

INFLUENCE DE LA SUPPLÉMENTATION PROTÉIQUE BI-HEBDOMADAIRE D'UN RÉGIME A BAS NIVEAU AZOTÉ SUR LE GAIN DE POIDS ET LES BILANS D'AZOTE CHEZ LE PORC EN CROISSANCE

Genevièvre CHARLET-LERY

avec la collaboration technique de Michèle FISZLEWICZ, Marie-Thérèse MOREL
et S. GUÉNEAU

*Laboratoire de Recherches sur la Conservation et l'Efficacité des Aliments,
Centre national de Recherches zootechniques, I. N. R. A.,
78 - Jouy-en-Josas*

RÉSUMÉ

Chez le Porc en croissance (25-97 kg), la régularité de l'apport protéique à tous les repas (alimentation classique) ou sa concentration partielle mais importante (40 p. 100 en 2 repas riches en azote (HN) sur les 13 hebdomadaires (alimentation dissociée)) ne modifient ni la croissance, ni les indices de consommation, ni les bilans d'azote mesurés 21 jours consécutifs aux environs de 40 kg puis de 70 kg.

Les carcasses des animaux soumis à l'alimentation dissociée auraient tendance à être légèrement moins adipeuses.

On suppose que l'organisme animal stockerait momentanément les protéines qui lui sont fournies irrégulièrement et les utiliserait dans les deux jours suivants.

INTRODUCTION

Deux expériences précédentes effectuées sur des porcs en croissance nous ont conduits aux résultats suivants :

1° Contrairement aux observations classiques faites chez le Rat ou le Chien adulte, nous observons (CHARLET-LERY, 1970) chez le Porc en croissance (30-60 kg) à la suite de la consommation d'un repas à haut taux azoté (HN) des dépenses d'extra-chaleur inférieures à celles induites par les repas à taux azoté bas ou moyen (BN) qu'il ingère régulièrement. L'économie d'énergie par gramme d'azote ingéré en plus au cours du repas HN (g N_i +) s'élève à 2,34 kcal dans nos conditions expérimen-

tales : source protéique de haute valeur biologique identique pour les 2 types de repas, g N_i + par unité de poids métabolique (P^{0,70}) variant de 2,16 à 4,82.

Cette économie s'accompagne d'une chute des quotients respiratoires relativement constante de 15 à 20 p. 100, les faisant passer de valeurs supérieures à 1 à des valeurs inférieures à 1. Ceci montre, qu'il y a, pendant les 7 heures qui suivent le repas, non seulement un arrêt total de la lipogenèse, mais peut-être aussi lipolyse puisque certains QR se rapprochent de 0,7.

Sur ces mêmes animaux, nous avons constaté que l'azote apporté par le repas HN n'est pas éliminé brutalement : dans les 24 heures qui suivent le repas, de 30 à 80 p. 100 de N_i + restent apparemment retenus par l'organisme.

2^o Chez les animaux dont tous les repas sont réguliers en quantité et qualité, il existe une corrélation positive et hautement significative entre le métabolisme de base approché (M. Ba) ou métabolisme d'entretien et la quantité d'azote ingéré (N_i) journalièrement par l'animal (CHARLET-LÉRY, 1960), selon une relation linéaire.

$$r = + 0,74 \pm 0,08$$

L'étude des corrélations multiples montre que la quantité de matière sèche ingérée joue un rôle de beaucoup plus faible importance que celui joué par les protéines et qu'il n'y a pas interférence du poids de l'animal, dans la limite de nos conditions expérimentales (porc de 25 à 78 kg ingérant par unité de poids métabolique (P^{0,70}) de 75,2 à 145,4 g de MS et de 0,03 à 5,8 g N).

La confrontation de ces deux séries de faits nous a suggéré l'hypothèse suivante : dans la limite où les protéines du repas HN malgré leur apport massif et brutal sont utilisées par l'animal, la distribution régulière d'un régime à taux azoté bas complété par quelques repas à taux azoté élevé, c'est-à-dire la dissociation partielle des consommations d'énergie et d'azote devrait :

1^o ne pas entraîner des dépenses énergétiques plus élevées qu'un régime normal mais peut-être même pourrait provoquer une légère diminution des dépenses caloriques (abaissement du métabolisme d'entretien et faibles dépenses d'extra-chaleur après les repas azotés) ;

2^o provoquer une moindre adiposité des carcasses par suite de la suppression de la lipogenèse consécutivement aux repas HN. Une telle dissociation chez le Porc en croissance pourrait être une méthode d'alimentation susceptible de fournir des carcasses plus maigres.

