

QUALITE DES MATIERES PREMIERES DESTINEES A L'ALIMENTATION DES VOLAILLES

Résultats d'une étude en Afrique de l'Est. Perspectives pour la gestion de la variabilité des matières premières.

Bastianelli D.¹, Omaria R.E.², Bonnal L.¹, Grimaud P.^{1,3}

¹*CIRAD Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement. UR Systèmes d'élevages et produits animaux. Campus de Baillarguet. 34398 Montpellier cedex 05, France*

²*National Livestock Resources Research Institute, P.O. Box 96, Tororo, Uganda.*

³*Makerere University, Faculty of Agriculture, PO Box 7062, Kampala, Uganda*

RESUME

Une étude sur la qualité des matières premières destinées à l'alimentation des volailles a été réalisée en Ouganda et au Kenya. Plus de 600 échantillons ont été collectés et analysés pour déterminer leur composition chimique et estimer leur valeur nutritionnelle. Pour le maïs, la qualité est proche des tables de composition internationales, et la variabilité est modérée. Pour d'autres matières premières comme le son de maïs ou les farines de poisson, la qualité est très variable et éloignée des standards internationaux.

En formulation des aliments, la prise en compte de la qualité réelle des matières premières est nécessaire. Cette évaluation est facile lorsqu'un échantillon peut être affecté à une catégorie bien définie et homogène d'une table, en se basant sur son origine ou son aspect. Dans le cas contraire, une analyse doit être pratiquée. Dans le cas des farines de poisson la seule connaissance de la teneur en matières minérales (MM), facile à déterminer, permet l'affectation dans 3 classes de qualité. Pour le son de blé une analyse plus poussée (amidon, fibres) serait nécessaire. Une alternative à l'analyse chimique est l'utilisation de la spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR) qui permet d'estimer rapidement la composition d'un échantillon, ou éventuellement de le classer dans un groupe adapté.

Mots clés : *volailles ; matières premières ; contrôle de qualité ; maïs ; son de blé ; farine de poisson*

SUMMARY

A study on the quality of raw materials used in poultry feeding was conducted in Uganda and Kenya. More than 600 samples were collected and analysed for the determination of their chemical composition and estimation of their nutritive value. For maize and other cereals, the quality was close to the international feed tables and the variability was low to moderate. However, for other raw materials such as maize bran or fishmeal, the quality was highly variable and different from international standards. In feed formulation, knowledge of the real quality of raw materials is necessary. However, with the high variability of raw materials found in this study it becomes a major challenge for feed formulation. Options for managing the variability of raw materials are presented. Whereas quality assessment is straight forward when a sample of the raw material can easily be assigned to a well defined category of a feed table, based on its origin, some aspect or property, in other cases, an analysis has to be performed. In the case of fishmeal, the knowledge of just the mineral (MM) content, which is easy to measure, is sufficient to assign the sample to one of 3 quality categories. For cereal by-products, a more detailed analysis (starch, fibre) is necessary. An alternative to chemical analysis is the use of near infrared spectroscopy (NIRS) which allows estimation of the chemical composition of the sample, or classification into the right group.

Keywords : *Poultry, raw materials, quality control, maize, wheat bran, fishmeal.*

I – INTRODUCTION

La formulation d'aliments composés nécessite la connaissance de la composition et de la valeur nutritionnelle des ingrédients utilisés. L'enjeu est technique – formuler un aliment correspondant aux besoins des animaux – mais également économique puisqu'une mauvaise appréciation de la valeur des ingrédients ne permet pas de réaliser une optimisation correcte de la formule (Picard et Leòn, 1990).

Les matières premières utilisées en alimentation animale en Afrique proviennent pour partie du marché international et pour partie d'une production locale (nationale, régionale). Les matières premières internationales importées en Afrique sont relativement peu nombreuses, l'essentiel étant constitué par le maïs et le soja, ainsi que le blé destiné à l'alimentation humaine dont les sous produits sont disponibles pour l'alimentation animale.

