# L'UTILISATION DES SOUS–PRODUITS INDUSTRIELS EN ALIMENTATION ANIMALE A MADAGASCAR

par J.M. WAL (*)

La notion de sous-produit industriel ne doit pas prêter à confusion. Elle caractérise l'utilisation secondaire de matières premières en marge, ou en complément de la spéculation principale en vue de laquelle elles sont produites. Elle ne constitue donc un jugement de valeur ni sur la qualité de ces «sous-produits», ni sur l'incidence économique de leur exploitation.

L'alimentation des animaux représente un moyen de transformer et de valoriser certains de ces sous-produits. Ils constituent généralement une source d'apports protéiques indispensables en complément des régimes énergétiques à base de son, maïs ou manioc. Pour l'élevage ce sont donc des aliments nobles : l'élevage a besoin des sous-produits industriels. Mais d'autre part, l'élevage permet une valorisation de ces sous-produits en les transformant de matières premières brutes en produits plus élaborés donc en augmentant leur valeur marchande et la valeur ajoutée qu'ils laissent au producteur. C'est donc une véritable complémentarité qui existe entre certains sous-produits et l'alimentation animale et c'est sous cette double optique qu'il faut envisager leur utilisation.

— Les sous-produits, aliments de qualité, apportent le complément azoté indispensable au développement de l'élevage et par effet d'entrainement au développement des cultures de maïs et de manioc qui constituent l'aliment de base.

(*) Ingénieur Agronome, Chef du Service de Chimie et Nutrition du Laboratoire Central de l'Elevage à Madagascar (I.E.M.V.T.).

— L'élevage constitue un mode de transformation de choix des matières premières que sont ces sous-produits : il les valorise tout en fournissant du travail à une partie de la population donc en augmentant la valeur ajoutée qui reste dans le pays producteur.

Les matières premières sont ainsi exploitées d'une manière beaucoup plus rationnelle et l'utilisation des sous-produits peut avoir une importance économique comparable à celle de la spéculation principale.

Les sous-produits sont en général réservés à l'alimentation des monogastriques et notamment des porcs car ceux-ci en assurent une meilleure valorisation :

— les monogastriques sont plus exigeants que les ruminants sur la qualité protéique de leur alimentation, il est donc logique de leur réserver les produits riches en protéines de qualité que sont les tourteaux ou les farines animales.

— d'autre part, c'est un type d'élevage plus intensif donc trouvant naturellement sa place dans un cadre de production intégrée :

Cultures industrielles → Spéculation principale
Cultures industrielles → Sous-produit → Elevage → Commercialisation des produits animaux, avec une durée totale plus courte donc une rotation des stocks et des capitaux plus rapide.

Ayant ainsi envisager l'importance générale de l'association sous-produits industriels — alimentation des porcs, nous allons l'illustrer par quelques exemples tirés de nos expériences des conditions d'élevage à Madagascar. En effet, plutôt que de passer en revue le catalogue des sous-produits industriels classiquement utilisés en alimentation animale, nous préférons analyser plus en détails quelques produits clés de l'activité économique de Madagascar et appelés à prendre de plus en plus d'importance comme facteur de développement du pays. Pour chacun, nous étudierons la place qu'ils tiennent dans l'activité nationale, leur intérêt nutritionnel et économique et comme il n'existe pas de panacée en matières d'élevage, nous en montrerons les limites techniques et physiologiques pour dégager les critères d'utilisation optimale.

Nous reprendrons la classification classique en sous-produits des industries agricoles et sous-produits des industries animales, auxquels nous adjoindrons une 3ème catégorie les sous-produits «du conditionnement» des produits destinés à l'exportation.

## LES SOUS—PRODUITS D'ORIGINE VEGETALE

### *Les issues de rizerie*

Le riz constitue à Madagascar la base de l'alimentation humaine avec une consommation moyenne de 164 kg (correspondant à 221 kg de «paddy») par an et par habitant, selon les chiffres publiés par l'I.N.S.R.E. en 1964.

La production de paddy était de 1,353 M de tonnes en 1966, elle est de 1,865 M de tonnes en 1970.

Si l'on considère qu'une part importante de ce «paddy» est usinée en rizeries, que cette part va en augmentant régulièrement et que les proportions de sons et issues en découlant, s'élèvent en moyenne à 8 — 10 % des tonnages usinés, on voit l'importance des disponibilités de ces sous-produits et l'intérêt pour l'économie malgache, de leur utilisation rationnelle. D'autre part, ce produit était jusqu'à l'heure actuelle et est encore l'élément de base le plus important entrant dans la composition des rations pour le bétail si bien que l'on a pu dire (DE REVIERS, GAULIER 1970) : «il n'y a aucune formule alimentaire à Madagascar qui ne contienne du son en forte proportion, et s'il n'y a pas de formule du tout, c'est le son seul qui est l'aliment».

La qualité des sons dépend de la variété de riz cultivée, du mode de récolte, de la technique d'usinage. Pour avoir tous les détails sur l'influence de ces facteurs, on se reportera à l'étude très complète de GAULIER et DE REVIERS (1970). Nous ne reprendrons ici que schématiquement les caractéristiques de l'usinage des riz et des issues qui en résultent.

### Caractéristiques de l'usinage des riz — Les différents types de sons

Le grain de «paddy» est constitué par le caryopse, inclus dans 2 enveloppes ou glumelles, riches en cellulose et en silice.

Le caryopse comprend de l'extérieur vers l'intérieur :

— le tégument, couche très mince enveloppant complètement l'albumen et l'embryon et pouvant être coloré de teintes diverses suivant les variétés.

— l'albumen constitué d'une assise protéique formée de cellules à aleurone, entourant l'albumen amylifère, tissu parenchymateux à cellules polygonales chargées d'amidon.

Contre l'albumen et vers la base de celui-ci est placé l'embryon.

Pour être utilisable pour la consommation humaine, le paddy doit être débarrassé de ses glumelles (cette opération est le décorticage), et d'une façon plus ou moins complète, de son tégument (c'est le blanchiment). On obtient ainsi un riz plus ou moins blanchi et des sous-produits : balles et issues.

La plus grande partie de la récolte de «paddy» est traitée à Madagascar par pilonnage. Les sons de pilonnage, débarrassés de façon très incomplète, par vannage, de la balle, ont une composition très variable, mais sont toujours très riches en cellulose et en silice. Ils contiennent de nombreuses brisures et ne peuvent guère être donnés qu'aux volailles qui trient ce qui leur convient. Le rendement du «paddy» au pilonnage est d'environ 50 p. 100 en riz et 50 p. 100 en sons de pilonnage.

Les sous—produits obtenus par usinage en rizeries sont pratiquement les seuls à être commercialisés. L'usinage du riz se fait en deux phases : décorticage et blanchiment.

Décorticage : pour séparer le caryopse de ses enveloppes ou glumelles.

Le décorticage s'effectue par friction des grains de paddy, soit au moyen de meules, soit par décortiqueurs à rouleaux. La grande majorité des rizeries de Madagascar est équipée par des meules (une ou deux suivant les usines). Avec ce procédé, le tégument est plus ou moins attaqué et une proportion variable de germes est détachée de l'albumen.

Après séparation du riz cargo, le résidu de décorticage obtenu est débarrasé de la balle (glumelles), par tamisage et soufflerie, et le produit restant est le «son de riz» appelé également «son fort». Il contient des débris du tégument, des germes, ainsi qu'une proportion plus ou moins importante de fragments de balle et de brisures de riz.

Blanchiment

Le «riz cargo» obtenu après décorticage est ensuite envoyé dans une série de cônes à blanchir (2 à 5 selon les usines), dont le réglage est de plus en plus serré et où les grains sont frottés sur une surface abrasive pour éliminer le tégument. Ce «grattage» enlève également l'assise de cellules à aleurone et attaque la partie superficielle du parenchyme amylifère.

Les riz de luxe, destinés surtout à l'exportation, sont complètement blanchis et cette opération nécessite le passage dans 4 ou 5 cônes.

Par contre, les riz destinés à la consommation locale sont en général semi-blanchis et leur surface porte encore d'importants résidus de tégument. Deux cônes suffisent pour cette opération. Le réglage de ceux-ci est effectué en fonction du blanchiment désiré.

