

REPUBLIQUE DU SENEGAL

-----  
INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES  
AGRICOLAS (I.S.R.A.)

-----  
LABORATOIRE NATIONAL DE L'ELEVAGE  
ET DE RECHERCHES VETERINAIRES

DAKAR-HANN

ZV0000 809

*LA FORMULATION DES ALIMENTS*

*DU BETAIL*

*Par Safiétou FALL*

1986

## INTRODUCTION

*La formulation des aliments du bétail est la combinaison des matières premières (pâturage naturel, résidus de récolte et sous-produits agro-industriels) visant à couvrir les besoins nutritionnel d'une espèce donnée à un stade déterminé de sa vie et dans le but d'assurer un certain type de production à un certain niveau.*

*Cet aliment doit être conçu de façon à préserver le coût le plus faible.*

*La formulation des aliments du bétail a pour but d'aider à la planification de l'utilisation des ressources alimentaires disponibles pour le bétail à l'échelle d'un pays. Elle implique donc une utilisation intégrée des ressources alimentaires dans l'optique de l'amélioration des productions animales.*

*Pour chaque sous-produit agro-industriel et résidu de récolte, selon chaque type et niveau de production et selon chaque espèce, la détermination de la quantité à distribuer et de la composition d'un mélange techniquement et économiquement optimal est une condition importante de rentabilisation des opérations de production de viande, de lait et d'oeuf.*

*La formulation des aliments du bétail a donc des avantages mais aussi des inconvénients.*

*La variation de la valeur alimentaire des ingrédients (résidus de récolte, sous-produits agro-industriels, pâturages naturels) et des besoins nutritionnels, limite la précision qu'on pourrait attendre de la méthode mathématique utilisée comme procédure de formulation .*

*En effet, la réalisation ou la reproduction exacte des performances théoriquement attendues peut quelques fois poser des problèmes. Cependant, une formulation à partir de la valeur alimentaire moyenne des ingrédients disponibles, et une estimation des besoins nutritionnels permet d'approcher les niveaux de production théoriquement attendus.*

RESUME

*La formulation des aliments du bétail est la combinaison des ressources alimentaires disponibles pour le bétail (pâturages naturels, résidus de récolte, sous-produits agro-industriels) pour couvrir les besoins nutritionnels d'une espèce donnée à un stade déterminé de sa vie et dans le but d'assurer un certain type de production à un certain niveau.*

*En préservant le moindre coût, la formulation des aliments du bétail vise l'utilisation planifiée et économique de l'ensemble des ressources alimentaires disponibles.*

*La formulation simple par tâtonnements et bilan de formules successives jusqu'à obtention du mélange optimal prend beaucoup de temps.*

*Elle tends à être remplacée par la méthode informatique par programmation linéaire, l'introduction de micro-ordinateur pouvant être rentabilisé au sein de groupements d'éleveurs à l'échelle d'une région ou d'un pays.*

*Si la satisfaction des contraintes techniques (besoin des animaux) est une nécessité, la préparation technologique peut être simplifiée et l'aliment préparé artisanalement au niveau de la ferme ou de l'atelier de production.*

## I - LES CONTRAINTES DE LA FORMULATION DES ALIMENTS DU BÉTAIL

*L'aliment fabriqué doit satisfaire simultanément à 6 types de contraintes.*

### 1°) - Les contraintes zootechniques

*Elles concernent l'influence de la matière première sur la production animale.*

*La mélasse par exemple qui est une source glucidique facilement utilisable détermine une fermentation à prédominance propionique dans le rumen et favorise ainsi la production de viande. Utilisée en excès, elle a par contre un effet négatif sur la production laitière favorisée par une fermentation plutôt acétique.*

*Chez la volaille, sa haute teneur en potassium provoque des diarrhées qui humidifient les litières et développent un microbisme d'élevage.*

*Donc selon leurs caractéristiques chimiques, les matières premières ont une influence positive ou négative sur les productions animales. Il est important d'en tenir compte dans leur choix.*

