

Détermination des coefficients de digestibilité apparents pour *Oreochromis niloticus* de sous-produits agro-industriels disponibles en Côte d'Ivoire

Y. MOREAU*

*Institut français de recherche scientifique
pour le développement en coopération (ORSTOM)
Centre de recherches océanologiques
01 BP V18, Abidjan, Côte d'Ivoire*

MOREAU, Y. 1996. Détermination des coefficients de digestibilité apparents pour *Oreochromis niloticus* de sous-produits agro-industriels disponibles en Côte d'Ivoire, p. 226-233. In R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B. Amon Kothias et D. Pauly (éds.) Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. ICLARM Conf. Proc. 41, 630 p.

Résumé

L'adaptation des poissons à un nouvel aliment a été suivie durant la première semaine en mesurant l'évolution du coefficient de digestibilité apparent (CUDa) de la matière sèche, de l'azote et de la matière organique. Trois séries d'expériences ont été réalisées sur neuf aliments différents et un aliment de référence. Chaque aliment a été distribué à deux lots d'animaux. Chaque lot était constitué de 15 poissons (87 ± 4 g) pour la première expérience, et de 20 poissons (177 ± 3 g) pour la deuxième et la troisième expériences. Les fèces ont été récoltées toutes les 12 heures (8h00 et 17h00) avant chaque distribution d'aliment. L'influence du cycle jour/nuit sur la digestibilité d'un repas a été mesurée en comparant les fèces émises le jour et celles émises la nuit. Les valeurs des CUDa obtenues lors du premier jour de distribution sont significativement inférieures à celles obtenues les jours suivants. Excepté pour le premier repas, il n'y a pas de différence entre le jour et la nuit pour les CUDa de l'azote et de la matière organique. Une faible différence entre le jour et la nuit persiste toutefois au-delà du deuxième jour pour les valeurs mesurées des CUDa de la matière sèche. Pour la détermination du CUDa d'un aliment, la première collecte de fèces doit être faite au moins 24 heures après la première distribution de l'aliment au poisson. Si les poissons reçoivent plusieurs repas par jour, le rassemblement des fèces émises par tranche de 24 heures est préférable pour évaluer une valeur pratique des différents CUDa.

Le CUDa de la matière sèche, des protéines (azote) et de la matière organique a été déterminé pour plusieurs sous-produits disponibles en Côte d'Ivoire : farines de poisson, de maïs ou de manioc, et tourteaux de coprah, de soja ou de coton.

Introduction

L'utilisation de sous-produits agricoles pour l'élaboration d'aliments destinés au poisson nécessite une bonne connaissance de leurs qualités. D'un point de vue nutritionnel, la digestibilité des éléments

nutritifs contenu dans un produit est un critère essentiel. De ce fait, les résultats d'études de digestibilité constituent non seulement un outil indispensable pour la recherche mais aussi pour les fabricants d'aliments destinés aux poissons.

Les mesures de digestibilité reposent sur l'utilisation d'un marqueur indigestible dans l'aliment. Ces études ont fait l'objet de nombreuses controverses concernant le type de marqueur utilisé (Bowen, 1978 ; Lied

*Adresse actuelle : ORSTOM-GAMET, BP 5095 F-34033, Montpellier Cédex, France.

et coll., 1982 ; De Silva et Perera, 1983 ; Tacon et Rodrigues, 1984) ou le choix de la méthode de collecte de fèces (Smith et Lowell, 1973 ; Austreng, 1978 ; Windell et coll., 1978 ; Cho et coll., 1982 ; Cho et coll., 1985 ; Vens Cappell, 1985 ; Spyridakis et coll., 1989). En revanche, relativement peu de travaux ont porté sur le temps d'adaptation des poissons à l'aliment testé et les variations diurnes ou infradiurnes de la digestibilité (De la Noüe et coll., 1980 ; De Silva et coll., 1990).

L'objet de cette étude est donc de définir le temps d'adaptation des tilapias, *Oreochromis niloticus*, à un aliment marqué et de tester l'influence du cycle jour/nuit sur la digestibilité de la matière sèche, de la matière organique et des protéines (azote). Elle constitue un préalable à l'utilisation pratique de la digestibilité des différents sous-produits agricoles disponibles en Côte d'Ivoire.