C'est ce que nous avons tenté de vérifier en comparant les bilans d'azote, les gains de poids, l'indice de consommation, la qualité des carcasses chez 2 lots de porcs entre 25 et 95 kg, nourris selon les deux méthodes d'alimentation classique (C) ou dissociée (D). Les mêmes quantités d'énergie et de protéines sont apportées hebdomadairement aux animaux, soit par des repas tous identiques chez ceux soumis au régime classique, soit par des repas à bas taux azoté (BN) et à taux azoté haut (HN) chez ceux soumis au régime dissocié. Mais afin de limiter rigoureusement nos observations à la dissociation énergie-protéines, les autres besoins des animaux ont été régulièrement couverts à tous les repas (matières minérales, vitamines).

Un essai précédent de croissance (CHARLET-LÉRY, 1967) en alimentation sèche avait montré l'inappétibilité des agglomérés HN, ce qui n'avait pas permis l'égalité des ingérés protéiques, même en redistribuant les refus HN au repas du soir. Aussi, dans l'expérience actuelle, l'alimentation est distribuée sous forme semi-liquide.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les animaux

Douze porcs mâles castrés de race *Large White* pesant aux environs de 25 kg couplés par groupe de 2 frères, constituent deux groupes homogènes. Ils sont logés au sol dans des cases identiques permettant le contrôle individuel des rations ingérées.

Au cours de la croissance entre 30 et 45 kg puis entre 60 et 85 kg, on effectue les mesures de bilan sur 3 couples d'animaux, soit 3 par lot, placés en cage à métabolisme. La température des salles est maintenue aux environs de 18°. Les animaux sont pesés hebdomadairement.

Les régimes

Les animaux mangent 2 repas par jour sauf le dimanche soir. Ainsi, l'identité des apports nutritifs s'effectue sur les 13 repas distribués par semaine.

Pour assurer cette identité entre les deux groupes d'animaux, les mêmes mélanges alimentaires BN et HN sont utilisés pour tous les 2. Le mélange BN constitue les 11 repas BN et le mélange HN les 2 repas HN des animaux soumis au régime dissocié. Les 13 repas des animaux soumis au régime classique sont composés de ces deux mélanges dans le rapport 11-2. Le rythme (11-2) a été choisi car il correspondait à celui de nos études sur l'extra-chaaleur. Les repas HN sont distribués le matin à jour fixe. Leur espacement est alternativement de 3 jours (72 h) et de 4 jours (96 h).

La composition des mélanges BN et HN est calculée afin que le régime ingéré par les animaux apporte 120 g de matières azotées digestibles à l'UF. avant 50 kg et 100 g après 50 kg. Les taux de matière grasse et de cellulose Weende sont très voisins. Deux mélanges BN sont prévus, l'un avant, l'autre après 50 kg, complétés par un seul mélange HN qui sert durant toute l'expérience (tabl. 1). On peut donc calculer que les deux repas HN apportent, au cours du bilan I, 37 p. 100 et, au cours du bilan II, 43 p. 100 des protéines ingérées dans la semaine.

TABLEAU I

Composition des mélanges alimentaires

	Mélanges BN		Mélange HN
	Avant 50 kg	Après 50 kg	
	En % brut		
Orge	20	10	14
Maïs	15	25	14
Manioc	45	50	—
Farine de luzerne	10	8	12
Farine de poisson	7	4	24
Tourteau de soja	—	—	34
Complément minéral vitaminé ..	3	3	2
	En % sec		
Matières minérales	6,94	6,28	8,73
Matière organique	93,06	93,72	91,27
Azote	1,98	1,52	6,37
Matières azotées (N × 6,25) ...	12,37	9,50	39,81
Cellulose Weende	5,62	5,64	5,45
Matières grasses	2,28	2,01	3,57
Extractif non azoté	72,79	76,57	42,44

La quantité de matière sèche distribuée chaque jour en 2 repas égaux s'élève à 3,80 p. 100 du poids vif de chaque animal jusqu'à 65 kg et à 3,50 après 65 kg. Les repas sont distribués à l'état humide (eau/MS = 2,5) et les refus sont pesés après chaque repas.