Les sous-produits obtenus, ou issues de blanchiment sont souvent appelés «son fin» ou farines basses de blanchiment.

Selon les types d'usines, les issues de blanchiment sont recueillies séparément pour chaque cône ou déversées dans une canalisation commune où elles se mélangent. D'une façon générale et quelque soit l'équipement de la rizerie, les issues provenant des différents cônes sont mélangées avant leur commercialisation.

Elles contiennent , outre les éléments cités ci-dessus, de fins débris de balle, des germes et de fines brisures de riz.

Caractéristiques bromatologiques et nutritionnelles des différents types de sons

| Composition brute moyenne p. 1 000 g de produit brut | Sons forts ou sons de meules — n=20 | Sons fins de mélange n = 54 |
|---|---|---|
| Matière sèche | 906,4 | 898 |
| Matières minérales | 161,5 | 91,9 |
| Matières grasses | 70,4 | 155,9 |
| Matières azotées totales | 90,5 | 120,5 |
| Cellulose brute | 146,6 | 69,7 |
| Extractif non azoté | 437,4 | 460 |
| Insoluble chlorhydrique | 119,2 | 20,1 |
| Phosphore | 6,86 | 16,5 |
| Calcium | 1,53 | 1,57 |

| Caractéristiques nutritionnelles moyennes | Sons forts n = 20 | Sons fins de mélange n = 54 |
|---|---|---|
| Unité Fourragère (U.F.) | 0,5 | 1 |
| Matières azotées digestibles MAD (g par kg) | 57,5 | 85 |
| Enérgie métabolisable (volailles) (kcal) | 1 840 | 3 180 |
| MAD (volailles) | 53 | 85 |

Les résultats sont tirés de l'étude de DE REVIERS et GAULIER et se rapportent aux analyses effectuées au Laboratoire Central de l'Elevage sur 20 échantillons de sons forts et 54 échantillons de sons fins.

Discussion

Sons forts : les échantillons examinés présentent des variations particulièrement importantes. Les tableaux ci-dessus n'intègrent pas les résultats obtenus sur certains sons de meules, présentant des teneurs anormales en cellulose brute et en insoluble chlorhydrique. Ces teneurs élevées sont dues à l'incorporation, soit par défaut d'usinage, soit par fraude, de balles à un niveau inhabituel, incorporation qui rend ces sons impropres à la consommation.

Sons fins : cette dénomination englobe des produits de composition et de qualité très variables. Mis à part les cas où, soit par fraudes, soit par suite d'installations défectueuses, des proportions importantes de balles ou de produits correspondant à des sons forts, sont incluses, les facteurs de variation de la qualité sont d'origine géographique et technologique. Il existe en effet des différences significatives dans les teneurs en matières azotées selon l'origine. Les sons de la région

de Majunga sont plus riches en matières azotées que ceux de la région de Tananarive qui eux-mêmes en sont plus riches que ceux du Lac Alaotra. Les raisons en sont vraisemblablement liées à un facteur variétal. D'autre part, les teneurs en cellulose brute et en insoluble chlorhydrique sont plus faibles pour les sons en provenance de Majunga que ceux des Hauts Plateaux ou du Lac Alaotra. Ceci doit être rapproché des conditions d'usinage, la région de Majunga étant plus spécialisée dans l'usinage de riz de luxe destinés à l'exportation le taux d'extraction est donc de ce fait, en moyenne sensiblement plus élevé, ce qui explique les teneurs plus faibles en cellulose, en minéraux, en insoluble chlorhydrique, en matières grasses, et plus élevées en matières azotées. Par ailleurs, les grosses différences relatives aux teneurs en cellulose Weende et en insoluble chloryhdrique sont liées à l'inclusion, à des taux assez importants, de son fort ou de balles dans les mélanges d'issues de blanchiment provenant des régions du Lac Alaotra et de Tananarive : cette inclusion pouvant être soit frauduleuse, soit liée à la vétusté des installations.

La composition et la qualité des sons fins varient également au cours de l'usinage: nombre et réglages des cônes ou des meules utilisés en fonction de la qualité de riz recherchée (consommation courante ou riz de luxe) et en fonction de l'état des installations. Plus l'usinage est poussé, plus les teneurs en cellulose brute, en insoluble chlorhydrique et en calcium diminuent tandis que la teneur en extractifs non azotés augmente, variations qui concourent toutes à l'amélioration de la qualité nutritionnelle des produits.

### Qualités et limites des issues de rizerie en alimentation animale

La plupart des sons proviennent encore en grande partie des couches externes du grain de riz. Ils présentent donc, comme nous l'avons vu, une teneur relativement élevée en cellulose brute, ce qui peut limiter leur digestibilité, et a conduit à recommander de limiter, de ce fait, leur emploi dans l'alimentation des porcs et des volailles. Un échantillon sera donc éliminé en premier lieu sur sa teneur en cellulose Weende.

Ils contiennent également une teneur importante en matières grasses, et principalement les issues du 1er cône. Ces lipides sont intéressants particulièrement pour les porcs et les volailles, en raison de leur valeur énergétique ; mais ils sont riches en acides gras polyinsaturés, ce qui entraine des risques de rancissement et dans le cas d'une incorporation trop importante dans la ration, à la formation chez le porc, de lards jaunes, mous, huileux, et d'une viande à mauvaise tenue. Etant donné l'incidence climatique sur la qualité des lards, leur emploi est donc moins à limiter, à priori, pour les climats chauds que pour les climat frais ; cette teneur en acides gras insaturés est nutritionnellement particulièrement intéressante pour les monogastriques. Leurs teneurs en matières azotées élevées en font des aliments intéressants et la valeur biologique de ces matières azotées est convenable.

Au point de vue apport minéral, le son est riche en phosphore, qui peut atteindre des teneurs de 12 % , mais pauvre en calcium, particulièrement dans les issues des derniers cônes ; mais 75 à 80 % de ce phosphore se trouve sous forme

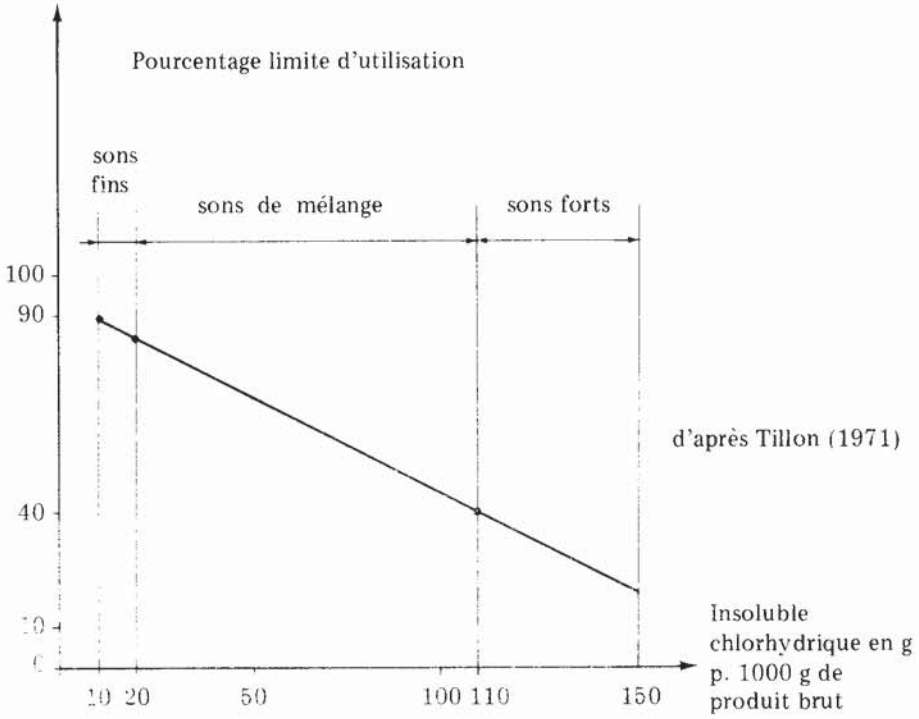
phytique. Les ruminants utilisent ce phosphore phytique de façon satisfaisante et l'on veillera particulièrement à ce que le rapport phospho-calcique soit parfaitement équilibré. Par contre, pour les monogastriques, le son de riz risquerait d'être rachitigène dans la mesure où une partie du calcium peut être bloquée sous forme de phytate de calcium inutilisable. Les monogastriques utilisent mieux le phosphore inorganique (poudre d'os, phosphate bicalcique, etc.), et seul 30 % du phosphore total des végétaux est assimilable. On apporte donc chez les monogastriques une certaine quantité de phosphore sous forme inorganique ; chez les volailles, en particulier, on a pu considérer qu'elles utilisaient 50 p. 100 du phosphore phytique, et on assure alors un minimum de 0,45 p. 100 de phosphore dans la ration sous forme inorganique.