Matériel et méthodes

La digestibilité est évaluée par le coefficient d'utilisation digestive apparent, CUDa, en utilisant la méthode dite "par incorporation" (Cho et coll., 1985). La valeur de cette méthode a été démontrée pour une espèce voisine, *Oreochromis aureus* (De Silva et coll., 1990). La collecte de fèces a été assurée par un système de décanteur analogue au "système Guelph" (Cho et coll., 1982).

Trois séries d'expériences ont été réalisées au Centre de recherches océanologiques (Abidjan, Côte d'Ivoire) sur 10 aliments : un aliment de référence (Tableau 1) et neuf mélanges (aliment de référence 70 % : sous-produits testés 30 %). La proportion aliment de référence/sous-produit testé a pu être confirmée par l'analyse, dans le mélange, du marqueur provenant de l'aliment de référence, l'oxyde de chrome. Les

différents sous-produits testés, dont la composition globale est donnée au tableau 2, ont été :

- trois farines de poisson : une importée (type Chili) et deux lots différents d'une farine fabriquée localement à partir de déchets de conserveries de thon ;
- trois tourteaux : soja, coton et coprah ; et
- du maïs et du refus de farine de manioc.

Chaque aliment a été distribué à deux lots de poissons tirés au hasard. L'aliment de référence a été testé lors de chaque expérience. Chaque lot était constitué de 15 poissons (87 ± 4 g) pour la première expérience, et de 20 poissons (177 ± 3 g) pour la deuxième et la troisième. Les poissons ont été placés dans des bacs cylindroconiques de 110 l en circuit fermé au laboratoire et maintenus naturellement à une température de 28 à 30°C. Le régime photopériodique est resté naturel avec 12 heures de jour pour 12 heures de nuit.

Les poissons ont été nourris ad libitum deux fois par jour (8h00 et 17h00). Les fèces ont été récoltées pendant sept jours toutes les 12 heures avant chaque repas à compter de la deuxième distribution des aliments testés. Les échantillons obtenus ont été congelés et lyophilisés pour analyse.

L'influence du cycle jour/nuit sur la digestibilité d'un repas a été mesurée en comparant l'ensemble des fèces émises durant le jour à celles émises durant la nuit.

Les techniques d'analyse suivantes ont été retenues pour les aliments et les fèces :

- matière sèche : 105°C, 24 heures ;
- cendres brutes : 550°C, 24 heures ;
- protéines : azote total Kjeldahl (catalyseur, CuSO_4 et K_2SO_4) ; et
- Cr_2O_3 : oxydation selon Stevenson et de Langen (1960) suivie d'une détermination par absorption atomique (Lied et coll., 1982).

Tableau 1. Composition de l'aliment de référence.

Matières premières	Pourcentages
Farine de poisson (import)	37,62
Maïs	53,13
Huile de foie de morue	3
Prémix minéral	1
Vitamines	2
Ca propionate	0,25
Liant (CMC)	0,5
Oxyde de chrome	2
Dicalcium phosphate	0,5

Tableau 2. Composition globale (% matière sèche) des différents sous-produits testés. *Local 1* et *Local 2* sont deux échantillons différents de farine de poisson fabriquée localement à base de déchets de conserveries de thon.

	Protéines brutes	Matières grasses	Cendres brutes	Fibres brutes	ENA
Farine de poisson					
Import	62,3	8,5	16,7	-	12,6
Local 1	62,9	3,7	24,3	-	9,1
Local 2	56,5	5,7	29,8	-	8,1
Tourteaux					
Soja	50,5	1,5	7,4	6,7	33,9
Coton	43,9	0,7	7,8	15,8	31,8
Coprah	23,8	2,0	6,9	19,3	48,0
Divers					
Maïs	12,2	4,0	4,0	2,3	77,5
Manioc	3,0	0,2	0,2	7,9	88,7

Les CUDA de chaque composant (matière sèche, matière organique ou protéines), et ceux de la matière sèche des produits testés ont été calculés pour chaque aliment selon les formules fournies par Cho et coll. (1985). Pour les CUDA des protéines (ou de la matière organique) des ingrédients testés, la formule utilisée a été :

$$Dp_i = P_i / (a \cdot P_M) \cdot 100 \cdot (Dp_M - Dp_R) + Dp_R$$

où

P_i, P_M : concentrations en protéines dans l'ingrédient et le mélange ;

Dp_R, Dp_i, Dp_M : CUDA des protéines de l'aliment de référence, de l'ingrédient et du mélange ; et

a : pourcentage de l'ingrédient dans le mélange.