Les bilans

Les animaux sont mis en cage trois jours avant le début du bilan sans aucune modification du programme alimentaire. L'irrégularité des apports azotés au cours de la semaine et celle consécutive des émissions urinaires d'azote, que nous avons précédemment vérifiées sur un animal, nécessitent que les bilans soient exécutés durant 7 jours consécutifs. Mais ignorant les possibilités de variations du phénomène que nous cherchions à étudier, nous avons décidé de multiplier nos mesures : les bilans sont répétés 3 semaines consécutives. Par semaine, il est constitué en vue des analyses, des échantillons proportionnels, un pour les aliments, deux pour les fèces (1 sur 3 jours, 1 sur 4 jours) et trois pour l'urine (2 sur 2 jours et 1 sur 3 jours). L'acide sulfurique utilisé pour la conservation de cette dernière est mise dans les bidons de collecte. Les échantillons sont gardés à 2° les analyses d'azote sont faites par micro-Kjeldahl.

Le dosage de la matière sèche des matières fécales est effectué tous les jours. L'échantillon sec cumulé par période de 7 jours sert à l'analyse des matières minérales et cellulosiques.

Les divers coefficients sont calculés pour chaque semaine.

Fréquence respiratoire

L'étude menée parallèlement des paramètres physiologiques susceptibles d'être modifiés par la richesse en protéines des repas, a montré que l'abaissement des dépenses énergétiques post-prandiales après le repas HN, s'accompagnait d'une chute des fréquences respiratoires (données non publiées). Cette mesure particulièrement simple à effectuer sur les animaux en cage à bilan, a été choisie comme test reflétant les variations du métabolisme énergétique.

Abattage

En fin d'expérience, les animaux sont abattus au poids le plus proche de 100 kg. Les carcasses sont préparées selon la découpe parisienne et classés suivant la grille commerciale correspondante (ITP 1964). Cette méthode a été choisie plutôt que l'analyse des carcasses plus coûteuse et plus laborieuse, à cause de sa simplicité mais elle n'est évidemment qu'une simple méthode corrélative de composition.

RÉSULTATS

Deux animaux ont été malades successivement en fin d'expérience (couple 4-10), ce qui nous a conduits à supprimer ces animaux de l'essai croissance. Cependant, ils ont participé au premier bilan et leurs résultats ne se différenciant pas de ceux des autres sujets, ont été mentionnés.

Les bilans

Les résultats moyens journaliers sont portés dans les tableaux 2, 3 et 4.

Niveaux de consommation.

Tant au cours du bilan I qu'au cours du bilan II, les niveaux moyens journaliers de consommation sont très proches, pour les 2 lots, qu'ils soient exprimés en valeur absolue ou rapportés au poids métabolique ($MS_1/P^{0,75}$: 90,20 et 90,00 (I) 97,9 et 99,1 (II) - $N_1/P^{0,75}$: 2,34 et 2,35 (I) 2,22 et 2,22 (II)). Cette homogénéité, due à l'absence presque complète de refus, nous assure que les animaux se sont tous trouvés dans des conditions alimentaires parfaitement comparables.