Ces matières premières internationales sont relativement standardisées et leur composition est généralement assez bien connue par les tables d'alimentation disponibles dans la plupart des pays industrialisés (INRA-AFZ 2004, CVB 2004, etc.). Leur composition n'est toutefois pas constante et sa variation peut avoir des conséquences non négligeables sur la formulation.

Dans les tables INRA-AFZ (2004) par exemple, l'écart type de la teneur en protéines du maïs (sur n=2634 observations) est de 0.7, soit un coefficient de variation de 7.8%.

Au niveau national ou local, les matières premières disponibles peuvent être sensiblement différentes des standards internationaux. Par exemple les tourteaux sont souvent obtenus par pression, et conservent donc des teneurs en huile bien supérieures aux tourteaux obtenus par solvant, leur conférant une valeur énergétique plus haute. *A contrario* certaines matières premières peuvent être plus riches en fibres, ou plus faibles en matières azotées totales (MAT), etc. Dans ces cas, il est important de prendre en considération une valeur adaptée et de ne pas se fier aux standards internationaux qui ne correspondent pas à la réalité de terrain. Mais dans certains cas les références locales sont relativement rares et parfois peu fiables car anciennes (Mongodin et Rivière, 1965 ; Toury et al. 1967) ou correspondant à des échantillons mal décrits. Un problème associé est celui de la variabilité des produits, d'autant plus importante que les conditions de culture (variétés, pratiques culturales) et technologiques sont variées. Or les sous produits agro-industriels proviennent souvent de petites unités de production, avec une variabilité dans le temps entre les unités.

Il est donc particulièrement important de pouvoir établir si les matières premières disponibles localement sont standard ou non, et dans le cas de matières premières non typiques de proposer des valeurs adaptées. L'étude doit aussi permettre de définir pour chaque matière première son niveau de variabilité. On peut ainsi mettre en œuvre des pratiques de surveillance de la qualité qui limitent le risque d'erreur en formulation.

L'étude présentée ici a été réalisée de 2004 à 2007 au Kenya et en Ouganda. Elle a été réalisée à la suite d'une étude sur la qualité des aliments pour volailles dans 7 pays d'Afrique de l'Est (Bastianelli et al. 2005) qui avait montré leur faible qualité et leur grande variabilité, attribuables pour partie à la méconnaissance des matières premières pour la formulation. L'objectif était de proposer des valeurs pertinentes pour les matières premières disponibles localement, et des méthodes de gestion de la variabilité. Une première table d'alimentation a été produite au Kenya (CIRAD, 2006) et une autre est en cours de publication en Ouganda.

II - MATERIELS ET METHODES

2.1 ORIGINE DES ECHANTILLONS

Les échantillons de cette étude ont été collectés au Kenya et en Ouganda en 2005 et 2006. Dans les deux pays, la collecte a été organisée de manière à couvrir la plus grande part possible de la variabilité liée aux saisons, aux fournisseurs, aux origines et aux dénominations de matières premières.

Un total de près de 600 échantillons a été récupéré, couvrant les catégories suivantes :

- Céréales (maïs, blé, riz, millet, sorgho)
- Sous produits de céréales
- Tourteaux (coton, tournesol, copra, soja)
- Manioc et patate douce
- légumineuses
- Farines de poisson
- Divers : *Moringa oleifera*, tourteau de pyrèthre, minéraux

Les échantillons ont été référencés, conditionnés et envoyés au laboratoire d'alimentation du CIRAD à Montpellier (France).

La présente communication étudie les résultats du maïs, du son de maïs, des issues de blé et des farines de poisson.

2.2 ANALYSES

Les échantillons ont été broyés avec un broyeur Retsch Zm100 avec une grille de 1mm.

Les analyses pratiquées ont été la matière sèche (MS) par séchage à l'étuve, les matières minérales totales (MM) par calcination à 550°C, Les minéraux insolubles (INSCI) par attaque des MM avec HCl, les matières azotées totales (MAT) par la méthode Kjeldahl, les matières grasses (MG) par extraction à l'éther de pétrole (après hydrolyse acide le cas échéant), la cellulose brute (CB) par la méthode de Weende, l'amidon (AMI) par polarimétrie et les sucres totaux (SUC) par la méthode de Luff-Schoorl. Les méthodes employées correspondent aux normes AFNOR pour l'alimentation animale.