L'analyse statistique des résultats a été faite par analyse de variance suivie d'un test de Duncan (SAS, 1988). La valeur du seuil de significativité retenue est de 0,05.

Résultats et discussion

Pour l'aliment de référence, on observe une augmentation apparente du CUDA de la matière sèche, de la matière organique ou des protéines, calculés à partir des fèces récoltées durant les 24 premières heures (Fig. 1). Au-delà, les valeurs se stabilisent sans montrer de différence nette entre les fèces récoltées le jour et celles récoltées la nuit.

L'analyse de variance réalisée à partir de l'ensemble des valeurs obtenues pour chaque aliment ne permet pas de mettre en évidence un effet jour/nuit sur la digestibilité de la matière sèche, de la matière organique ou des protéines, indépendamment du jour de récolte des fèces (Tableau 3). La comparaison multiple des moyennes des différents CUDa calculés à partir des échantillons recueillis pour chaque prélèvement indique que seuls les résultats provenant de la première récolte (12 premières heures) sont différents pour la matière organique ou des protéines (Fig. 2). Au-delà, même si des différences subsistent pour la matière sèche, aucune tendance nette n'est identifiable.

Le temps d'adaptation du poisson au nouvel aliment se limite donc aux 12 heures suivant la première distribution. Cette valeur est largement inférieure à celle observée chez la truite, *Oncorhynchus mykiss* (Possompes, 1973 ; De la Noüe et coll., 1980). Elle est cependant en rapport avec les différences observées entre les temps de vidange gastrique, 36 heures pour la truite (Windell et Norris, 1969) et huit heures pour *O. niloticus* (Ross et Jauncey, 1981). Au-delà, aucune tendance précise des variations de digestibilité liées au cycle jour/nuit n'apparaît. Ceci rejoint les résultats obtenus sur *O. aureus* (De Silva et coll., 1990).

A partir des moyennes des valeurs obtenues pour les différents aliments, les CUDa de la matière sèche, de la matière organique et des protéines ont pu être calculés pour les sous-produits disponibles en Côte d'Ivoire testés dans cette étude (Tableau 4). En ce qui concerne les farines de poisson, plusieurs déterminations ont été faites sur les mêmes échantillons. On peut remarquer une très bonne cohérence des mesures des CUDa de la matière sèche et des protéines entre des évaluations faites à une semaine (expérience a et b) ou cinq

mois (expérience c) d'intervalle. Les faibles valeurs de CUDa de la farine "Local 2" sont essentiellement liées à la teneur en cendres particulièrement élevée de cet échantillon.

Pour la matière organique, les valeurs élevées des CUDa des farines de poisson peuvent être liées à une augmentation de la digestibilité de la matière organique de l'aliment de référence au sein du mélange. La matière organique du maïs et du refus de farine de manioc, composés très riches en amidon, est bien digérée (CUDa > 75 %). Le refus de farine de manioc est précuit au cours de sa fabrication. Cette précuisson, favorisant la digestibilité des amidons (Bergot et Brèque, 1983), peut être à l'origine de la valeur élevée du coefficient d'utilisation digestive apparent. Cependant, le maïs n'a subi ici aucun prétraitement particulier. Plus important que chez la truite ou la carpe (Steffens, 1989), le CUDa de la matière organique pour le maïs est analogue au CUDa de l'énergie obtenue avec la même espèce par Hanley (1987), ou sur le poisson-chat américain, *Ictalurus punctatus* (Wilson et Poe, 1985).

Conclusion

L'adaptation des tilapias à un nouvel aliment est rapide. Douze heures après le premier repas, les fèces émises sont représentatives du nouveau régime. L'absence de variations jour/nuit peut permettre d'alléger le protocole de récupération des fèces. Par contre, il reste toujours indispensable de collecter l'ensemble des fèces émises par période de 24 heures afin d'éviter une trop forte variabilité des résultats, en particulier pour la matière sèche.