TABLEAU 2
Résultats moyens journaliers

Animal	Poids (kg)	Croissance (g/j)	MS ₁ (g)	MO _d (g)	N ₁ (g)	N ₁ (g)	N _u (g)	N bilan (g)
<i>Alimentation classique</i>								
				Bilan I				
3	37,3	485	1 336	1 005	34,7	8,6	9,5	16,6
4	41,7	690	1 495	1 163	39,3	7,6	12,0	19,7
5	39,4	450	1 426	1 073	37,1	9,2	12,7	15,2
Moyenne	39,5	542	1 419	1 080	37,0			17,2
				Bilan II				
3	74,9	990	2 524	2 035	58,4	13,3	18,1	27,0
5	71,4	820	2 366	2 055	55,5	11,4	21,2	22,9
Moyenne	73,2	905	2 445	2 045	56,9			24,9
<i>Alimentation dissociée</i>								
				Bilan I				
9	37,6	510	1 341	1 017	35,2	7,4	9,7	18,1
10	43,0	650	1 509	1 133	39,4	9,3	14,0	16,1
11	42,0	565	1 503	1 152	39,5	10,0	11,3	18,2
Moyenne	40,9	575	1 451	1 101	38,0			17,5
				Bilan II				
9	73,7	930	2 469	1 997	56,6	12,5	17,9	26,2
11	77,5	930	2 603	2 103	59,7	12,9	21,9	24,9
Moyenne	75,6	930	2 536	2 050	58,2			25,5

Digestibilité des matières sèches, organiques et cellulosiques.

Les coefficients de digestibilité hebdomadaire des matières sèches et organiques (CUD MS-CUD MO) sont pour un même animal toujours très proches les uns des autres comme le montrent les valeurs des CUD MS obtenus pour les 6 animaux au cours du bilan I et transcrits à titre indicatif (tabl. 3), avec leurs erreurs types.

TABLEAU 3
Coefficients moyens d'utilisation digestive ($\pm sm$)

	Bilan I			Bilan II		
	Matière sèche	Matière organique	Cellulose Weende	Matière sèche	Matière organique	Cellulose Weende
Régime classique	80,4 $\pm 0,4$	83,6 $\pm 0,4$	32,1 $\pm 1,2$	80,6 $\pm 0,4$	83,3 $\pm 0,3$	31,3 $\pm 1,2$
Régime dissocié	83,0 $\pm 0,6$	85,5 $\pm 0,5$	35,8 $\pm 1,3$	81,8 $\pm 0,2$	84,6 $\pm 0,2$	34,0 $\pm 1,1$

TABLEAU 4

Coefficients d'utilisation azotée
Moyennes individuelles et par groupe ($\pm sm$)

Animaux	Régime classique			Régime dissocié		
	3	4	5	9	10	11
Bilan I						
CUDa * semaine 1.....	75,5	80,1	74,3	78,6	75,4	72,4
— 2.....	77,9	81,9	76,1	78,7	78,4	75,1
— 3.....	72,0	80,1	75,1	79,8	75,4	76,2
Moyenne	75,1	80,7	75,2	79,0	76,4	74,6
Moyenne générale	$77,0 \pm 1,1$			$76,7 \pm 0,8$		
CR * Semaine 1.....	54,2	57,0	54,6	61,9	52,9	56,0
— 2.....	70,0	64,2	57,0	66,7	57,2	64,3
— 3.....	65,6	64,1	52,3	66,8	50,4	64,0
Moyenne	63,3	61,8	54,6	65,1	53,5	61,4
Moyenne générale	$59,9 \pm 2,1$			$60,2 \pm 2,0$		
CUP * Semaine 1.....	40,9	45,7	40,6	48,6	39,9	40,5
— 2.....	54,5	52,6	43,4	52,5	44,8	48,3
— 3.....	47,2	51,3	39,3	53,3	38,0	48,8
Moyenne	47,5	49,9	41,1	51,5	40,9	45,9
Moyenne générale	$46,2 \pm 1,9$			$46,1 \pm 1,9$		
Bilan II						
CUDa * Semaine 1.....	78,3	(79,9) ⁽¹⁾	80,2	79,6		78,6
— 2.....	77,0	(80,6)	79,2	78,0		78,7
— 3.....	76,0	(80,2)	78,9	76,2		78,0
Moyenne	77,1	(80,2)	79,4	79,9		78,4
Moyenne générale	$78,3 \pm 0,6$			$78,2 \pm 0,5$		
CR * Semaine 1.....	63,1	(50,5)	57,8	59,8		58,0
— 2.....	61,3	(46,5)	47,3	58,6		52,0
— 3.....	55,1	(46,0)	50,4	59,7		49,4
Moyenne	59,8	(47,6)	51,9	59,4		53,1
Moyenne générale	$55,8 \pm 2,5$			$56,2 \pm 1,8$		
CUP * Semaine 1.....	49,3	(40,3)	46,4	47,6		45,6
— 2.....	47,3	(37,5)	37,9	45,4		41,1
— 3.....	42,1	(36,8)	39,6	45,6		38,4
Moyenne	46,2	(38,2)	41,3	46,2		41,7
Moyenne générale	$43,7 \pm 1,9$			$43,9 \pm 1,4$		

(¹) Non inclus dans la moyenne.

