

LABORATOIRE D'ETUDES DE L'UTILISATION  
DIGESTIVE ET METABOLIQUE DES ALIMENTS

---

CENTRE DE NUTRITION

---

INSTITUT DE RECHERCHES MEDICALES  
ET D'ETUDES DES PLANTES MEDICINALES

---

DELEGATION GENERALE  
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ET TECHNIQUE  
C A M E R O U N

---

DETERMINATION DE L'UTILISATION DIGESTIVE ET METABOLIQUE  
DE LA MATIERE AZOTEE D'UN REGIME

---

QUELQUES DONNEES CHIFFREES ET QUELQUES EXEMPLES  
POUR L'ETABLISSEMENT DES RATIONS ALIMENTAIRES.  
APPLICATION AU RAT EN CROISSANCE

André CORNU  
Chargé de Recherche

Octobre 1982

OCT 1982  
O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° 20 442  
Cpte B

73

## PRÉPARATION DES RÉGIMES

### I. Acides aminés

Il est indispensable de connaître la composition en acides aminés de l'échantillon d'aliment à tester, qui sera dans notre exemple un tourteau d'arachide.

1) La composition en acides aminés est exprimée en gramme pour seize grammes d'azote.

ex (tableau 1) lysine 3,30 g/16 g d'N

soit 1,59 % MS

ou encore représente 7,64 % de la somme des acides aminés indispensables (dans l'exemple cette somme = 43,18 g)

2) Les besoins du Rat pour la croissance sont connus et sont exprimés en g/kg de MS de régime. Le régime expérimental est établi de telle sorte que la protéine de l'aliment à tester est la seule qui apparaît dans l'aliment. Pour le Rat, 1 kg de MS d'aliment doit apporter 120 g de matières azotées. On doit donc exprimer les apports en acides aminés de l'aliment en g/kg MS du régime (tableau 2)

Dans notre exemple

lysine de l'aliment 3,30 g/16 g N

matière azotées de l'aliment 48,19 g % MS.

Dans 1 kg de MS du régime il devra donc y avoir

$$\frac{120 \times 100}{48,19} = 249 \text{ g de MS de l'aliment}$$

$$\text{soit } \frac{1,59 \times 249}{100} = 3,96 \text{ g de lysine}$$

Les besoins en cet acide aminé étant de 8,5 g/kg de MS il faudra donc ajouter 4,54 g de lysine de synthèse.

#### Remarque

1) En ce qui concerne les acides aminés on supplémente avec la méthionine jusqu'à ce que la somme meth + cyst arrive au niveau des besoins.

2) L'expression  $AAI \% \sum AAI$  permet de comparer à un régime type l'équilibre des divers acides aminés en présence dans le régime.

La supplémentation en lysine (PM 146,2) est effectuée à partir de lys HCl (PM 182,7). Il faudra donc apporter

$$4,54 \times \frac{182,7}{146,2} = 5,67 \text{ g de lys HCl.}$$

## II. Minéraux

Il est indispensable de connaître la composition en Mg, K, Na, P et Ca de l'aliment à tester, afin de pourvoir aux carences éventuelles.

Pour les oligoéléments on couvre tous les besoins par un apport extérieur (tableaux 3 et 4).

249 g de l'aliment apportent

$$249 \times \frac{0,84}{100} = 2,09 \text{ g P}$$

$$249 \times \frac{0,16}{100} = 0,40 \text{ g Ca}$$

Il est donc nécessaire d'ajouter

$$7 - 2,09 = 4,91 \text{ de P}$$

$$10 - 0,40 = 9,6 \text{ de Ca}$$

Ceci à l'aide de Ca H PO<sub>4</sub>

Ca H PO <sub>4</sub>	PM =	136,04	
P	PM =	41	(22,8 %)
Ca	PM =	40	(29,4 %)

Soit pour couvrir le besoin en phosphore

$$\frac{100 \times 4,91}{22,8} = 21,54 \text{ g de Ca H PO}_4$$

Ce qui constitue également un apport de 6,33 g de Ca.

Il manque donc  $9,60 - 6,33 \text{ g} = 3,27 \text{ g}$  de Ca  
apportés par  $8,18 \text{ g}$  de  $\text{Ca CO}_3$ .

Remarque

Lorsque les prémélanges en minéraux et en oligo-  
éléments ont été incorporés au régime il convient de mesurer le  
pH du régime.