Le spectre de réflexion dans le proche infrarouge (SPIR) des échantillons a été acquis sur un spectromètre FOSS 6500, entre 400 et 2500nm, dans des coupelles en quartz. Chaque échantillon a été lu deux fois (2 remplissages de cellules) puis les spectres ont été moyennés.

Les résultats rapportés dans ce document sont toujours exprimés par rapport à la matière sèche.

III - RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 – COMPOSITION DES MATIERES PREMIERES

La composition chimique moyenne et la variabilité (coefficient de variation) de quelques matières premières est donnée au tableau I en comparaison avec des sources d'information internationales (tables INRA–AFZ 2004).

Tableau I. Composition moyenne et variabilité de quelques matières premières

		n	MS	MM	InsCl	MAT	MG	CB	Ami	Suc
Maïs	Moyenne	53	90.8	1.4	n.d	9.5	4.5	2.2	73.3	1.6
	CV		4.7	16.9	-	10.4	6.5	11.1	2.4	25.3
	INRA		86.4	1.4	-	9.4	4.3	2.5	74.2	1.9
	cv		1.4	7.9	-	8.2	10.3	17.3	2.8	29.7
Son de maïs	Moyenne	97	92.1	4.2	n.d	11.3	11.0	6.9	39.4	3.7
	cv		3.4	37.6	-	11.5	21.4	39.6	21.3	37.4
	INRA Son de maïs		87.8	6.8	-	12.3	4.1	14.6	34.1	2.5
	cv		1.8	35.0	-	21.3	36.1	28.1	30.1	31.8
Issues de blé	Moyenne	83	91.2	5.6	n.d	16.7	4.3	9.7	23.2	6.4
	cv		3.0	22.9	-	6.7	27.4	20.5	27.7	15.3
	INRA Son de blé tendre		87.1	5.7	-	17.0	3.9	10.6	22.7	7.7
	cv		1.3	10.0	-	6.1	14.7	13.0	16.2	25.4
Farine	Moyenne	91	93.1	37.0	15.1	49.8	10.9	-	-	-
De poisson	cv		2.2	43.3	97.4	32.1	39.5	-	-	-
	INRA F.P. type 62		94.3	22.1	0.3	66.4	9.8	-	-	-
	cv		2.0	12.2	62.9	2.6	20.5	-	-	-

Le maïs analysé (53 échantillons) a une valeur très proche de celui de l'INRA-AFZ (2004) : la teneur en MAT est de 9.5% contre 9.4%, la CB de 2.2% contre 2.5%. La valeur énergétique, calculée d'après les équations de Janssen (1989) serait de 3790 kcal/kg contre 3770 kcal/kg, ce qui est très voisin. De plus, il est remarquable que les coefficients de variation des différents paramètres soient assez proches entre les deux sources de données, sauf pour les matières minérales plus variables dans notre étude. Le maïs disponible au Kenya et en Ouganda est donc équivalent à celui des tables internationales. Ceci ne veut pas dire qu'il ne faille pas en contrôler la qualité, qui reste variable : l'écart type de la MAT (1%) signifie que 30% des échantillons sont à plus de 1 point de la moyenne, ce qui n'est pas négligeable pour une matière première dont le taux d'incorporation peut être élevé dans les formules alimentaires.

Le son de maïs (97 échantillons) représente les échantillons dont la désignation locale était « *maize bran* ». Il s'agit du résidu d'un décorticage humide du maïs pour consommation humaine. Les autres sous produits du maïs (germes, tourteaux, gluten ...) ont été considérés à part. La composition de ce son est très variable. Elle est très différente du produit référencé comme « son de maïs » dans les tables internationale : les teneurs en MAT et AMI sont assez comparables, mais ces produits locaux contiennent beaucoup plus de matières grasses (11.0% vs 4.1%) et moins de CB (6.9% vs 14.6%) que les valeurs INRA-AFZ. La valeur énergétique de ce produit est plus élevée que celle des tables internationales, avec une estimation à 2945kcal/kg d'après les équations de Janssen (1989). Mais la qualité du son de maïs est - comme pour celui de l'INRA - extrêmement variable avec des coefficients de variation de 20 à 40% sur la plupart des paramètres. Cela constitue un obstacle majeur à l'optimisation de

l'utilisation de cette matière première : sur nos 97 échantillons, la valeur EM varie de 2000 à 3800kcal/kg.