* CUDa = Coefficient d'utilisation digestive apparent. — CR = Coefficient de rétention I-F-U/I-F.
— CUP = Coefficient d'utilisation pratique I-F-U/I.

Les CUD des matières sèches, organiques et cellulosiques ne diffèrent pas entre les régimes C et D surtout au cours du bilan I effectué avant 50 kg. Après 50 kg, le mélange BN ayant été modifié (plus de manioc, moins de farine de luzerne), les CUD sont tous plus élevés qu'au cours du bilan I, d'environ 2 points pour les animaux en régime C et 1 point pour ceux du régime D. Il existe par conséquent au cours du bilan II une différence d'environ 1 point entre les 2 groupes en faveur du régime C, mais cette différence n'est pas significative.

Efficacité des protéines.

Les données relatives aux protéines sont portées dans le tableau 4. Il est absolument évident que la distribution de 40 p. 100 des protéines en 2 repas par semaine n'a modifié ni les CUD a : 77,0 et 76,7 (bilan I), 78,3 et 78,2 (bilan II), ni les coefficients de rétention (CR) : 59,9 et 60,2 (bilan I), 55,8 et 56,2 (bilan II), et d'utilisation pratique (CUP) 46,2 et 46,1 (bilan I), 43,7 et 43,9 (bilan II), qui restent toujours très proches.

Par contre, on constate entre les deux bilans, un abaissement de quelques points des CR qui passent en moyenne de 60 dans le bilan I à 56 dans le bilan II ce qui entraîne une diminution des CUP de 46 à 44.

Pour un même animal, et d'une semaine sur l'autre, les CUDa sont très proches les uns des autres. Par contre, les CR subissent des variations beaucoup plus fortes pouvant dépasser 20 p. 100, ce qui montre l'intérêt d'avoir prolongé l'expérience au delà d'une semaine.

A partir de ces deux séries de données, on calcule que les rations apportent, avant 50 kg : 1,03 UF et 128 g MAD/kg MS soit 124 g MAD/UF et après 50 kg : 1,04 UF et 110 g MAD/kg MS soit 106 g MAD/UF.

Croissance et abattage

La croissance des sujets du lot D a été toujours très légèrement inférieure à celle du lot C (tabl. 5). Les gains journaliers de poids vif sont respectivement pour les lots C et D, entre 26 et 52 kg de 513 et 502 g, entre 52 et 97 kg de 839 et 775 g, soit au total entre 26 et 97 kg de 677 et 644 g. Ceci se répercute sur les indices de consommation plus élevés d'environ 5 p. 100 pour les sujets du lot D

entre 26 et 52 kg 2,62 contre 2,51
 entre 52 et 97 kg 3,17 contre 2,97
 entre 26 et 97 kg 2,96 contre 2,81

TABLEAU 5

Gain journalier et indice de consommation g/j et kg matière sèche/kg de poids vif

Limite de poids (kg)	26 à 52		52 à 97		26 à 97	
	Gain	I.C.	Gain	I.C.	Gain	I.C.
Lot						
Classique	513	2,51 ± 0,46	839	2,97 ± 0,27	677 ± 46	2,81 ± 0,21
Dissocié	502	2,62 ± 0,57	775	3,17 ± 0,18	644 ± 7	2,96 ± 0,12

mais par suite du nombre relativement faible d'animaux, aucune différence n'est significative.

Le tableau 6 indique les résultats d'abattage pour chaque animal. Les rendements sont identiques. Aucune caractéristique ne différencie significativement les 2 groupes. Cependant, les carcasses des animaux dissociés, apparaissent légèrement plus maigres. Le pourcentage de jambon + longe est le plus élevé (52,4 contre 51,6), le pourcentage de bardière + panne est le plus faible (18,5 contre 19,7), de même l'épaisseur de lard (28,8 contre 29,5). Le classement est pratiquement identique. Dans le lot témoin, nous avons 2 animaux classés en B et 3 en C, dans le lot expérimental 3 en B, 1 en C et 1 en D.