Exemple

Admettons que le prémélange minéral soit constitué

de :	0,26 g	Mg $\text{CO}_3$	
	0 g	$\text{K}_2 \text{CO}_3$	
	5 g	$\text{NaCl}$	(non dosé - couverture totale) du besoin
	21,54 g	$\text{Ca H PO}_4$	
	8,18 g	$\text{Ca CO}_3$	
	<hr/>	<hr/>	
	34,98 g	total	

On a intérêt à compléter cette somme avec  $15,02 \text{ g}$   
d'amidon de blé (soit  $13,65 \text{ g}$  de MS car  $90,9 \% \text{ MS}$ ) ce qui permet  
de faciliter les mélanges ultérieurs.

Pour le mélange d'oligoéléments on réalise également  
un prémélange avec l'amidon de blé soit :

$611,42 \text{ mg}$  sels +  $19,39 \text{ g}$  MS amidon.

III. Vitamines

Le mélange de vitamines représente  $719,25 \text{ mg}$

On réalise un prémélange en ajoutant  $19,28 \text{ g}$   
de MS d'amidon de blé.

Le chlorure de choline et la biotine sont ajoutés  
sous forme de solution, respectivement  $5 \text{ ml}$  à  $40 \text{ mg/l}$  et  $200 \text{ mg/l}$ .

Les vitamines A et D2 sont ajoutées à l'huile de  
maïs (tableau 4).

IV - Composition du régime

(tableau 5)

On a déterminé jusqu'à présent, en g de MS

aliment à tester	249 g
agar-agar	30
macroéléments	34,98
oligoéléments	0,611
vitamines	0,719
acides aminés de synthèse	
Thr	2
val	1,1
ileu	1,4
leu	0,8
meth	2,5
lys	4,54
huile de maïs vitaminée	<u>20</u>
Total	347,65 g de MS

Il convient donc de déterminer les quantités d'amidon de blé et d'huile d'arachide à ajouter au régime.

La première équation qu'on peut écrire est  
amidon g + huile arachide g + 347,65 g = 1000 g

L'énergie brute du régime doit être 4500 Kcal/kg MS.

Les valeurs énergétiques suivantes sont appliquées

protides	5,7
lipides	9,2
glucides	4,1
amidon de blé	4,097 (déterminée au laboratoire)

La deuxième équation sera

$$4,097 \text{ amidon} + 9,2 \text{ huile} + 347,65 \text{ énergie à déterminer} = 4500.$$

Caractéristiques des 249 g d'aliment à tester

92,7	% MS			
48	% m.a.	120	x	5,7 = 684
44	% glucides	110	x	4,1 = 451
1	% lipides	2,49	x	9,2 = 22,9

} 1157,9 Kcal



Autres apports

agar-agar	120 K cal	(origine glucidique uniquement)
acides aminés	70,4 K cal	(origine protidique uniquement)
huile de maïs	<u>184 K cal</u>	(origine lipidique uniquement)
Total	374,4 K cal	

Le seconde équation devient donc :

$$4,097 \text{ amidon} + 9,2 \text{ huile} + 1532,3 = 4500$$

$$\text{d'où huile d'arachide} = 57,8 \text{ g / kg MS}$$

$$\text{et amidon de blé} = 594,54 \text{ g / kg MS.}$$

On se rappellera qu'avec ce mode de calcul on doit tenir compte des quantités d'amidon présentes dans les trois prémélanges.

Ainsi donc la composition du régime correspond aux besoins du rat, du moins tels qu'ils sont exprimés dans l'état actuel de nos connaissances.

Remarques

- La quantité d'huile d'arachide présente dans le régime ne doit pas dépasser 10 p. cent.

- L'agar-agar (polyoside extrait d'algues) est incorporé afin de pouvoir préparer le régime sous forme semi-liquide.

- Les acides aminés de synthèse utilisés seront :

la lysine HCl

la L thréonine

la DL méthionine.

V - Régime témoin

Il est indispensable dans toute mesure de digestibilité ou de croissance de travailler avec un régime témoin qui se distingue du régime expérimental par le fait que l'apport en protéines est assuré, soit par une farine de poisson, soit par la caséine, deux protéines de haute valeur biologique, donc à la fois bien utilisées par la voie digestive et par la voie métabolique.

Il est donc évident que le régime témoin et le régime expérimental doivent être en tous points comparables, du moins

quantitativement. C'est à l'expérimentation de juger l'aspect qualitatif qui nous intéresse.

## MESURE DE L'UTILISATION DIGESTIVE ET METABOLIQUE

### I. Durée de l'expérience

Lorsqu'un animal arrive dans la raterie, 6 jours lui sont nécessaires pour s'adapter à ses nouvelles conditions de vie. Il reçoit alors un aliment standard.

Toute période expérimental est précédée d'une période d'adaptation au régime de 7 jours.