### 2°) - Les contraintes nutritionnelles

*Elles tiennent à la satisfaction des besoins nutritionnels des animaux. Ces besoins sont d'ordre énergétique, protéique, minéral (macro et oligo éléments) et vitaminique. Ils doivent être satisfaits en tenant compte d'une capacité d'ingestion définie.*

*Les besoins nutritionnels des différentes espèces animales ont une source principalement bibliographique.*

*L'ARC, NRC, INRA par exemple ont établis des normes concernant les races tempérées.*

*Ces travaux de recherches ont commencé et se poursuivent dans les pays tropicaux pour la détermination de besoins spécifiques aux races tropicales.*

Ces tables des besoins tiennent compte d'une certaine marge d'erreur liée aux variations des quantités ingérées et de la valeur alimentaire des matières premières.

### 3. Les contraintes alimentaires :

Elles concernent la valeur alimentaire des matières premières et de l'aliment fini. Elles sont déterminées par l'analyse bromatologique, la digestibilité. Ces mesures ont de plus en plus tendance à être complétées par la dégradabilité des nutriments in situ pour caractériser leur disponibilité. L'aliment fini doit être appéttable et bien consommé par les animaux pour atteindre les niveaux de production attendus.

### 4. Les contraintes technologiques :

Après la détermination des proportions dans lesquelles les matières premières doivent être mélangés, le traitement technologique consiste essentiellement en 4 opérations : le broyage, le mélange, la granulation, le floconnage.

Le broyage se fait à un tamis déterminé.

Le mélange doit être homogène et stable pour éviter qu'un tri soit effectué.

Les granulés ont un diamètre et une dureté variable en fonction de l'espèce animale. Si le bovin peut parfaitement consommer un concentré homogène non granulé ou à granulation grossière et friable, <sup>pour</sup> le lapin par contre, il faut une granulation obligatoire fine et très dure qu'il peut ronger avec ses incisives ; la présentation de l'aliment sous une forme farineuse ou en granule friable provoque; une rhinite allergique.

Il existe actuellement des appareils sophistiqués et très opérationnelles mais d'un coût énergétique dont la rentabilité n'est pas toujours évidente.

Notons que ces quatre opérations ne sont pas toujours nécessaires. Chez les ruminants, le **mélassage** des pailles et coques peut se faire au niveau de l'atelier de production à l'aide d'une fourche.

En revanche chez les volailles l'aliment doit avoir une texture semoulaire qui requiert un broyage et un mélange adéquat.

Le granulé doit avoir une bonne présentation, pour cela un choix judicieux des matières premières est nécessaire.

Exemple : le blé au broyage a une texture pulvérulente qui favorise les pertes au cours de la consommation chez la volaille.

Pour la bonne tenue de l'aliment, son incorporation est limitée à 30 % chez les pondeuses.

On lui préfère le maïs, plus riche en matière grasse, plus riche en carotène et a une texture semoulaire parfaite.

#### 5. Les contraintes économiques :

L'incorporation d'une matière première à un aliment doit se justifier par une disponibilité locale satisfaisante.

Le coût du transport limite la rentabilité de l'aliment. De même les unités de fabrication des aliments du bétail doivent se localiser dans les lieux de production pour que l'offre soit en adéquation avec la demande dans une même zone.

#### 6. Les contraintes légales :

Elles concernent les additifs alimentaires. Ils doivent être incorporés dans les aliments à des taux permis par la législation locale.

## II - METHODES DE FORMULATION DES ALIMENTS

La formulation tient compte d'une part de la valeur alimentaire des matières premières, de leur prix et d'autre part des besoins nutritionnels des animaux. Le mélange doit satisfaire ces besoins au moindre coût.

Les matières premières mélangées ont une action additive. On tiendra compte de la somme des besoins de l'animal : entretien + production.

#### 1. La formulation simple :

La formulation se fait par "tatonnement" en tenant compte des normes bibliographiques concernant la valeur alimentaire des aliments et les besoins des animaux.