TABLEAU 6
Résultats d'abattage

Lot	Poids vif (kg)	Poids net (kg)	Rendement (%)	Jambon + longe	Barde + panne	Épaisseur lard dorsal (1) (mm)
				% du poids net		
Classique	98,6	71,2	72,2	51,6 ± 2,7	19,7 ± 3,0	29,5 ± 4,7
Dissocié	95,9	70,1	73,0	52,4 ± 2,2	18,5 ± 2,3	28,8 ± 7,3

(1) Rein + dos/2

Cette moindre adiposité des carcasses en alimentation D avait été observée en alimentation sèche malgré une croissance ralentie; en particulier, l'épaisseur moyenne du lard dorsal était abaissée (24,5 contre 25,7 mm).

Fréquence respiratoire

Les fréquences respiratoires mesurées sur les 2 séries d'animaux, 2, 3 et 4 heures après le repas du matin au cours des bilans I et II, montrent que :

— En alimentation C, les données obtenues sont variables d'un jour sur l'autre mais le sens des variations est irrégulier. La moyenne des données se situe aux environs de 15/mn au cours du bilan I et de 20/mn au cours du bilan II.

— En alimentation D, les données obtenues consécutivement au repas HN sont toujours plus faibles qu'après le repas BN. Le pourcentage de chute des fréquences respiratoires entre les 2 journées s'établit pour les 2^e, 3^e et 4^e heures à 19 ± 4, 11 ± 3 et 9 ± 4 pour le bilan I et à 20 ± 2, 20 ± 7 et 25 ± 2 pour le bilan II.

Évolution de l'élimination urinaire d'azote consécutivement aux deux types de repas

La collecte des émissions urinaires deux fois par jour et leur analyse étant difficile à mettre en œuvre sur les animaux en bilan, nous avons préalablement effectué cette étude sur un autre porc. L'animal de 53 kg est soumis au régime D : la teneur

en N des repas BN et HN est respectivement de 0,82 et 8,0 p. 100 de la matière sèche et les repas apportent soit 5,8 g soit 58,6 g N. Par suite d'inappétence, son niveau journalier moyen de consommation est plus faible que celui des animaux en bilan ; il atteint respectivement pour la matière sèche et pour l'azote 75 et 1,32 g/P^{0,75}.

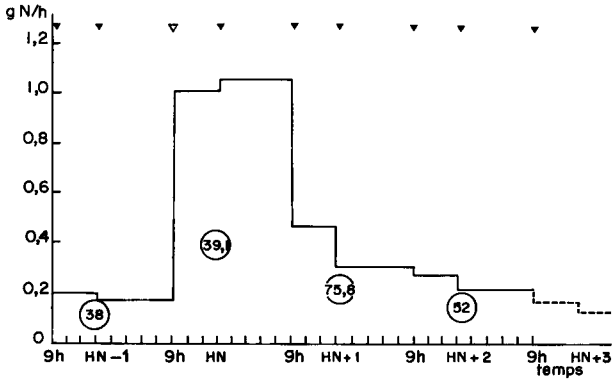


FIG. 1. — Évolution de l'émission horaire d'azote urinaire en fonction des ingestions d'azote (moyenne 14 données)

▽ 5,83 ▽ 58,59 g Ni/repas (38) Nur p. 100 Ni

La figure 1 montre l'évolution de l'émission horaire d'azote urinaire et précise le rapport N_{ur}/N_i jours après jours (jours HN, HN + 1, HN + 2, HN + 3 = HN - 1). Elle confirme les observations faites précédemment : cette émission augmente très rapidement dans les heures qui suivent l'ingestion du repas HN (CHARLET-LÉRY, 1970 ; WIESEMULLER et POPPE, 1968). Malgré cette augmentation, le rapport N_{ur}/N_i ne varie pas 38-39,1, que l'animal ait ingéré dans la journée 11,6 ou 64,4 g d'N (Cette même constance du rapport, 42-44, a été observée sur un autre animal ingérant soit 57 soit 87 g N par jour). Par contre, les jours HN + 1 et HN + 2, ce rapport est très élevé 76 et 52, mais diminue jusqu'à la valeur 38 le jour HN + 3.