La période de mesure sera ensuite de 5 jours (avec 5 rats minimum) pour la digestibilité et 10 jours (avec 10 rats minimum) pour la croissance.

Le poids initial des animaux est de 120 grammes.

### II. Répartition des animaux

La répartition des rats en lots doit se faire de telle sorte que chaque lot présente des valeurs moyennes identiques pour la croissance et pour le poids des animaux. Pour cela une observation est nécessaire au cours de la période préexpérimentale qui permet d'établir une représentation graphique telle qu'indiquée en annexe, pour exemple.

Soit à constituer 3 lots de rats à partir de 10 rats. On tient compte des nuages de points en essayant de rassembler les plus proches par ensembles de 3 unités (fig 1). Ainsi si l'on décide de commencer par le rat n° 3 et de le placer dans le lot 1, on continuera par le n° 9 qui ira dans le lot 2 et le n° 10 dans le lot 3.

On opère donc en quelque sorte en effectuant une permutation circulaire qui nous oblige à placer les rats n° 2 et 8 dans le lot 1.

on a donc pour finir :

	:	L O T S		
	:	1	2	3
A	:	3	9	10
N	:	2	1	6
I	:	8	7	5
M	:			
A	:			
U	:			
X	:			

La disposition des animaux dans les cages individuelles doit être réalisée de telle sorte que les phénomènes extérieurs qui peuvent avoir un effet sur le comportement des animaux soient perçus de façon identique par les différents lots.

On peut opérer en utilisant une table de nombres au hasard. Une façon très utilisée est aussi de répartir les animaux comme suit.

Exemple : 20 animaux formant 5 groupes de 4

	:	1er animal :	1 animal :	1	:	1
	:	du lot ①	du lot ②	③	:	④
1	:	2	2	2	:	2
	:	⑤	①	②	:	③
2	:	2	3	3	:	3
	:	④	⑤	①	:	②
3	:	3	3	3	:	4
	:	③	④	⑤	:	①
4	:	4	4	4	:	4
	:	②	③	④	:	⑤

- Lot 1 ○
- Lot 2 △
- Lot 3 □
- Lot 4 ◇
- Lot 5 ○

### III. Résultats (tableaux 6, 7, 8)

Le coefficient d'utilisation digestive de l'échantillon est calculé en supposant que :

- le CUD de l'amidon est de 98 %
- le CUD de l'huile est de 97 %
- le CUD des acides aminés est de 100 %.

Rappel : 
$$CUD_a = \frac{\text{Ingère} - \text{Fèces}}{\text{Ingère}}$$

$$CR_a = \frac{\text{Ingère} - \text{Fèces} - \text{Urine}}{\text{Ingère} - \text{Fèces}}$$

$$CUP = \frac{\text{Ingère} - \text{Fèces} - \text{Urine}}{\text{Ingère}}$$

Il y a quelques années un certain nombre de paramètres étaient calculés tels que la valeur biologique qui font intervenir des données difficiles à déterminer : pertes fécales métaboliques et pertes urinaires endogènes.

On préfère actuellement mesurer certains paramètres, indicateurs plus directs de l'utilisation digestive et métabolique.

Ainsi il est utile de compléter les expériences de digestibilité par l'étude des acides aminés des fèces, ce qui permet d'en vérifier l'origine (alimentaire, bactérienne, endogène)  
réf. : Ann Biol Anim Bioch Biophys 1977, 17 (4), 625 - 631.

Pour les expériences de croissance la connaissance des teneurs en acides aminés libres sanguins et musculaires est importante.

#### Désinfection des locaux

au formol puis ammoniacal (acheté en pharmacie pour désinfecter les chambres des malades).

QUELQUES ADRESSES UTILES

farine de poissons	La Minière - INRA ( 240 FF/100 kg HT)
aliment standard	JOURDAN BP 1 63260 AIGUEPERSE SANDERS 91200 ATHIS-MONS
produits vétérinaires	VEGETADROG 20 place des Vosges 75004 PARIS
vitamines	SOBIODA 23, rue Aimé Bouchayer BP 10 38 SEYSSINET
hygiène-décontamination	IFFA - CREDO
acides aminés de synthèse	AJINOMOTO ACIDS représenté par Végétadrog
amidon de blé	REMY 27 GAILLON
agar-agar	LOUIS FRANCOIS Galia 94 ST MAUR
animalerie	PAJON René 32 Gallouedec Semoy 45400 FLEURY LES AUBRAIS
caseine	UNION - CASEINE 17 SURGERES