Tableau 3 : Valeur alimentaire des aliments disponibles

Matières premières	Prix	Cellulose brute p.100	Matière sèche kg/kg	Energie métabolisable cal/kg	Matière protéique brute p.100	Calcium P.100	Phosphore p.100	Lysine p.100	Méthionine p.100
Maïs	90	2	0.90	3 445	9	0.03	0.27	0.20	0.18
Sorgho	85	2	0.90	3 270	11	0.04	0.29	0.30	0.16
Son de blé	20	10	0.85	1 300	15	0.15	1.15	0.50	0.17
Farine de poisson	165	1	0.85	2 980	61	5.5	2.8	5.30	1.80
Tourteau d'arachide	55	13	0.85	2 650	48	0.2	0.65	2.3	0.4
Carbonate de calcium	120	0	0.97	0	0	37.5			
Poudre d'os	65	0	0	0	12	29	13.5	0	0

Exemple : Formule alimentaire pour pondeuse à partir de 22 semaines avec comme aliments disponibles :

le maïs broyé,  
le sorgho broyé,  
le son de blé,  
la coque d'arachide broyée,  
la farine de poisson,  
le tourteau d'arachide,  
le carbonate de calcium,  
la poudre d'os.

L'aliment doit titrer :

2750 à 2950	kcal	d'énergie métabolisable	EM
16 à 17.5	%	de matière protéique brute	M.B.P.
3 à 6	%	de cellulose brute	C.B.
3.5 à 4	%	de calcium	Ca
0.7 à 0.8	%	de phosphore	P
0.5 à 0.7	%	de lysine	Lys.
0.3 à 0.5	%	de méthionine.	Méth.

La valeur alimentaire des matières premières disponibles. (figure au tableau 3);

On procède par tâtonnement pour avoir un mélange des matières premières disponibles, susceptibles de satisfaire les besoins nutritifs.

Soit la formule 1 :

Mais	40 %
Sorgho	25 %
Son de blé	10 %
Farine de poisson	5 %
Tourteau d'arachide	15 %
Carbonate de calcium	5 %

Formule 1 :

Calcul des apports

Matières Premières	Apports								
	Q	MS	CB %	EM kcal/kg	MP B %	Ca %	P %	Lys. %	Mét. %
Maïs	40	36	0.72	1240.2	3.24	0.010	0.097	0.072	0.064
Sorgho	25	22.5	0.45	735.75	2.47	0.009	0.065	0.067	0.036
Son de blé	10	8.5	0.85	110.5	1.27	0.012	0.097	0.042	0.014
Farine de poisson	5	4.25	0.042	126.65	2.59	0.23	0.119	0.225	0.076
Tourteau d'arachide	15	12.75	1.65	337.87	6.12	0.025	0.082	0.279	0.048
Carbonate de calcium	5	4.85	0	0	0	1.818	0	0	0
Total	100	88.85	3.71	2550.9	15.69	2.09	0.46	0.685	0.238
Total % MS		100	4.17	2871.0	17.65	2.35	0.51	0.770	0.267
Besoin		100	3 à 6	2753 à 2900	16 à 17.5	3.5 à 4	0.7 à 0.8	0.5 à 0.7	0.3 à 0.5
Bilan			+	+	+			+	(légèrement)

L'énergie et les matières protéiques sont équilibrées.  
Par contre il y a un déficit minéral non négligeable.

Formule 2 :