Les issues de blé proviennent de moulins industriels utilisant majoritairement du blé importé. Ces issues sont commercialement désignées par « *bran* » et « *pollards* » mais ces deux catégories se recouvrent et il existe un continuum complet depuis 15% jusqu'à 43% d'amidon dans le sous-produit. Les issues de blé de notre étude sont très proches du son de blé tendre des tables INRA-AFZ (2004). Il y a une différence minime sur CB (inférieure), AMI (supérieur) et MG (supérieures), due au fait qu'il y a parmi nos échantillons certains s'apparentant davantage à des remoulages. Par contre les produits analysés sont plus variables que ceux de l'INRA, avec des coefficients de variation atteignant presque 30% pour AMI et MG. Cette variabilité ne permet pas une utilisation directe efficace. Leur utilisation nécessite de les classer au moins dans des catégories plus homogènes.

Les farines de poisson collectées sont extrêmement variables. Certaines sont constituées de petits poissons entiers (*Rastrineobola argentea* du lac Victoria, localement appelé *omena*, *mukene* ou *dagaa*), d'autres de poissons ou de déchets de poisson broyés. Les teneurs en minéraux de ces farines de poisson sont très variables et en moyenne très élevées : 37% dont 15% de minéraux insolubles qui correspondent à du sable. Cette contamination peut être accidentelle (séchage sur la plage) ou frauduleuse. Elle atteint parfois des valeurs telles (plus de 70% de minéraux dont plus de 50% insolubles) que le produit a peu de valeur nutritionnelle. En conséquence de ces teneurs en minéraux, les teneurs en MAT sont relativement peu élevées : 49.8% en moyenne contre 66.4% dans la catégorie basse des tables INRA-AFZ (Farine de poisson type 62). Si l'on corrige la teneur en MAT pour ne pas tenir compte du sable, la moyenne est de 58.2% ce qui reste faible. Par contre certains échantillons sont de très bonne qualité, avec des MAT > 70%, correspondant à la farine de poisson « type 65 » de l'INRA. La teneur en matières grasses des échantillons collectés est assez élevée (10.9% soit 12.5% si l'on corrige de l'effet de la dilution par du sable).

3.2 – GESTION DE LA VARIABILITE

La création de références locales sur les matières premières disponibles est un progrès par rapport à l'utilisation de données internationales, comme cela a été vu plus haut. Cependant les niveaux de variabilité rencontrés dans cette étude ne permettent pas une utilisation optimale des matières premières en formulation si l'on se contente d'utiliser sans discernement des valeurs moyennes.

Le formulateur doit donc contourner cette difficulté en précisant sa connaissance de la matière première afin d'en approcher au mieux la valeur exacte. Ceci peut se faire par une analyse chimique complète, mais cette solution est lourde, coûteuse et demande beaucoup de temps. Enfin un laboratoire qualifié n'est pas toujours disponible.

Parfois l'indication d'une dénomination commerciale ou d'une propriété de la matière première peut suffire mieux à préciser sa valeur. Dans d'autre cas une analyse partielle peut être une indication efficace. Enfin des moyens analytiques rapides, comme la spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR), peuvent permettre de caractériser rapidement et à moindre coût les produits disponibles.

3.2.1 – Utilisation de catégories *a priori*

Il peut s'agir d'une dénomination commerciale, ou d'une caractéristique visible du produit.

Issues de blé

Dans le cas des issues de blé, il existe deux dénominations commerciales : « *bran* » et « *pollards* ». La Figure 1 représente la relation entre AMI et CB pour ces deux catégories.