Les possibilités d'utilisation en alimentation animale dépendent également des teneurs des issues en minéraux et en silice, qui indiquent la présence de balles ; nous avons vu qu'un certain nombre d'échantillons présentaient des teneurs anormales ; de tels échantillons doivent être écartés, ou utilisés avec précautions, car ces teneurs hypothèquent lourdement la digestibilité de l'ensemble de la ration.

L'utilisation de sons forts en quantités exagérées peut conduire à la mort des animaux (les monogastriques y sont particulièrement sensibles) par entérite hémorragique : l'excès de matières minérales, notamment de silice (insoluble chlorhydrique) provoque en effet une véritable «usure» de l'intestin. Des travaux récents ont permis de préciser les taux maximaux d'incorporation du son fort dans l'alimentation des porcs. Comme le plus souvent, l'éleveur dispose de sons de mélange ou de sons d'origine inconnue, nous lui proposons une table de l'utilisation maximale des sons selon leur teneur en matières minérales totales déterminée par une analyse rapide et peu coûteuse.

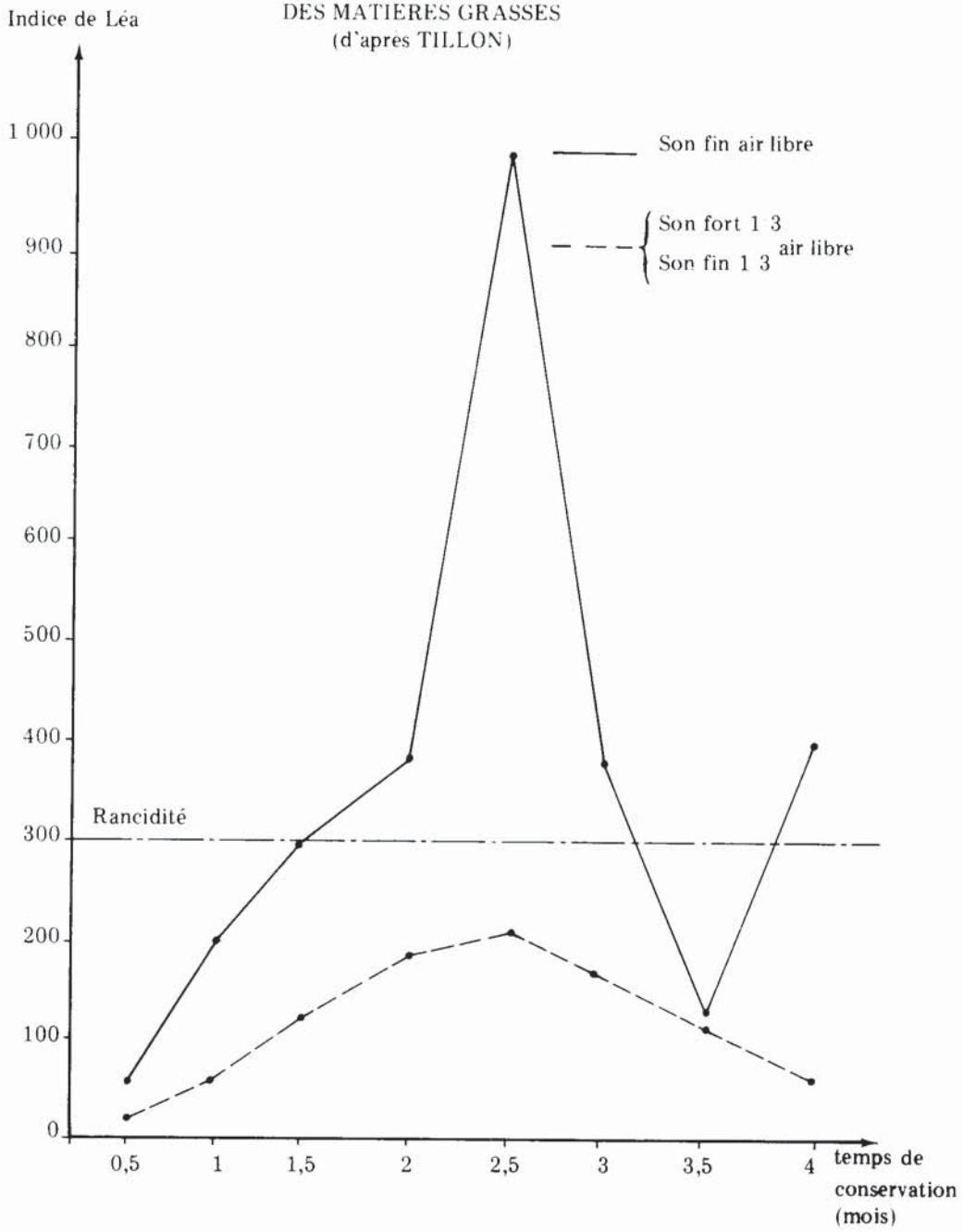
| Matières minérales totales en g. pour 1 000 g de produit brut. | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pourcentage d'utilisation limite | 90 | 90 | 80 | 75 | 65 | 60 | 55 | 45 | 40 | 35 | 30 | 20 | 15 | 10 |
| | sons fins | | | sons de mélange | | | | sons forts | | | | | | |

Taux limite d'utilisation des issues de rizeries dans l'alimentation du porc en fonction de la teneur en INSOLUBLE CHLORHYDRIQUE de l'échantillon :




Si on prend garde de ne pas tomber dans tel écueil, l'association son fin-son fort peut être intéressante non seulement du point de vue économique (utilisation du son fort) mais également du simple point de vue nutritionnel. Nous avons vu que la farine basse de riz est riche en lipides composés d'acides gras insaturés. L'usinage puis une conservation prolongée des sons provoquent l'hydrolyse de ces lipides puis la péroxydation des acides gras ainsi libérés, par réactions autocatalytiques. Hydrolyse et autoxydation constituent le phénomène de rancissement. La sensibilité des farines basses de riz au rancissement proviendrait de la levée de l'inhibition des enzymes responsables à la suite de l'usinage. L'usinage élimine les enveloppes externes du grain qui contiendraient les inhibiteurs de ces phénomènes de dégradation. D'où l'idée d'incorporer une certaine proportion de ces enveloppes externes (son fort) à la farine basse pour améliorer sa conservation. Les résultats obtenus par TILLON (1972) sur l'influence de l'incorporation de 1/3 de son fort sur l'autoxydation de la farine basse sont démonstratifs comme l'indique le graphique suivant : ils montrent que l'incorporation de son fort prévient l'apparition de la rancidité de la farine basse de riz. Ainsi, se trouve vérifiée la pratique selon laquelle

INFLUENCE DE L'INCORPORATION DE SON FORT
A LA FARINE BASSE DE RIZ
SUR L'EVOLUTION DE L'AUTOXYDATION
DES MATIERES GRASSES
(d'après TILLON)



le son fort conserve le son fin, vraisemblablement par action d'anti-oxydants naturels. Cette proportion de 1/3 son fort — 2/3 son fin correspond aux recommandations habituellement formulées pour l'utilisation du son fort dans l'alimentation des porcs. Elle correspond également aux proportions moyennes de ces deux issues en fin d'usinage : 100 kg de «paddy» donnent environ 6 kg de son fin et 4 kg de son fort. Cette technique de conservation concilie donc à la fois des considérations technologiques et économiques, elle est plus simple à mettre en œuvre qu'une délipidation des sons par solvants.