T A B L E A U 1

COMPOSITION EN ACIDES AMINES DE L'ECHANTILLON

	g/16g N	% MS	sans cys			
			avec try		sans try	
			AA %	AAI % Σ AAI	AA %	AAI % Σ AAI
Ac. Aspartique						
THREONINE						
Sérine						
Ac. glutamique						
Proline						
Glycine						
Alanine						
VALINE						
CYSTINE						
METHIONINE						
ISOLEUCINE						
LEUCINE						
TYROSINE						
PHENYLALANINE						
LYSINE						
HISTIDINE						
ARGININE						
TRYPTOPHANE						
Nx6,25 % M.S.		Σ A.A.I. % M.A.				Mg % MS
% M.O.		Σ A.A. % M.S.				K % MS
Energie(Kcal/g)		N des a.a.x6,25 % MS				Na % MS
% M.S.		N des a.a. % N total				P % MS
						Ca % MS

T A B L E A U 2

COMPOSITION EN ACIDES AMINES DU REGIME

Echantillon	g/kg de MS			a.a.i. % $\Sigma$ a.a.i.			
	Aliment	supp.	Total	Témoïn poisson	Besoins pour la croissan.	Témoïn	Besoins pour la croissance
Ac aspartique							
THREONINE					5,0		8,9
Sérine							
Ac glutamique							
Proline							
Glycine							
Alanine							
VALINE					5,5		9,8
ISOLEUCINE					5,0		8,9
LEUCINE					7,9		14,0
TYROSINE					3,6		6,4
PHENYLALANINE					5,4		9,6
TYR + PHAL					9,0		16,0
METHIONINE					3,0		5,3
CYSTINE					2,9		5,1
METH + CYST					5,9		10,4
LYSINE					8,5		15,0
HISTIDINE					2,6		4,6
ARGININE					5,5		9,7
TRYPTOPHANE					1,5		2,7
$\Sigma$ A.A.A. et S.I.					56,4		
$\Sigma$ AA :							
$\Sigma$ AAI :							

Cobalt ref 2551	MW	910	47%
Mn CO <sub>3</sub> xH <sub>2</sub> O	5924	114,95	
Fe	3761	Fe=28%	
Al	1047	474,39	
		6% <del>89,5%</del> minimum	

L Ameth = 149,2  
 L arg HCl = 210,7 → 174,2  
 DL H<sub>2</sub>O = 119,1  
 2 eqs HCl = 182,7 → 146,2

T A B L E A U 3

BESOINS EN MINÉRAUX DES RATS EN CROISSANCE  
VALEURS RETENUES PAR KG DE MS DE RÉGIME

Ca	=	10 g	Fe	=	60 mg	I	=	200 µg
P	=	7 g	Cu	=	10 mg	Co	=	100 µg
Na	=	2 g	Mn	=	40 mg	Se	=	100 µg
K	=	3 g	Zn	=	30 mg	Al	=	100 µg
Mg	=	1 g	F	=	5 mg			

d'après PAWLAK et PION 1969.

COMPOSITION DU PREMELANGE MINÉRAL ET DU PREMELANGE OLIGOÉLÉMENTS

Elément	P.M	Sel utilisé	P.M	% de l'élément	Quantité de sel/ kg MS
Na	23	NaCl	58,44	39,4	5,08 g
K	39,1	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	138,21	56,6	5,30 g
Mg	24,3	MgCO <sub>3</sub>	84,31	28,8	3,47 g
P	31	Ca H PO <sub>4</sub>	136,06	22,8	30,72 g
Ca	40	-	-	29,4	
Ca	40	CaCO <sub>3</sub>	100,09	40,0	2,5 g
Fe	55,84	citrate NH <sub>4</sub> , Fe III		17,5	342,80 mg
Mn	54,93	MnCO <sub>3</sub>	114,95	47,8	83,68 mg
Cu	63,54	CuSO <sub>4</sub> , 5 H <sub>2</sub> O	249,68	25,4	39,37 mg
Zn	65,37	ZnSO <sub>4</sub> , 7 H <sub>2</sub> O	287,54	22,7	132,16 mg
F	18,99	NaF	41,99	45,2	11,06 mg
I	126,90	KI	166,01	76,4	0,26 mg
Co	58,93	CoCO <sub>3</sub>	118,94	49,5	0,20 mg
Se	78,96	SeO <sub>2</sub>	110,96	71,2	0,14 mg
Al	26,98	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	948,78	5,7	1,75 mg
		K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 24H <sub>2</sub> O			