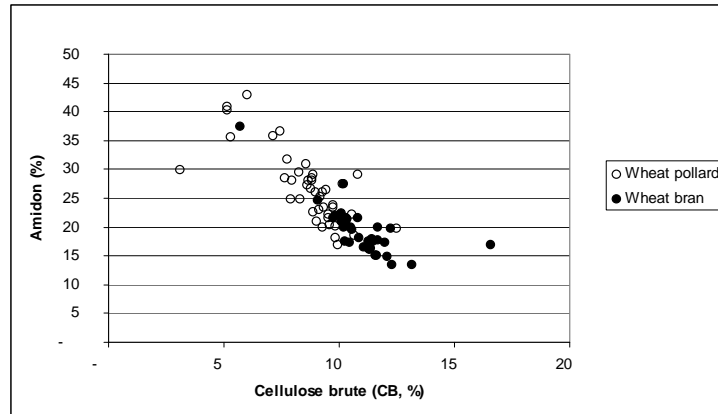


Figure 1. Relation AMI – CB dans les issues de blé

On voit clairement que, bien que distinctes, un fort recouvrement existe entre les deux catégories. De fait les moyennes ne sont pas très différentes : 16.4% vs 17.1% pour MAT, 4.2% vs 4.4% pour MG, 10.6% vs 8.6% pour CB, 20.1% vs 26.2% pour AMI et 6.1% vs 6.8% pour SUC pour *bran* et *pollards* respectivement. AMI est la seule mesure pour laquelle il y a une réelle différence entre les 2 catégories. Pour l'ensemble de ces paramètres, l'écart type au sein de chaque catégorie est équivalent à l'écart type de la population totale.

En conséquence l'information apportée par la catégorie *a priori* est ici peu utile car elle ne permettra pas réellement d'affecter une valeur nutritionnelle plus adaptée au produit, ni de gagner sur la précision (écart type) de son estimation.

Farines de poisson

Dans le cas des farines de poisson, on trouve sur le marché des petits poissons entiers ou des farines de poisson broyées. C'est un signe distinctif *a priori* dont on peut se demander s'il apporte une information pertinente. Le Tableau IIa montre la composition chimique comparée des farines de poissons achetées broyées, ou sous forme de petits poissons entiers.

Tableaux IIa et IIb. Composition chimique des farines de poissons de différentes catégories.

	MS	MM	INS	MAT	MG
Farines de poisson (n=91). Moy. générale	93.1	37.0	15.1	49.8	10.9
<i>ET</i>	2.0	16.0	14.7	16.0	4.3
<i>Min</i>	88.3	13.0	0.2	14.9	3.0
<i>max</i>	97.9	78.9	61.0	73.8	23.5
IIa - Catégories a priori					
Poissons entiers (n=35)	91.3	24.5	8.6	61.8	12.0
<i>ET</i>	1.3	6.1	4.9	7.3	3.3
Poissons broyés (n=56)	94.1	44.6	19.0	42.6	10.2
<i>ET</i>	1.7	15.5	17.2	15.6	4.7
IIb - Catégories a posteriori (poissons broyés)					
MM < 35% (n=16)	92.9	25.6	8.4	65.4	10.4
<i>ET</i>	0.8	3.9	4.0	3.2	1.9
35% < MM < 55% (n=22)	93.4	41.8	10.9	44.2	11.9
<i>ET</i>	1.1	3.6	9.3	7.1	4.6
MM > 55% (n=18)	95.9	63.5	38.4	25.8	6.5
<i>ET</i>	1.3	8.5	15.7	7.1	2.2
Valeurs INRA 2004 (France)					
Type 62	94.3	22.1	0.3	66.4	9.8
<i>ET</i>	1.9	2.7	0.2	1.7	2.0
Type 65	91.7	17.7	0.2	71.2	10.4
<i>ET</i>	1.4	2.1	0.1	1.8	1.6
Type 70	92.0	13.5	0.3	76.0	10.5
<i>ET</i>	1.3	2.1	0.3	1.7	1.6