L'importante teneur en matières grasses de la farine basse présente également l'inconvénient de risquer d'entraîner des troubles nutritionnels pouvant provoquer la mort (encéphalomalacie des volailles). La conservation prolongée des acides gras insaturés de la farine basse risque de détruire la vitamine E et certaines vitamines du groupe B ou de perturber le métabolisme des vitamines du fait des affections, particulièrement hépato-biliaires résultant du rancissement. PETOT, LAURENT et TILLON ont observé des phenomènes de carences vitaminiques chez des porcs élevés par un régime à base de son.

Des porcs soumis à un régime «son-soja» (son fin + unidose de 250 g de graines de soja/j) ou à un régime son 85 % — maïs 15 % présentent les symptômes cliniques suivants : ataxie locomotrice (démarche titubante), troubles cutanés (exosirose et apparition des croûtes, chutes de poils), ulcérations de la langue. Ces symptômes sont accompagnés d'un ralentissement de la croissance et d'une augmentation de l'indice de consommation. Ils font suspecter une carence en vitamine $B_2$, éventuellement en vitamine E également. PETOT a ainsi observé au Lac Alaotra, sur 3 lots de 12 porcelets en croissance, les performances suivantes sur une période de 2 mois :

Lot N° 1 : provende à base de son fin (85 %) et de maïs (15 p. 100) contenant une dose de concentré vitaminé. Gain moyen quotidien (G.M.Q.) 370 g/j, indice de consommation (I.C.) 5,18 kg d'aliment par kg de gain. Les animaux présentaient des troubles cutanés et semblaient «en retard sur leur âge».

Lot N° 2 : même provende + 2 mg/kg de provende de vitamine $B_2$ G.M.Q. = 400 g/j, I.C. = 2,93.

Lot N° 3 : même provende + une dose supplémentaire de concentré vitaminé — G.M.Q. = 425, I.C. = 2,76.

Les manifestations cliniques et les retards de croissance observés avec le son semblent donc bien dus à des carences vitaminiques. Une bonne valorisation du son fin nécessite donc une révision des taux d'incorporation de manière à limiter la teneur en matières grasses, riches en acides gras insaturés qui rancissent facilement ainsi qu'une adaptation de la composition des concentrés vitaminés du commerce en vue d'assurer les apports vitaminiques correspondant à des besoins accrus.

D'autre part, la bonne valorisation du son exige un apport azoté complémentaire. La composition en acides aminés du son (cf. l'étude de DE REVIERS et GAULIER) laisse apparaître des déséquilibres et des facteurs limitants; le complément azoté est principalement effectué à Madagascar par les tourteaux d'Arachide ou de coton, riches en matières azotées digestibles. Cependant, la valeur biologique des protéines de régimes sons-tourteaux reste limitée par une carence en certains acides aminés indispensables comme la méthionine, la lysine principalement, la thréonine et l'iso-

leucine également. Il sera donc utile de prévoir l'incorporation d'aliment d'origine animale en petite quantité (quelques p. 100) dans ces régimes de manière à réajuster l'équilibre des différents acides aminés ; on peut également envisager de fournir la lysine et la méthionine manquants sous forme de produits de synthèse.

### Conclusion

Le son, notamment la farine basse, constitue un aliment noble pour les monogastriques. On doit donc en rechercher une valorisation maximale par une utilisation rationnelle. Quelques recommandations peuvent être formulées à cet égard. On peut sans risque incorporer 1 3 de son fort (de bonne qualité) à la farine basse, ce qui correspond à l'utilisation complète des produits issus de l'usinage. Les balles quant à elles doivent être systématiquement éliminées. On en a outre intérêt à ne pas donner un régime composé presqu'exclusivement de son fin : de conservation délicate en raison de sa haute teneur en matières grasses, il peut provoquer des retards de croissance et même des troubles cutanés dus à des carences vitaminiques induites. Il est donc recommandé d'associer le son à d'autres aliments énergétiques comme le maïs et le manioc moins riches en matières grasses. On prendra soin dans tous les cas d'assurer un apport azoté suffisant et équilibré par des tourteaux (5 à 15 % selon le régime et l'âge des animaux) et des farines animales (2 à 5 %) ou de la lysine et de la méthionine de synthèse. On se reportera à ce sujet à l'ouvrage de J.P. TILLON : Conseils pratiques pour l'alimentation des Porcs et des Volailles à Madagascar (I.E.M.V.T. 1971).

### *Les tourteaux - exemple du tourteau de coton.*

Les tourteaux sont les sous-produits du traitement des graines oléagineuses. Dans les huileries de Madagascar l'extraction des matières grasses est généralement effectuée par pression continue des graines selon la technique de l'expeller. Le résidu d'extraction que constitue le tourteau est un aliment dont la principale caractéristique est le taux élevé de matières azotées. Les principaux tourteaux utilisés à Madagascar sont le tourteau d'Arachide et le tourteau de Coton. C'est sur ce dernier que nous allons axer cette étude en raison de l'importance croissante qu'il semble être appelé à prendre par suite du développement des cultures cotonnières à Madagascar

La production de tourteau de coton à Madagascar est localisée dans les 2 régions productrices de coton : le Nord-Ouest (Majunga, Ambilobe) et le Sud-Ouest (Tuléar, Morondava).

La production de coton-graines a atteint en 1971 : 23 000 tonnes dont 60 % dans la Province de Majunga, 40 % dans la Province de Tuléar, les objectifs du 2ème plan quinquennal de développement de la culture cotonnières visent à satisfaire les besoins

intérieurs en fibres (utilisation de la pleine capacités des 2 usines locales d'Antsirabe et Majunga : 7 500 tonnes de fibres) et à augmenter les exportations. Les prévisions du plan sont résumées dans le tableau suivant (sources C.F.D.T.).

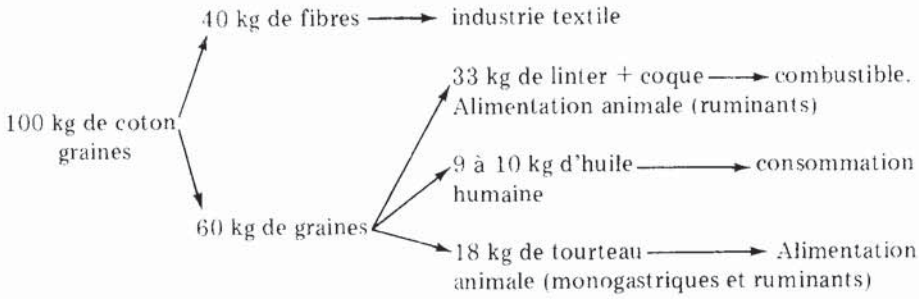
| Coton — Graines (Tonnes) | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 |
|---|---|---|---|---|---|
| Nord-Ouest | 15 225 | 16 200 | 18 475 | 19 550 | 20 350 |
| Sud | 8 705 | 9 900 | 12 085 | 13 460 | 15 000 |
| Total Madagascar | 23 930 | 26 100 | 30 560 | 33 010 | 35 530 |

Les graines de coton, comme les fibres, sont commercialisées exclusivement par le C.F.D.T. Elles sont destinées aux huileries locales, essentiellement la S.I.B. à Majunga et la Société Nouvelle des huileries de Tuléar qui se partagent la plus grande partie de la production d'huile de coton. Les quantités excédant la capacité de production de ces huileries sont exportées.

La disponibilité du tourteau de coton sur le marché malgache est liée à la quantité produite localement et à son prix de vente. Elle fait donc intervenir un grand nombre de facteurs techniques mais aussi économiques et politique, le contrôle de certains est du ressort des pouvoirs publics.

A l'heure actuelle, la quantité de tourteau disponible à Madagascar est limitée par la capacité de traitement des huileries (environ 12 000 Tonnes de coton graine soit une production de 3 000 Tonnes de tourteau an pour Madagascar).

D'autre part le coton est une spéculation particulièrement intéressante par toutes les ressources que l'on peut en tirer :




**Technologie de l'huilerie — caractéristiques chimiques et nutritionnelles du Tourteau de Coton.**

Les graines débarassées de leur fibre se présentent sous un aspect duveteux blanc dû à la présence de nombreux poils courts qui forment le linter. La graine proprement dite est ovoide de 7 à 10 mm de long, brun noirâtre. Un spermoderme épais et dur recouvre l'amande de couleur jaune.