Calcul des apports

Matières Premières	APPORTS								
	Q	MS	CB	EM	MP B	Ca	P	Lys.	Mét.
Maïs	41	36.9	0.73	1271.2	3.32	0.011	0.099	0.073	0.066
Sorgho	22	19.8	0.39	647.4	2.17	0.0079	0.057	0.059	0.031
Son de blé	9	7.65	0.76	99.4	1.14	0.0114	0.087	0.038	0.013
Farine de poisson	5	4.25	0.042	26.6	2.59	0.23	0.119	0.225	0.076
Tourteau d'arachide	15	12.75	1.65	337.8	6.12	0.25	0.082	0.279	0.048
carbonate de calcium	6	5.82	0	0	0	2.18	0	0	0
Poudre d'os	2	1.94	0	0	0.23	0.56	0.26	0	0
<b>Total % MB</b>	<b>100</b>	<b>89.11</b>	<b>3.57</b>	<b>482.5</b>	<b>15.5</b>	<b>3.25</b>	<b>0.70</b>	<b>0.67</b>	<b>0.23</b>
<b>Total % MS</b>		<b>100</b>	<b>4</b>	<b>2786</b>	<b>17.4</b>	<b>3.64</b>	<b>0.79</b>	<b>0.75</b>	<b>0.26</b>
<b>Besoin</b>			<b>3 à 6</b>	<b>2750 à 2900</b>	<b>16 à 27.5</b>	<b>3.5 à 4</b>	<b>0.7 à 0.8</b>	<b>0.5 à 0.7</b>	<b>0.3 à 0.5</b>
<b>Bilan</b>				<b>-</b>		<b>-</b>	<b>-</b>		<b>-</b>

Formule optimale.

L'on doit souvent faire plusieurs bilans de formules avant de trouver les proportions adéquates.

La méthode par tâtonnement est donc fastidieuse. Elle tend à disparaître au profit de méthodes informatiques de calcul plus rapides et capables d'intégrer les aspects économiques de la formulation alimentaire.

2) La programmation linéaire :

L'ensemble des contraintes est simultanément satisfait à l'aide d'un système d'inéquations.

Les contraintes :

- au moins 2750 kcal d'énergie métabolisable
- au plus 2900 kcal " "
- au moins 21 % de protéine brute
- au maximum 6 % de cellulose brute
- au moins 0.7 % de phosphore
- au minimum 3.5 % de calcium
- au minimum 0.5 % de lysine
- au minimum 0.3 % de mkthionine

La réalisation simultanée de ces conditions se fait en mélangeant les matières premières figurant au tableau 1 au moindre coût.

L'Expression algébrique des contraintes techniques donne un système de plusieurs inéquations à plusieurs inconnus :

$$\begin{aligned} & +3270 x_2 \\ 2900 \text{ kcal} & \geq 3445 x_1 + 1300 x_3 + 2980 x_4 + 2650 x_5 \geq 2750 \text{ kcal} \\ 17.5 \% & \geq 9 x_1 + 11 x_2 + 15 x_3 + 61 x_4 + 48 x_5 \geq 16 \% \\ 6 & \geq 2 x_1 + 2 x_2 + 10 x_3 + x_4 + 13 x_5 \geq 3 \\ 4 & \geq 0.03 x_1 + 0.04 x_2 + 0.15 x_3 + 5.5 x_4 + 0.2 x_5 + 37.5 x_6 \geq 3.5 \\ 0.8 & \geq 0.27 x_1 + 0.29 x_2 + 1.15 x_3 + 2.8 x_4 + 0.65 x_5 \geq 0.7 \\ 0.7 & \geq 0.20 x_1 + 0.30 x_2 + 0.50 x_3 + 5.3 x_4 + 2.3 x_5 \geq 0.5 \\ 0.5 & \geq 0.18 x_1 + 0.16 x_2 + 0.17 x_3 + 1.80 x_4 + 0.4 x_5 \geq 0.3 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 & = 1 \end{aligned}$$

Avec : x1 : pourcentage de maïs incorporé dans la formule

x2 : " " sorgho " " " "

x3 : " " son de blé

x4 : " " farine de poisson " " " ;

x5 : " " Tourteau d'arachide " "

dans la formule

x6 : pourcentage de carbonate de calcium incorporé dans la formule;

Minimisation du coût :

$$\text{Min. } [90 x1 + 85 x2 + 20 x3 + 165 x4 + 55 x5 + 120 x6]$$

Le système de n équation à m 'Inconnu est résolu sur ordinateur.

Il existe aujourd'hui sur le marché des logiciels très performants qui mémorisent la valeur alimentaire des aliments et les besoins des animaux.

Connection avec Minitel donne des informations sur les fluctuations quotidiennes du cours des matières premières à l'échelle internationale permettant une satisfaction de la contrainte économique avec les prix réels du marché.