Le tilapia semble bien utiliser les amidons présents dans des aliments comme le maïs ou le manioc. Ceci devrait être confirmé

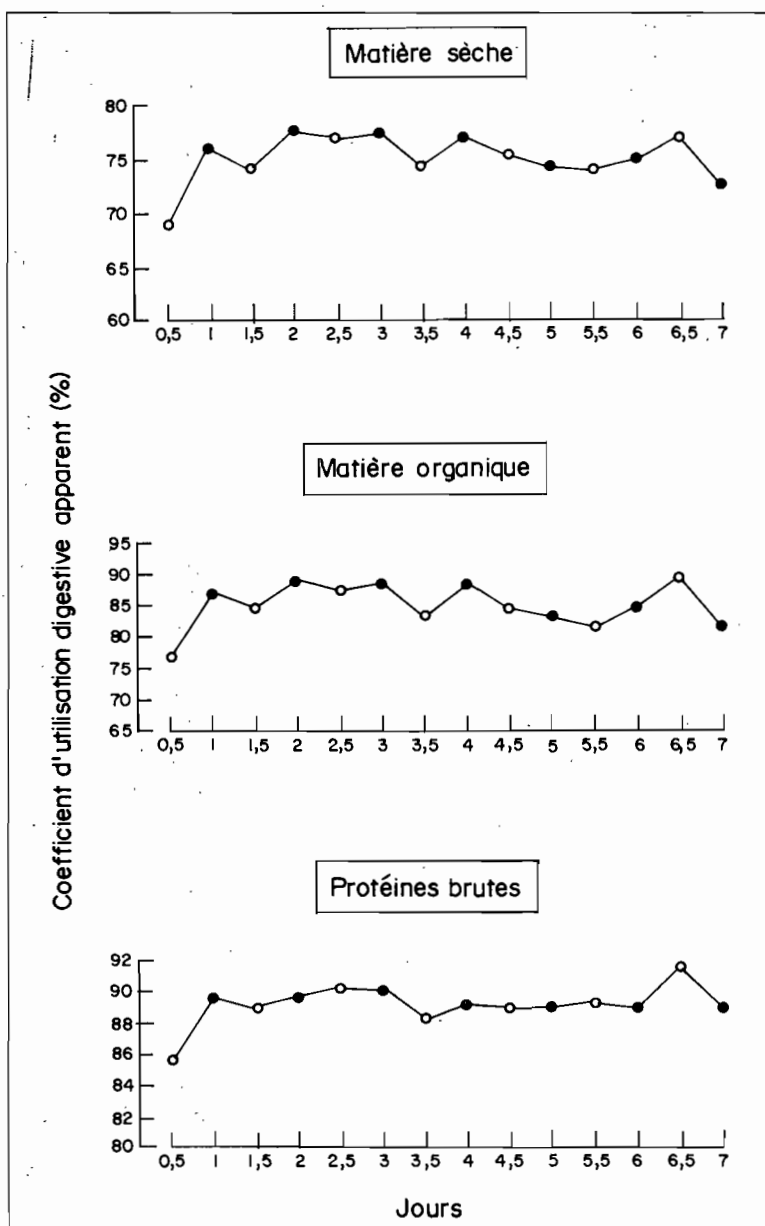


Fig. 1. Evolution du coefficient de digestibilité apparent (CUDA) de la matière sèche, de la matière organique et des protéines pour *Oreochromis niloticus* en fonction du nombre de jours suivant la première distribution de l'aliment de référence et de la période d'émission des fèces (jour 0, nuit ●).

