en ligne.

5. Bibliographie

Herrmann R., New Technique for Moisture and Density Measurement in Tobacco and Cigarettes, Tobacco Journal International, 2/96, 29-32, 1996

Vijendra Das, Estimation of moisture content in forage crops by microwave method, Ann. Agric. Res. 17 (4): 353-359, 1996

Van Vliet H., Fuite Genemuiden, De Molenaar, 5, 2-4, 1997