Les graines sont débarassées du linter par traitement mécanique, elles sont ensuite concassées en vue de séparer l'amande du spermoderme. Une partie des coques est éliminée par l'action d'une soufflerie. Un certain pourcentage de coques est conservé avec les amandes de manière à faciliter la trituration de celles-ci lors des opérations d'extraction. L'extraction proprement dite est effectuée par pression continue ou «expeller». Les graines passent dans un cylindre horizontal porté à 100° C par de la vapeur circulant dans la double paroi, le chauffage dure une demi-heure à une heure. Elles subissent une véritable cuisson dans une atmosphère à 10 p. 100 d'humidité (eau de constitution des graines plus une admission éventuelle de vapeur de manière à obtenir ce taux d'humidité). Après cuisson les graines sont introduites dans un tube tronconique, la trituration des graines et leur progression jusqu'à un diaphragme de sortie sont assurée par une vis sans fin. Le passage dans «l'expeller» ne dure que quelques minutes, à une température de 100 à 110° C. L'huile est récupérée et refroidie, les tourteaux de première extraction eux sont recyclés et subissent de nouveaux passages dans «l'expeller». Le rendement final de ces différentes opérations est le suivant :

Pour 100 kg de graines :

- 55 kg de linter + coques
- 15 à 17 kg huile
- 30 kg tourteau

Les coques servent couramment à alimenter les chaudières pour la production de vapeur. Compte tenu de leur pouvoir calorifique et du prix du Fuel leur valeur est estimée à 3 FMG du kg. Une expérience d'embouche de zébus malgaches à partir d'une alimentation composée essentiellement de coques de coton, complétée en tourteau, est actuellement menée par le Service de l'Elevage de Majunga pour essayer de valoriser les coques à un prix dépassant les 3 FMG/kg. Cependant, pour l'instant, l'alimentation animale est surtout utilisatrice du tourteau.

Les tourteaux ainsi produits titrent en moyenne :

| | | |
|---|---|---|
| Matières sèches | 94 % | |
| Protéines | 43 à 45 % | |
| Extractif non azoté | 26 % | |
| Matières minérales | 7,4 % | |
| Matières grasses | 6 % | teneurs variables selon l'origine du tourteau |
| Gossypol | 0,02 % | |
| Cellulose | 7 à 8 % | |

La qualité nutritionnelle d'un tourteau et en particulier du tourteau de coton est liée à plusieurs paramètres :

- sa valeur protéique
- son taux de matières grasses résiduelles
- son taux de cellulose
- sa teneur en gossypol

Le taux de Cellulose

Il dépend essentiellement de la proportion de coques mélangées aux amandes lors de l'extraction. C'est donc l'opération de décortiquage qui est en jeu. En fait, il s'agit moins d'une limite technique imposée par le matériel (le décortiquage de la graine de coton est une opération complexe du fait de structure de la graine et nécessite l'intervention de plusieurs types de machines pour le délintage puis le concassage et le tri des amandes et des coques) que d'une contrainte fixée par l'huilier. Nous avons vu en effet qu'un certain pourcentage de coques passait délibérement avec les amandes lors du tri. La raison invoquée est de faciliter la trituration et l'écarsement des amandes lors de l'extraction en augmentant les résistances de frottement sur la vis. Il est probable que l'huilier trouve en plus par cette méthode le moyen de valoriser une partie de ses coques dans le tourteau. Cependant le taux de cellulose est généralement suffisamment faible : 7 à 10 % (ce qui correspond à un tourteau décortiqué ou semi-décortiqué) pour ne pas constituer un facteur limitant à l'utilisation en alimentation des monogastriques.

Le taux de cellulose brute influe sur la digestibilité des autres constituants, notamment des protéines et est donc de ce fait un facteur important de qualité du tourteau.

| Coefficient d'utilisation digestive (CUD) | Tourteau décortiqué 7 % de cell. brute | Tourteau non décortiqué 25 % de cell. brute |
|---|---|---|
| Protéines | 86 | 73 |
| Matières grasses | 94 | 91 |
| Extractif non azoté | 67 | 61 |

Le taux de matières grasses

Il intervient de manière primordiale dans le processus de conservation du tourteau. S'il est trop important, des phénomènes de péroxydation des acides gras insaturés et de rancissement altèrent la qualité du tourteau et peuvent entrainer des intoxications des animaux. Le facteur est conditionné par le type d'extraction utilisée. En effet les dosages effectués sur la graine entière délintée indiquent une teneur en lipides de 25 p.100. L'extraction quantitative en est très difficile. A l'heure actuelle seule la méthode d'extraction par solvants ou l'association «expeller» puis reprise du résidu par les solvants permet de fabriquer des «tourteaux maigres» dont la teneur en huile résiduelle peut ne pas dépasser 0,5 p.100. Les installations moins perfectionnées du type pression discontinue (presse hydraulique) ou »expeller» donnent *lorsqu'elles sont en bon état de fonctionnement*, des tourteaux contenant de 4 à 12 p. 100 de lipides. Les derniers modèles «d'expeller» permettent un taux résiduel de 4 p. 100 ; les modèles relativement récents permettent une délipidation moyenne (6 à 7 p. 100 de M.G. dans les tourteaux) mais régulière.

### Valeur protéique

Elle est liée d'une part au taux de protéines brutes du tourteau, d'autre part à la valeur nutritionnelle des protéines présentes. La teneur en protéines dépend de la composition de la graine, donc des caractéristiques biochimiques de la variété cultivée, et éventuellement du milieu dans lequel elle est cultivée. D'autre part l'incorporation d'une fraction de substance pauvre en protides comme la coque (3 p. 100 de protéines) vient abaisser cette valeur et augmenter celle de la cellulose. La qualité des protéines du tourteau de coton est liée au traitement technologique subi lors de l'extraction. Leur valeur nutritionnelle est affectée par le chauffage et elles sont d'autant mieux utilisées qu'elles ont été moins chauffées. La perte d'aptitude à satisfaire les besoins des animaux en croissance est due à la double chute de la digestibilité et de la valeur biologique. Il est vraisemblable que la chaleur rend la lysine inutilisable ; bien que toujours présente elle deviendrait indisponible par suite d'apparition de nouvelles liaisons peptidiques enzyme-résistantes (JACQUOT, FERRANDO). Les modifications semblent dues en partie, à une réaction de Maillard entre les groupes aldéhydiques des glucides et certains groupes aminés libres, parmi lesquels figurent largement le groupe $\varepsilon$ aminé de la lysine. D'autre part la chaleur insolubilise une partie de l'azote primitivement extractible (globulines — albumines — azote résiduel) or l'utilisation digestive, et par là même l'efficacité protidique, est d'autant meilleure que le taux d'azote soluble est plus élevé.

### Teneur en gossypol

Le gossypol, qui est particulier au cotonnier, provient des glandes résineuses disséminées dans toutes les parties de la plante sauf dans les tissus ligneux. Elles apparaissent extérieurement sous forme de points noirs qui parsèment l'appareil végétatif de la plante et les cotylédons de la graine. Les glandes élaborent des huiles essentielles, des substances mucilagineuses, des pigments. L'hydrolyse en donne un sucre : le glucose et un mélange de stérols. Le gossypol lui n'appartient à aucune classe connue de pigments végétaux bien qu'il constitue un principe colorant, jaune clair, puissant. Sa constitution chimique est connue, on lui attribue la formule brute $C_{30}H_{20}O_2$ . Cependant si l'on connait quelques unes de ses propriétés physicochimiques, sa structure moléculaire n'est encore pas élucidée et on le fait entrer dans la catégorie des substances phénoliques. Le rôle du gossypol dans le développement du cotonnier n'est pas précisé ; on dispose pourtant d'observations effectuées sur des variétés sans gossypol. Ces dernières présentent une diminution de la productivité en coton-graine ; la qualité de la fibre est parfois affectée, notamment sa finesse ; et surtout ces variétés sans gossypol sont beaucoup plus sensibles au parasitisme. Si bien qu'il ne faut pas compter, en tous cas à Madagascar voir se développer dans un proche avenir la culture de cotonniers sans gossypol. Or