Temps (jours) Heure jour/huit		Matière sèche							
		1	2	3	4	5	6	7	8
									a a
							b		b
		c	c	c	c	c	c	c	c
		d	d	d	d	d	d	d	d
		e	e	e	e	e	e	e	e
	f								

		Matière organique							
		1	2	3	4	5	6	7	8
							a	a	a
							b	b	b
		a	a	a					
		b	b	b	b	b			
		c	c	c	c	c	c		
		d	d	d	d	d	d		
	e								

		Protéines brutes							
		1	2	3	4	5	6	7	8
				a	a	a		a	a
				b	b	b		b	b
		b	b	b	b	b	b	b	b
		c	c	c	c	c	c	c	c
		d							

Fig. 2. Comparaison multiple des moyennes selon Duncan ($\alpha = 5\%$) pour les différents coefficients de digestibilité apparents (CUDa). A chaque prélèvement (un jour et une heure donnés) est associé un groupe de lettres. Les groupes de valeurs statistiquement homogènes sont représentés par des lettres identiques.

Tableau 3. Analyse de variance réalisée sur les différents coefficients de digestibilité apparents (CUDa), tous régimes et toutes observations confondus.

Source de variation	ddl	Somme des carrés	Variance	F	Prob (f>F)
Matière sèche					
Jour	7	852,38	121,77	18,1	0,0001
Heure	1	274,75	274,75	40,84	0,0001
Interaction Jour X Heure	7	359,59	51,37	7,64	0,0001
Régime hiérarchisé en fonction de l'expérience	12	3.780,7	315,06	46,84	0,0001
Erreur	302	2.031,5	6,73		
Matière organique					
Jour	6	235,05	39,18	7,42	0,0001
Heure	1	28,98	28,98	5,49	0,0201
Interaction Jour X Heure	6	96,02	16	3,03	0,0073
Régime hiérarchisé en fonction de l'expérience	9	3.521,09	391,23	74,09	0,0001
Erreur	212	1.119,52	5,28		
Protéines					
Jour	7	91,58	13,08	4,97	0,0001
Heure	1	13,41	13,41	5,1	0,0247
Interaction Jour X Heure	7	69,49	9,93	3,78	0,0006
Régime hiérarchisé en fonction de l'expérience	12	765,49	63,79	24,26	0,0001
Erreur	302	794,17	2,63		

Tableau 4. CUDa de la matière sèche, de la matière organique et des protéines pour les différents sous-produits disponibles en Côte d'Ivoire. Les résultats ont été obtenus à partir de trois tests expérimentaux distincts dans le temps (Exp. a, b et c). Pour la comparaison des résultats, les farines de poisson ont fait l'objet de deux tests différents. *Local 1* et *Local 2* sont deux échantillons différents de farine de poisson fabriquée localement à base de déchets de conserveries de thon. Les valeurs représentent les moyennes et les erreurs-types (entre parenthèses).

Matières premières	Exp.	Matière sèche	Matière organique	Protéines brutes
Farines de poisson				
Import	b	92,24 ($\pm 2,08$)	108,18 ($\pm 3,53$)	94,38 ($\pm 0,92$)
	c	93,02 ($\pm 1,93$)		95,78 ($\pm 0,74$)
Local 1	a	82,49 ($\pm 2,94$)	98,13 ($\pm 4,16$)	89,49 ($\pm 0,90$)
	b	87,59 ($\pm 1,49$)	102,23 ($\pm 2,99$)	91,62 ($\pm 0,78$)
Local 2	c	63,56 ($\pm 3,21$)		82,42 ($\pm 0,90$)
Tourteaux				
Soja	a	76,27 ($\pm 7,62$)	77,48 ($\pm 2,13$)	93,12 ($\pm 1,40$)
Coton	a	67,67 ($\pm 3,98$)	68,82 ($\pm 2,38$)	89,65 ($\pm 0,73$)
Coprah	a	54,44 ($\pm 5,36$)	55,71 ($\pm 2,54$)	81,22 ($\pm 1,82$)
Divers				
Maïs	b	76,66 ($\pm 2,24$)	76,17 ($\pm 1,79$)	89,45 ($\pm 3,22$)
Manioc	b	83,32 ($\pm 2,32$)	82,15 ($\pm 1,94$)	74,35 ($\pm 30,93$)

par une étude sur l'appétit de ce poisson à utiliser de telles sources d'énergie non protéique.