Les MM sont respectivement de 24.5% et 44.6% pour les poissons entiers et broyés respectivement, avec des teneurs en INSCI de 8.6% vs 19.0%. Les farines broyées sont donc plus riches en minéraux exogènes (sable). La MAT moyenne des poissons entiers est de 61.8% contre 42.6% pour les farines broyées. Pour les poissons entiers, nos résultats correspondent aux données de Oduho et al (2005), si l'on corrige nos données par rapport à la teneur en INSCI qui sont un contaminant extérieur. Au-delà de ces valeurs moyennes, on constate que l'écart type de la MAT, qui était de 16% pour l'ensemble des farines de poisson, est de seulement 7.3% pour les poissons entiers mais reste à 15.6% pour les broyés.

La forme de vente du poisson est donc une indication précieuse : un poisson entier a une valeur moyenne supérieure à une farine, et une variabilité inférieure. Cependant, elle ne permet pas d'aller plus loin et d'identifier par exemple les bonnes farines de poisson qui existent dans les farines vendues broyées.

3.2.2 – Utilisation d'une mesure chimique simple

Une mesure chimique unique permet parfois de préciser la valeur nutritive globale ou l'appartenance à une catégorie.

Si l'on reprend l'exemple des farines de poisson, la mesure de la teneur en matières minérales apporte une information intéressante pour les farines broyées. La Figure 2 montre la relation entre MAT et MM des échantillons analysés. On voit que la connaissance de MM donne une information assez précise sur MAT. On peut se servir de l'équation entre les deux paramètres

$$\text{MAT} = 84.2 - 0.93 \times \text{MM} \quad (R^2=0.86, \text{ETR}=5.9)$$

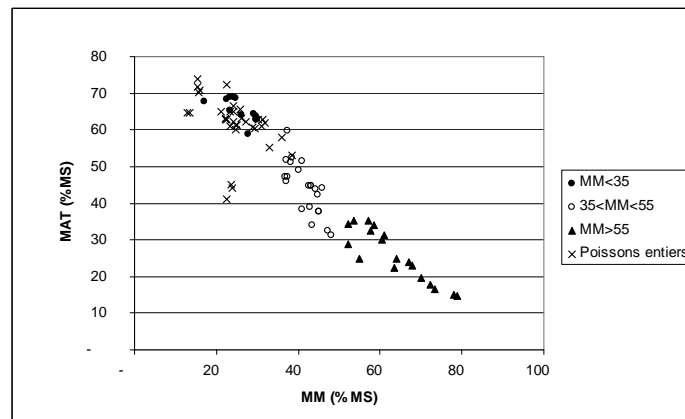


Figure 2. Relation MM-MAT dans les farines de poisson

On peut plus simplement définir plusieurs catégories de farines de poisson – un échantillon étant assigné à l'une d'elle d'après sa teneur en MM. Le Tableau Iib indique les moyennes des paramètres de composition pour les échantillons $MM < 35\%$, $35\% < MM < 55\%$ et $MM > 55\%$. On voit que cette catégorisation permet de distinguer nettement les groupes avec des teneurs en MAT et MG très différentes et beaucoup moins variables que l'ensemble des farines de poisson. Comme on a affaire à un système ternaire avec globalement $MM + MAT + MG = 100$, la teneur en MG peut être approchée, ou on peut pour le moins déterminer si une farine est « grasse » ou non. Dans ce cas la seule mesure des MM, simple à réaliser, donne une information extrêmement précieuse pour le formulateur.

Dans le cas des issues de blé par contre, MM est liée à CB mais pas à AMI ou MAT, ce qui permet plus difficilement de distinguer des groupes pertinents sur la seule base de cette mesure. La détermination d'une variable comme AMI ou même CB permet une classification plus pertinente. Mais ces mesures sont toutefois plus délicates et plus chères à effectuer que les MM en routine pour une vérification systématique des lots.