c'est justement le gossypol qui constitue le facteur limitant à l'utilisation du tourteau de coton en alimentation animale. Chez les jeunes ruminants, une alimentation prolongée contenant du gossypol provoque une dépression de la croissance, une anémie puis la mort ; une absorption plus massive fait apparaitre des inflammations stomacales, des diarrhées hémorragiques, une faiblesse musculaire. On observe des difficultés de respiration, des paralysies et même des phénomènes d'avortement (STEYN 1949). Chez les volailles le gossypol ralentit la croissance et peut entrainer une baisse de la ponte. D'autre part, certains chromogènes du tourteau dont le gossypol altèrent la couleur du jaune et même du blanc de l'œuf (JACQUOT, FERRANDO 1957). Dans les conditions de l'élevage à Madagascar, c'est dans l'alimentation du porc que le tourteau de coton trouverait son principal débouché. Or le porc est très sensible à l'intoxication par le gossypol. A partir d'une teneur dans la ration totale de 0,016 p. 100 on observe chez le porc en croissance une diminution du gain moyen quotidien (G.M.Q.) et une augmentation de l'indice de consommation. Une teneur en gossypol dans la ration de 0,02 à 0,03 p. 100 (ou de 0,007 p. 100 chez le porcelet au sevrage) fait apparaître des phénomènes d'intoxication. Les effets peuvent survenir de manière imprévisible et entrainer rapidement la mort. Les symptômes d'une intoxication grave sont des difficultés respiratoires, cyanose et convulsions et mort dans la demi-heure qui suit (PAMMEL 1911, STEYN 1940). Au taux de 0,02 à 0,03 p. 100 dans la ration du porc, le gossypol cause le développement de congestion et d'oedèmes hépatique, d'oedèmes sur les poumons et dans les cavités corporelles (SEATON 1958).

A l'autopsie on observe des hémorragies dans les différents organes, hépatomégalie avec dégénérescence graisseuse, néphrites, modifications du myocarde et œdèmes pulmonaires. L'absorption prolongée de petites doses de gossypol est une forme d'intoxication beaucoup plus fréquente, notamment chez le porc. Si elle peut aller jusqu'à provoquer une acidose, BINNS (1938) relie son action déplétive sur la croissance à une déficience nutritionnelle en protéines et minéraux. De plus SMITH (1957) observe que l'action sur le foie ressemble à celle de déséquilibres nutritionnels faisant intervenir un excès d'acides gras insaturés couplé à une déficience en vitamine E et en certaines protéines. Nous allons d'ailleurs être amené en examinant maintenant les facteurs régissant la teneur en gossypol des tourteaux à préciser ces interelations gossypol-protéines.

La teneur en gossypol du tourteau de coton est liée d'une part à la quantité de gossypol dans la graine crue, d'autre part au devenir de ce gossypol lors de l'extraction à l'huilerie.

La méthode de «l'expeller» permet le passage d'une grande partie du gossypol des graines dans l'huile brute. De plus, l'extraction est précédée d'un traitement thermique en atmosphère humide qui facilite l'oxydation du gossypol en son produit de détoxication le d. gossypol. Les tourteaux produits sont pauvres en gossypol. Le problème n'est pas résolu pour autant car nous avons vu que c'est justement ce même procédé technologique qui diminue le plus la valeur nutritionnelle des protéines du tourteau de coton. La qualité finale du tourteau de coton réside dans le rapport gossypol-protéines et leur liaison .

WOODS et Col ont montré par des expériences de bilan azoté que la valeur nutritionnelle des protéines du tourteau de coton diminue avec la quantité de gossypol lié. Le gossypol lié représente la portion de gossypol total qui a réagi avec les groupements ε aminés libres de la lysine durant la fabrication du tourteau : la chaleur a facilité la réaction. La formation de tels complexes gossypol-protéines et ses conséquences sur la digestion pepsique et trypsique des protéines a été montrée par LYMAN (1959). TILLMAN et KRUSE ont également montré que l'addition de gossypol dans la ration des chèvres entraine, si et seulement si elle est accompagnée d'un chauffage, une diminution du C.U.D. des protéines. D'autre part la rétention d'azote, elle, n'est significativement diminuée que lorsque le mélange protéine - gossypol a été autoclavé. La supplémentation des régimes en fer a un rôle de détoxication : il se forme préférentiellement un complexe gossypol—Fe qui n'est pas absorbé au cours de la digestion.

On voit donc l'importance et la portée que des différences dans les procédés technologiques de fabrication mis en œuvre dans telle ou telle huilerie peuvent avoir sur la qualité du tourteau produit.

### Modes et limites d'utilisation en alimentation animale

Les possibilités offertes par le tourteau de coton à l'alimentation animale dépendent de sa qualité dont nous venons d'étudier les facteurs de variations des principaux paramètres. On observe de grosses variations dans les caractéristiques et la valeur des tourteaux de coton suivant l'origine et la préparation industrielle à laquelle sont soumises les graines avant et pendant l'extraction de l'huile. L'emploi des tourteaux de coton demande donc une bonne connaissance de la qualité commerciale du produit. Les principales recommandations générales que l'on peut formuler sont les suivantes. La couleur du tourteau apporte une première indication sur le taux d'incorporation de coques : les tourteaux brun foncé sont riches en débris de téguments et de linter tandis que les produits qui proviennent de graines décortiquées ont une couleur jaune pur. Les tourteaux non ou mal décortiqués ont une valeur nutritive faible : taux protéique faible et les protéines présentes sont mal digérées. Leur utilisation doit être réservée aux ruminants moins exigeants sur la qualité des apports azotés et capables de digérer la cellulose. Les tourteaux décortiqués par contre seront mieux valorisés par les monogastriques. Leur valeur nutritive est d'environ 1 UF au kg, le taux protéique varie de 40 à 45 %, la digestibilité de ces protéines est très bonne. Cependant le seul examen du taux de cellulose brute n'est pas un critère de décision suffisant. Le taux de matières grasses résiduelles, s'il est trop élevé (mauvais réglages ou défectuosités des installations d'extraction) peut entrainer les phénomènes de rancissement lors de la conservation et des troubles digestifs lors de son utilisation. Le taux de gossypol libre est également un facteur limitant la généralisation de l'emploi de tourteau de coton. Les taux moyens sont généralement de 0,02 à 0,03 p. 100 et n'entrainent pas de risque d'intoxication aiguë ou chronique chez les porcs à l'engrais. Cependant comme il arrive que des lots de tourteaux titrent jusqu'à 0,05 à 0,06 p. 100 de gossypol, on recommande jusqu'à présent de ne pas dépasser la proportion de 1 3 (voire 50 p. 100) de tourteau de coton pour 2 3 (50 p. 100) de tourteau d'Arachide dans les provendes complètes.

Ce principe empirique dilue le risque d'une intoxication par le gossypol en même temps que celui d'une intoxication par la présence éventuelle d'aflatoxine dans le tourteau d'arachides. Dans les provendes complémentaires de régime à base de manioc ou de maïs, la proportion pourra être de 2/3 de tourteau de coton pour 1/3 de tourteau d'arachides. C'est surtout chez les porcelets au sevrage que le maximum de précautions devront être prises. En raison de la présence d'un pigment chromogène associé au gossypol qui altère la couleur du jaune d'œuf lors de sa conservation (sans toutefois modifier sa valeur alimentaire), l'utilisation du tourteau de coton n'est pas recommandé pour l'alimentation des poules pondeuses. Il faut cependant mentionner que des essais récents ont montré que le tourteau de coton n'affectait pas le taux de ponte si le taux de gossypol est inférieur à 0,02 p. 100 (BRANCKAERT et VALLERAND 1968).