Littérature citée

- Austreng, E. 1978. Digestibility determinations in fish using chromic oxide marker and analysis of contents from different segments of the gastrointestinal tract. *Aquaculture* 13:265-272.
- Bergot, F. et J. Brèque. 1983. Digestibility of starch in rainbow trout: effects of the physical state and the intake level. *Aquaculture* 34:203-212.
- Bowen, S.H. 1978. Chromic acid assimilation studies - a caution. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107:755-756.
- Cho, C.Y., C.B. Cowey et T. Watanabe. 1985. *Finfish nutrition in Asia: methodological approaches to research and development*. Ottawa, Ont. IDRC. 154 p.
- Cho, C.Y., S.J. Slinger et H.S. Bailey. 1982. Bioenergetics of salmonids fishes, energy intake, expenditure and productivity. *Comp. Biochem. Physiol.* 73B:25-41.
- De la Noüe, J., G. Choubert, B. Pagniez, J.M. Blanc et P. Luquet. 1980. Digestibilité chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri*) lors de l'adaptation à un nouveau régime alimentaire. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:2218-2224.
- De Silva, S.S. et M.K. Perera. 1983. Digestibility of an aquatic macrophyte by the cichlid *Etroplus suratensis* with observations on the relative merits of three indigenous components as markers and daily changes in protein digestibility. *J. Fish. Biol.* 23:675-684.
- De Silva, S.S., K.F. Shim et A.K. Ong. 1990. An evaluation of the method used in digestibility estimations of dietary ingredients and comparisons on external and internal markers, and time of faeces collection in digestibility studies in the fish *Oreochromis aureus* (Steindachner). *Reprod. Nutr. Dév.* 30:215-226.
- Hanley, F. 1987. The digestibility of foodstuffs and the effects of feeding selectivity on digestibility determinations on tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 66:163-179.
- Lied, E., K. Julshamn et O.R. Braekkan. 1982. Determination of protein digestibility in Atlantic cod (*Gadus morhua*) with internal and external indicators. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 854-861.
- Possompes, B.P. 1973. Influence de la température sur les besoins en protéines, le transit alimentaire et la digestibilité chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri* R.). Université de Paris VI, Paris, France. 70 p. Thèse de 3ème cycle.
- Ross, B. et K. Jauncey. 1981. A radiographic estimation of the effect of temperature on gastric emptying time in *Sarotherodon niloticus* (L) x *S. aureus* (Steindachner) hybrids. *J. Fish Biol.* 19: 333-344.
- SAS. 1988. SAS/STAT TM user's guide. Release 6.03 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. 1028 p.
- Smith, B.W. et R.T. Lowell. 1973. Determination of apparent protein digestibility in feeds for channel

- catfish. *Trans. Am. Fish. Soc.* 102: 831-835.
- Spyridakis, P., R. Métailler, J. Gabaudan et A. Riaza. 1989. Studies on nutrients digestibility in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). 1. Methodological aspects concerning faeces collection. *Aquaculture* 77:61-70.
- Steffens, W. 1989. Principles of fish nutrition. Ellis Horwood Ltd. Pbl., Chichester. 384 p.
- Stevenson, A.E. et H. de Langen. 1960. Measurement of feed intake by grazing cattle and sheep. VII. Modified wet digestion method for determination of chromic oxide in faeces. *N.Z. J. Agric. Res.* 3:314-319.
- Tacon, A.G.T. et A.M.P. Rodrigues. 1984. Comparison of chromic oxide, crude fibre, polyethylene and acid-insoluble ash as dietary markers for the estimation of apparent digestibility coefficient in rainbow trout. *Aquaculture* 43:391-395.
- Vens Cappell, B. 1985. Methodological studies on digestion in trout. Reliability of digestion coefficients in relation to methods for faeces collection. *Aquacult. Eng.* 4:33-49.
- Wilson, R.P. et W.E. Poe. 1985. Apparent digestible protein and energy coefficients of common feed ingredients for channel catfish. *Prog. Fish-Cult.* 47:154-158.
- Windell, J.T. et D.O. Norris. 1969. Gastric digestion and evacuation in rainbow trout. *Prog. Fish-Cult.* 31(1):20-26.
- Windell, J.T., J.W. Foltz et J.A. Sarokon. 1978. Methods of fecal collection and nutrient leaching in digestibility studies. *Prog. Fish-Cult.* 40:51-55.