3.2.3 – Utilisation de la Spectrométrie dans le Proche Infrarouge (SPIR)

La spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR) est une technique analytique basée sur l'absorption de la lumière (infrarouge = longueurs d'onde de 800 à 2500nm) par la matière organique. Comme l'absorption dépend de la nature des liaisons moléculaires de l'échantillon, elle est liée à sa composition chimique. La technique nécessite la mise en place d'étalonnages pour chaque type de matière première, ce qui représente un travail assez lourd. Par contre une fois réalisé il permet la détermination rapide (en quelques minutes) et peu onéreuse de la composition des échantillons. Le paramètre clé est la précision des analyses, qui dépend des étalonnages dont on dispose.

Appliquée aux échantillons de notre enquête, la SPIR a permis la prédiction efficace de la composition chimique des échantillons dans la plupart des cas.

La Figure 3a représente la relation entre la teneur en amidon prédite par SPIR ou déterminée au laboratoire dans les issues de blé. On voit que la relation est relativement précise ($R^2 = 0.99$; ETR = 0.9%). La composition chimique d'un échantillon peut donc être prédite facilement en routine et la valeur nutritive est alors directement accessible. Cette possibilité est particulièrement intéressante dans le cas des issues de blé dont on a vu que la dénomination commerciale ne permettait pas de juger de la qualité

La Figure 3b montre que l'équation est moins précise pour la prédiction de la teneur en MAT dans les farines de poisson ($R^2=0.94$, ETR= 4.2%). Mais même dans ce cas la mesure SPIR permet la classification en catégories, et l'écart type de l'estimation de la MAT est bien inférieur à celui de la population totale (ET=16.0%) ou même de la prédiction via la mesure de MM (ETR=5.9%). De plus l'étalonnage est plus précis si l'on se restreint à des poissons contenant moins de 50% de minéraux (ETR=3.0%). D'autres auteurs ont également utilisé cette technique pour les farines de poisson (Cozzolino *et al.* 2002) avec des résultats comparables.

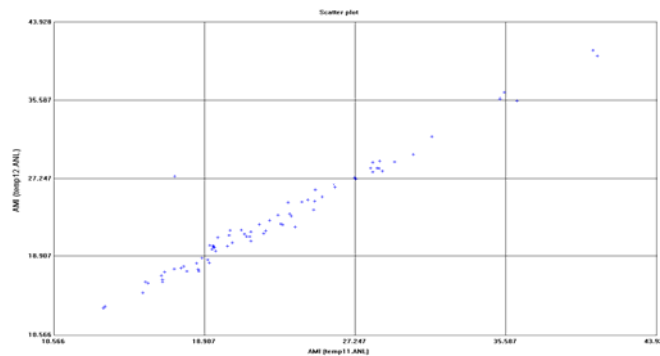


Figure 3a. Prédiction de la teneur en AMI du son de blé par SPIR

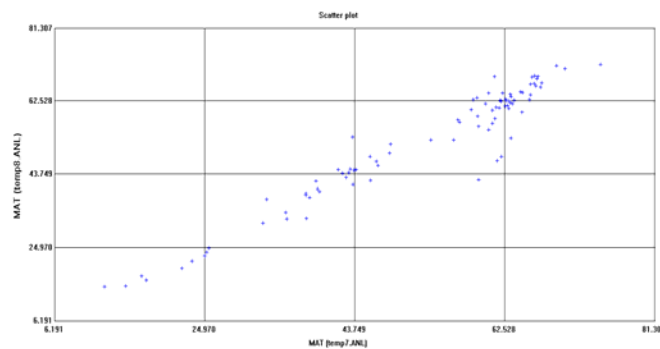


Figure 3b. Prédiction de la teneur en MAT des farines de poisson par SPIR

CONCLUSION

Cette étude a permis de recueillir des informations sur un très grand nombre d'échantillons de matières premières d'Afrique de l'Est. Les presque 600 échantillons analysés couvrent une trentaine de matières premières, même si seulement certaines d'entre elles sont présentées dans ce document. Les données produites peuvent servir à l'établissement de tables de composition comme cela a été le cas au Kenya (CIRAD, 2006). Certaines matières premières comme le maïs sont assez proches des standards internationaux, ce qui permet d'utiliser directement les valeurs des grandes tables d'alimentation. Par contre les sous produits artisanaux (sons de maïs) et les farines de poissons sont très différentes des standards et également très variables. Cette constatation doit mener à travailler sur la définition de catégories de matières premières mieux identifiées, en cherchant par exemple à distinguer plusieurs types de farines de poisson, de sons de maïs, etc. Il faut pour cela mettre au point des moyens de caractérisation *a priori* (origine ou aspect du produit) ou analytiques pour affecter un échantillon à sa catégorie. Les méthodes analytiques impliquées ne doivent pas être trop lourdes ou trop onéreuses. Toutes les analyses ne doivent pas être réalisées sur tous