## Conclusion

Le tourteau de coton est un aliment de choix, sa teneur en matières azotées digestibles le destine tout particulièrement à l'alimentation des porcs. Son prix actuel (16 FMG le kg de tourteau au départ de Majunga) en fait une des sources azotées les plus intéressantes sur le marché malgache et le développement des cultures cotonnières laisse prévoir que, si son prix se maintient au niveau actuel, il occupera une place de plus en plus importante en alimentation animale. Le frein à la généralisation de son emploi est lié à la grande variabilité qui existe dans les caractéristiques chimiques et nutritionnelles des tourteaux suivant leur origine. Une mauvaise préparation due à la vétusté ou au mauvais réglage d'installations des huileries peut entrainer des retards de croissance voire même des intoxications. En fait la nocivité de ces tourteaux est mal connue tant sur les processus physiologiques qu'ils entrainent que sur leur incidence économique dans les conditions locales de Madagascar. Une expérience est actuellement en cours au Laboratoire Central de l'Elevage pour déterminer, dans ces conditions, le taux optimum d'incorporation de tourteau de coton dans les rations pour porcs en croissance puis à l'engrais. En effet, l'efficacité de la ration dépend de la quantité de matières azotées qu'elle apporte et de l'utilisation que l'animal fait de ces protéines. Un taux élevé de gossypol diminuant la digestibilité des protides et la rétention azotée, un compromis est à trouver. Compromis nutritionnel et compromis économique : les matières azotées du coton ne seront valorisées que si elles assurent un G.M.Q. et un indice de consommation comparables aux autres sources protéiques, compte tenu de leur prix.

Ces sous-produits végétaux apportent la majeure partie des protéines des rations où les aliments de base que sont le maïs, le manioc et le son constituent la source essentiellement énergétique. Ils permettent donc d'assurer l'équilibre azote-énergie des régimes. Cependant la valeur biologiques des protéines végétales est limitée par leur composition en acides aminés. La teneur en acides aminés indispensables, notamment la lysine et la méthionine, constitue le facteur limitant à la bonne valorisation de l'aliment par l'animal. Il est donc indispensable d'assurer un apport complémentaire de ces acides aminés en incorporant dans les rations, des protéines animales qui en sont riches.

## LES SOUS—PRODUITS D'ORIGINE ANIMALE

La principale caractéristique de ces aliments est leur richesse en protéines de haute valeur biologique. Le corollaire en est malheureusement un prix élevé. Aussi, comme ils assurent un apport nécessaire en acides aminés indispensables (lysine et méthionine notamment) faudra-t-il les choisir judicieusement et les utiliser rationnellement.

### *Les sous-produits d'abattoir*

#### La farine de sang.

Elle est obtenue par dessèchement du sang frais récupéré lors de l'abattage des animaux. Le rendement moyen est d'un kg de sang sec pour 5 à 6 litres de sang frais. C'est un produit théoriquement intéressant pour son apport de lysine, 65 p. 100 de celle-ci est utilisable par les animaux, c'est-à-dire environ 4,2 p. 100 du produit total. Deux obstacles majeurs s'opposent à l'utilisation des farines fabriquées à Madagascar en alimentation des porcs ou des volailles.

Le mode de préparation artisanal effectué dans les abattoirs donne des farines de qualité médiocre. Le séchage est souvent insuffisant , le séchage est réalisé au soleil à même le sol, si bien qu'une fois séché et ramassé le sang contient une forte proportion d'insoluble chlorhydrique (sables et graviers mélangés lors du séchage). D'autre part, la qualité hygiénique des sangs n'est pas contrôlée. On pourra compléter les régimes pour volailles par 2 à 4 p. 100 de farine de sang locale (à condition que la teneur en insoluble chlorhydrique ne soit pas trop importante).

Le deuxième obstacle à l'utilisation du sang séché n'est pas propre à Madagascar il réside dans le déséquilibre entre 2 acides aminés : la leucine et l'isoleucine, ce qui accentue le caractère de facteur limitant de l'isoleucine.

#### Les farines de viandes

Elles sont préparées à partir des carcasses d'animaux saisies et des déchets d'abattoirs. Les carcasses sont stérilisées à l'autoclave, séchées et broyées. Les farines de viande assurent un apport de lysine et de glycine. Par contre elles contiennent une quantité de tryptophane moindre que certaines protéines végétales (coton, arachide). En complément de régime porcs ou volailles à base de maïs (aliment pauvre en tryptophane) on associera donc la farine de viande à un autre apport de protéines animales (farine de poissons par exemple). Les farines de viandes produites à Madagascar (Tuléar, Diégo-Suarez) proviennent du traitement de la carcasse complète, non désossée. Elles contiennent de ce fait une proportion important de matières minérales (35 p. 100) et souvent également une teneur importante en matières grasses, elles présentent de plus un taux d'hydroxyproline élevé, toutes

choses qui diminuent sa valeur alimentaire. Les farines de viandes osseuse (50 p. 100 de protéines brutes) sont le mieux valorisées par les porcs : elles jouent le rôle «d'équilibreur» de la ration en acides aminés. Elles sont utilisées en association avec d'autres sources protéiques, ce qui augmente l'efficacité protéique du régime tout en réduisant son coût. A cet usage on les incorpore dans les rations au taux de 2 à 4 p. 100 environ. Pour les volailles on préferera une farine avec une haute teneur protéique (au minimum 60 p.100 de protéines brutes) et un contenu limité en matières grasses et en principes minéraux, la fraction protéique en sera mieux digérée.

### Les poudres d'os

La poudre d'os verts est obtenue par ébullition et broyage des squelettes. Elle constitue essentiellement un apport de minéraux accessoirement un apport protéique. Les matières azotées provenant des tendons ou de l'osséine ne sont pas de grande valeur alimentaire et présentent des risques d'altération. La variabilité de sa composition et son prix élevé (25 FMG/kg) limitent son emploi par rapport aux autres sources minérales.

La poudre d'os calcinés constitue la source minérale de choix. Elle ne contient plus de matières organiques mais uniquement les cendres de l'os. Sa composition minérale est alors à peu près fixe. Elle est utilisée pour équilibrer le rapport phospho-calcique des rations : elle corrige le déséquilibre entrainé par l'excès de phosphore apporté sous forme phytique, par les tourteaux ou le son. Elle titre en moyenne 35 p. 100 de calcium et 16 p. 100 de phosphore ; elle est utilisée aussi bien dans les rations des monogastriques que des ruminants. Le taux d'incorporation dans une provende complète, nécessaire pour obtenir un apport phospho-calcique suffisant et équilibré,se situe entre 2 et 3 p.100. Dans les régimes à base de sons (très riches en phosphore), l'apport minéral ne sera pas constitué uniquement par la poudre d'os mais par un mélange poudre d'os-coquillages ; ces derniers exclusivement composés de calcium (sous forme de carbonate) sont très efficaces pour compenser un excès de phosphore.

### *Les sous-produits de la pêche*

### Les farines de poissons

Nous ne reviendrons pas sur la qualité et la haute valeur biologique des protéines des farines de poissons. Les plus couramment utilisées sont des farines importées. Il s'agit alors de farine délipidées. Les farines de poissons locales (préparées à partir de Tilapia ou de sardines) sont fibreuses et se prêtent difficilement à la fabrication des provendes (homogénéisation difficile). Un autre gros inconvénient qu'elles présentent est leur forte teneur en matières grasses. Elles ne sont en effet pas délipidées et les matières grasses du poisson sont riches en acides gras insaturés. Sensibles aux phénomènes de rancissement elles donnent alors une mauvaise odeur à la provende et ne sont pas bien tolérées par les animaux.

Les farines de crevettes

Confronté au problème du peu de disponibilités en protéines animales riches en acides aminés indispensables face aux besoins de l'élevage, Madagascar a pensé à utiliser la faune de crustacés abondante et variée dont elle dispose. Les crevettes utilisées pour l'alimentation animale sont essentiellement les grosses crevettes de mer. Leur pêche se pratique sur la Côte-Ouest, dans la région de Majunga. Ces crevettes sont conditionnées en vue de l'exportation (élimination des céphalothorax ou «têtes», calibrage et congélation). Cette préparation industrielle laisse un tonnage important de déchets (plusieurs centaines de tonnes de têtes par an). Séchées et broyées, les farines de têtes de crevettes constituent un apport minéral et protidique Leur composition moyenne est la suivante (en p. 100 du produit sec) :

| | | |
|---|---|---|
| Matières minérales | 25,6 | |
| Matières grasses | 6,5 | |
| Matières azotées | 58,7 | (variable entre 50 et 60 p. 100) |
| Insoluble chlorhydrique | 0,51 | |
| Phosphore | 1,35 | |
| Calcium | 7,47 | |
| Chlorures (en NaCl) | 2,98 | d'après GAULIER (1970) |

Les protides sont moins riches que ceux d'une farine de poisson en ce qui concerne notamment les acides aminés soufrés, la lysine, l'isoleucine et l'histidine.

| en p. 100 de M.S. | Protides de référence (farine de poisson) | Têtes de crevettes |
|---|---|---|
| Cystine | 0,8 | 0,4 |
| Méthionine | 2,14 | 1,4 |
| Isoleucine | 3,8 | 2,4 |
| Histidine | 1,8 | 1,0 |
| Lysine | 6,5 | 3,2 |

Bien qu'il soit moins équilibré qu'une farine de poisson, ce produit est cependant capable de s'y substituer et de fournir un apport important des principaux acides-aminés. Il constitue d'autre part une bonne source de phosphore et surtout de calcium.