T A B L E A U 4

BESOINS EN MINERAUX DES RATS EN CROISSANCE  
VALEURS RETENUES PAR KG DE MS DE REGIME

Ca	:	10 g	:	Fe	:	60 mg	:	I	:	200 <sup>µ</sup> g
P	:	7 -	:	Cu	:	10 -	:	Co	:	100 -
Na	:	2 -	:	Mn	:	40 -	:	Se	:	100 -
K	:	3 -	:	Zn	:	30 -	:		:	
Mg	:	1 -	:	F	:	5 -	:	Al	:	100 <sup>µ</sup> g

BESOINS EN VITAMINES DES RATS EN CROISSANCE  
VALEURS RETENUES PAR KG DE MS DE REGIME

B12 (Cyanocobalamine)	:	0,05	mg
Acide folique	:	1	-
Vitamine E	:	100	-
Vitamine K	:	2	-
Thiamine HCl (B1)	:	10	-
Acide nicotinique	:	30	-
Pyridoxine HCl (B6)	:	10	-
Riboflavine (B2)	:	15	-
Panthoténate de calcium	:	50	-
Inositol	:	300	-
Acide para aminobenzoïque	:	100	-
Acide ascorbique	:	100	-
Biotine	:	0,2	-
Chlorure de choline	:	1 000	<sup>µ</sup> g
Vitamine A	:	4 000	UI
Vitamine B2	:	2 000	UI

4000 UI = 8 mg  
 1 U.I = 0.025 <sup>µ</sup>g  
 2000 UI = 50 <sup>µ</sup>g

T A B L E A U 5

COMPOSITION DU REGIME

(g M.S./Kg M.S.)

Régime	MS	MF
Echantillon		
Amidon		
Agar-agar		
Prémélange macroéléments		
Prémélange oligoéléments		
Prémélange vitaminique		
a.a. 1		
a.a. 2		
a.a. 3		
a.a. 4		
a.a. 5		
a.a. 6		
Huile arachide		
Huile maïs vitaminée (A + D)		
Biotine (sol.40mg/l)		
Choline (sol.200mg/l chlorure de)		
Σ		

Composition du prémélange macroéléments

CO <sub>3</sub> Mg	
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	
ClNa	
PO <sub>4</sub> HCa	
CO <sub>3</sub> Ca	



T A B L E A U 7

№ EXPERIENCE DIGESTIBILITE :

Régime
M. ingérée rat/jour :
% M.S. de l'ingéré :
N régime (% M.S.) :
(N x 6,25) régime
(% M.S.) :
(N x 6,25) du régime
prov. de l'échan. :

Urine
N (% M.F.) :
N x 6,25
(% MF) :
Urine rat/j :
MA urine
rat/jour :
N lavage (% MF) :
(Nx6,25) % MF :
Lavage rat/j :
M.A. lavage :
(M.A. Urine +
lavage) (g/j/rat) :

Fèces
% MS Fèces lyophi :
M. Org. (% MS) :
N (% M.S.) :
Nx6,25 (% MS) :
Fèces lyo. (g/
rat/j) :
Nx6,25 % M lyo :

Régime
M.S.I. (g/rat/jour) :
M.S.F. (g/rat/jour) /
M.S.I. - M.S.F. :
CUDA MS :
M.A.I. (g/rat/jour) :
M.A.F.
M.A.I. - M.A.F. :
CUDA MA :
M.O.I. :
M.O.F. :
M.O.I. - O.O.F. :
CUDA MO :
<u>I - F - U</u>
I - F
CRA :
<u>I - F - U</u>
I
CUP :

Echantillon
M. Azotée ingérée éch. :
M.A.I. - M.A.F. :
CUDA MA
échant. :
<u>I - F - U</u>
I - F
CRA :
<u>I - F - U</u>
I
CUP :

- M.S.I. Matière Sèche Ingérée
- M.S.F. Matière
- M.A.F. Matière Azotée Fèces
- M.O.I. Matière Organique Ingérée
- M.O.F. Matière Organique Fèces.
- M.A.I. Matière Azotée Ingérée

T A B L E A U 8

ETUDE DE L'UTILISATION DIGESTIVE DE L'ECHANTILLON

% M.A. du régime	
CUD apparent de la matière sèche du régime	
CUD apparent de la matière organique du régime	
CUD apparent de la matière azotée du régime	
CRa	
CUP	
x CUDa de la matière organique de l'aliment	
xx CUDa de la matière azotée de l'aliment	
% M.A. Fécès	
M.A. exc. (fécès) par Unité de matière AZ. Ingérée	

x Calcul effectué en supposant que CUD de l'amidon est de 98 % Le CUD de l'huile de 97 % et que les acides aminés ajoutés sont totalement digérés

xx Calcul effectué en supposant que les acides aminés ajoutés sont totalement digérés.

Figure 1  
Repartition des lots (ex.)