les échantillons : des stratégies analytiques raisonnées doivent être mises au point (Bastianelli et Guerin, 1998) pour estimer la qualité d'un échantillon avec un minimum de travail (et donc de coût) analytique, comme cela a été montré ici dans l'utilisation des MM pour caractériser les farines de poisson. La spectrométrie dans le proche infrarouge peut s'avérer d'une grande utilité pour ce travail, permettant l'estimation rapide et peu coûteuse des propriétés d'un échantillon (Bertrand, 2002 ; Kemper et Luchetta, 2003).

Les formulateurs d'aliments doivent également gérer cette variabilité par des pratiques de formulation limitant le risque d'erreur importante, en sélectionnant les matières premières ou en diluant par exemple le risque d'erreur par des mélanges d'origines.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. AFNOR, 1999. Méthodes d'analyse des aliments des animaux. Recueil des textes normatifs et réglementaires. AFNOR, Paris.
2. Bastianelli D., Fermet-Quinet E., Hervouet C., Domenech S., Bonnal L., D. Friot, 2005. Qualité des aliments pour volailles en Afrique de l'Est. Intérêt de la Spectroscopie dans le Proche Infrarouge (SPIR) pour l'estimation de leur composition. In : 6èmes journées de la Recherche Avicole 29-30 mars 2005. St Malo (France). 184-188.
3. Bastianelli D. et Guerin H., 1998. Mission d'appui sur l'alimentation des volailles. Prodec (Sénégal). Cirad-emvt, Montpellier, France. 57p.
4. Bertrand D., 2002. La spectroscopie proche infrarouge et ses applications dans les industries de l'alimentation animale. Prod. Anim. 15:209-219.
5. CIRAD, 2006. Chemical composition of the main raw materials used in animal feeds in Kenya. CIRAD, Montpellier, France. 23p.
6. CVB, 2004. Tabellenboek Veevoeding. Centraal Veevoederbureau, Lelystad, The Netherlands, 117p.
7. Cozzolino D., Chree A., Murray I. et Scaife J.R., 2002. The assesement of the chemical composition of fishmeal by near infrared reflectance spectroscopy. Aquaculture Nutrition. 8:149-155.
8. INRA, AFZ, 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. 2^{ème} édition. Sauvant D., Perez J.M., Tran G., éditeurs. 301p.
9. Janssen W.M.M.A., 1989. European table of energy values for poultry feedstuffs. 3ème édition. Spelderholt Centre for Poultry Research and Information Services 7361 DA Beekbergen, The Netherlands.15pp.
10. Kemper M.S. et Luchetta L.M., 2003. A guide to raw material analysis using near infrared spectroscopy. J. Near Infrared Spectrosc., 11:155-174.
11. Mongodin B. et Rivière R., 1965. Valeurs bromatologiques de 150 aliments de l'ouest Africain. IEMVPT, Maison Alfort (France), 75p + annexes.
12. Oduho G.W., Baker D.H. et Tuitoek J.K., 2005. Pelagic fish *Rastrineobola argentea* as a protein source for broiler chicken. Agricultura tropica et Subtropica 38(2):82-87.
13. Picard M. et Leòn A., 1990. Modes d'évaluation et de contrôle des matières premières. In L'aviculture en méditerranée, CIHEAM, Options Méditerranéennes Sér A/n°7, 71-79.
14. Toury J., Giorgi R. Favier J.C. et Savina J.F., 1967. Aliments de l'ouest africain – Tables de composition. Ann. Nutr. Alim. 21:73-127.