Les limites d'utilisation de la farine de crevettes, outre son prix, lourdement grevé par les frais de transport, qui lui permet mal de concurrencé la farine de poisson, est son manque d'appétence pour le porc. La farine de têtes de crevettes distribuée seule à des porcs à l'engrais en complément d'un régime à base de manioc, et à une dose journalière de 500 g par animal, est mal acceptée par les porcs. Ils la consomment difficilement sans doute en raison de son odeur. Incorporée dans une provende complémentaire du manioc, au taux de 20 p. 100 elle assure un croît quotidien satisfaisant malgré un indice de consommation élevé. Ce dernier point peut résulter

de la teneur en chitine de la farine de crevettes. La chitine en fait un aliment peu digestible et exercerait un effet dépressif sur la digestibilité des autres ingrédients de la ration. Malgré ces restrictions, la farine de crevettes reste un aliment intéressant qui peut se substituer en partie à la farine de poissons : incorporée dans des provendes complémentaires à des taux inférieurs à 20 p. 100 elle permet de valoriser des régimes pauvres en protéines, à base de manioc par exemple.

## LES SOUS—PRODUITS «DE CONDITIONNEMENT»

Les produits agricoles destinés à l'exportation sont soumis à des normes très strictes. Lors du conditionnement une proportion parfois importante de produits non conformes est éliminée. Certains d'entre eux peuvent être valorisés sur les lieux mêmes de production par l'élevage.

C'est le cas par exemple des déchets de bananes qui peuvent constituer un aliment de base bon marché pour l'élevage et l'engraissement des porcs dans la province de Tamatave On trouvera d'ailleurs dans ce numéro le compte rendu et les résultats de l'expérience menée sur ce thème par le Laboratoire Central de l'Elevage et le Service Provincial de l'Elevage de Tamatave.

La Province de Tuléar dispose elle de grosses quantités de graines de Pois du Cap «Hors Normes». Ces graines sont déclassées pour l'exportation en raison de leur degré d'infestation parasitaire ou de leur aspect (graines brisées). Elles peuvent par contre représenter un aliment d'appoint pour les animaux et notamment pour les porcs. Ces graines de légumineuse constituent un apport azoté non négligeable (20 à 25 p. 100 de protéines brutes). Leur composition est la suivante :

en g. p. 100 de produit brut

| | |
|---|---|
| Matières sèches | 90 |
| Matières minérales | 4,5 |
| Matières grasses | 1 |
| Matières azotées | 25 |
| Cellulose brute | 6 à 12 |
| Extractif non azoté | 48 à 52 |
| Insoluble chlorhydrique | 0,1 à 0,7 |
| Calcium | 0,1 à 0,15 |
| Phosphore | 0,35 à 0,4 |

Cependant il est classiquement admis que les protéines des graines de légumineuses consommées crues ont une faible valeur nutritionnelle du fait de l'existence de facteurs antinutritionnels (anti enzymes digestifs). D'autre part les Pois du Cap contiennent un glucoside cyanogénétique : la phaséolunatine qui diminue l'appétence des rations à base de graines crues et peut même éventuellement entrainer des intoxications par les cyanures. Aussi les recommandations actuelles sont-elles de ne pas dépasser un taux d'incorporation de 15 p. 100 de graines de Pois du Cap crues dans les rations porcs. Une expérience est actuellement en cours au Laboratoire Central de l'Elevage en vue d'étudier le comportement et le niveau de consommation

de porcs soumis à des régimes en contenant des taux plus importants et d'en déterminer les coefficients d'utilisation digestive des protéines et de rétention azotée. Cette expérience a également pour but de comparer les valeurs alimentaires des graines de Pois du Cap crues et après différents modes de cuisson. La cuisson serait en effet susceptible d'améliorer la qualité nutritionnelle des protéines et de permettre, par destruction du principe toxique, des taux d'incorporation dans les provendes beaucoup plus importants.

## CONCLUSION

Nous avons vu sur quelques exemples l'utilisation que l'on pouvait faire des sous-produits industriels en alimentation animale. Ces exemples ont été choisis soit parmi les sous-produits locaux dont Madagascar dispose, ou risquera de disposer dans l'avenir en grande quantité (sons de riz, tourteau de coton) soit au contraire parmi ceux dont le pays manque, que la production locale soit trop faible ou de qualité insuffisante (farines animales). Dans un cas comme dans l'autre une bonne valorisation des sous-produits en nécessite une utilisation judicieuse. Le choix et l'emploi d'un sous-produit devra tenir compte de l'animal transformateur, de l'aliment de base qu'il devra complémenter, des possibilités d'approvisionnement (disponibilités aux différentes périodes de l'année, stabilité du prix). Ainsi nous avons vu que le meilleur utilisateur, du point de vue nutritionnel comme du point de vue économique, est bien souvent le porc. Cependant des contraints techniques : qualité des produits, quantités à ne pas dépasser dans les rations sont à observer. Les volailles valorisent bien certains sous-produits également mais les contraintes qu'elles imposent sont la plupart du temps plus restrictives. Le sous-produit industriel est généralement un aliment azoté dont l'emploi ne se conçoit donc qu'en fonction du régime de base qu'il complète; c'est un élément, parmi d'autres, de l'ensemble que forme la ration. Dans la formulation de rations au moindre coût, son incidence économique est importante mais non indépendante, il y a interaction entre les différents constituants de la ration. Ainsi, si l'élevage permet de transformer les sous-produits industriels en aliments nobles, c'est parce que ces sous-produits valorise les aliments énergétiques de base que sont le maïs et le manioc.

Aussi faut-il que ceux-ci soient produits en quantité suffisante. Une bonne utilisation des sous-produits industriels ne se conçoit donc que dans une action concertée et intégrée de développement agricole.

# BIBLIOGRAPHIE SUCCINCTE


— BRANCKAERT (R) et VALLERAND (F) — Zootechnia — 1968 — XVII, nº 1 (73).

— DUMAS (R) — «Technologie et compositions des tourteaux de Madagascar» — *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux, 1963*, 16 (2) : 237-61.

— GAULIER (R) — «Note sur la composition en acides aminés de crevettes pouvant être utilisées dans l'alimentation des animaux d'élevage à Madagascar» — *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 1070, 23 (2) : 243-48.

— JACQUOT (R) et FERRANDO (R) — Les Tourteaux (Vigot Frères, Editeurs)

— PICCIONI (M) — *Dictionnaire des Aliments pour les animaux* — EDAGRICOLE.

— REVIERS (B de) et GAULIER (R) — «Les sons et issues de riz dans l'alimentation du bétail à Madagascar» — *Rapport I.E.M.V.T.* (1970).

— SERRES (H) — «Eléments d'Alimentation du bétail à Madagascar» — *Rapport I.E.M.V.T.*

— SMITH (H.A) — *The pathology of gossypol poisonning* — Am. J. Pathol. 1956 : 353-365

— TILLON (J.P.) — «Altérations de la farine basse de riz au cours du stockage» — *Rapport I.E.M.V.T.* (1972).

— TILLON — «Conseils pratiques pour l'alimentation des porcs et des volailles à Madagascar» *Rapport I.E.M.V.T.* (1971).

— LYMAN (C.M.) et al — *Réactions of Protéins with Gossypol* — Arch. Biochem. and Biophys. 1959, 84 : 484-497.

— VAILLANT (R) — *Les aliments du Bétail à Madagascar* — Publié par l'Imprimerie officielle de Tananarive — 1957.

— WATT (J.M.) et BREYER-BRANDWIJK (M.G.) — *Médicinal and poisonnous plants of Southern and Eastern Africa* — E et S. LIVINGSTONE LTD.