Prenant comme valeur minimum d'élimination celle du jour HN + 3 (ou HN - 1), les 52,8 g d'azote supplémentaire du repas HN entraînent dans les 3 jours HN, HN + 1, HN + 2, un supplément urinaire de 26,6 g, soit un rapport global N_{ur}/N_i de 50 p. 100.

DISCUSSION

Critique de la méthode

Il est évident, à partir des résultats du tableau 4, que les bilans ont été prolongés d'une façon inefficace. Une durée de deux semaines conduit à des résultats pratiquement équivalents à ceux obtenus avec trois semaines pour le bilan I effectué avec 3 animaux. Des variations d'environ 1 point s'observent dans le bilan II où il n'y a

que 2 animaux. La réduction de la durée de l'expérience à une seule semaine n'aurait pas modifié l'aspect comparatif des résultats, mais assuré moins de précision aux valeurs, de grosses variations existant d'une semaine sur l'autre.

Validité des résultats

Pour les animaux de 40 kg, nos données (bilan : 17,39 g, CR : 60) sont très proches de celles obtenues par divers auteurs avec des animaux de poids d'âge et de croissance comparables, pour des protéines de haute valeur biologique (farine de hareng (DELORT-LAVAL et ZELTER 1963), tourteau de soja (DELORT-LAVAL et BOZA-LOPEZ, 1964), poudre de lait écrémé et orge (THORBECK, 1967), tourteau de soja, farine de hareng et orge (OSLAGE *et al.*, 1966). Pour ces derniers auteurs, un apport d'azote excédentaire par rapport aux besoins des animaux ne modifie pas le bilan mais abaisse le CR à 40 (tabl. 7).

TABLEAU 7

Données comparées

I. — Bilans (1 à 3 semaines)						
Auteurs	Poids (kg)	Gain (g/j)	MS ₁ (g)	N bilan (g)	N _d /MO _d (%)	Protéines/kg gain (g)
THORBECK (1967)	37	510	1 130	16,4	29,6	201
OSLAGE (1966)	40	—	1 770	17,2	—	—
CHARLET-LERY	40	560	1 435	17,3	26,5	193
THORBECK (1967)	74 (E)	720	2 160	16,9	20,7	147
	73 (DF)	800	2 205	21,5	25,0	170
OSLAGE (1966)	75	—	2 646	17,3	—	—
CUNNINGHAM (1968) { ...	73	596	2 000	17,7	—	169
	73	646	2 000	19,1	—	185
KORNEGAY (1968) { ...	70	1 090	2 720	24,3	—	140
	70	1 250	2 700	26,1	—	130
DELORT-LAVAL (1964) ...	74	900	2 490	29,2	25,0	202
CHARLET-LERY	74	915	2 490	25,2	22,1	172

II. — Croissance

Auteurs	Phase de croissance (kg)	Méthode	Gain	Protéines/kg gain
KOTARBINSKA et KIELANOSKI (1967) ...	30-88	Abattage	660	155
THORBECK (1967)	30-85	Calcul à partir gain de poids	655 ⁽¹⁾	170
		<i>id.</i>	630 ⁽²⁾	157
CHARLET-LERY	26-97	<i>id.</i>	660	180

(1) Animal E.

(2) Animaux D et F.

Pour les sujets de 75 kg, il serait erroné d'établir des comparaisons entre les données brutes car elles correspondent à des croissances très différentes. Par contre, le calcul de la quantité de protéines retenues par kg de gain, plus justifié, conduit à des valeurs très variables (130 à 202 g) qu'expliquent des conditions alimentaires — énergétiques et azotées — très différentes (tabl. 7).

Si l'on considère les expériences qui permettent soit la mesure réelle des protéines fixées par kg de gain (KOTARBINSKA et KIELANOSKI, 1967) soit leur appréciation à partir de plusieurs bilans d'azote (THORBECK, 1967, et nous-mêmes), sur des phases de croissance parfaitement comparables, on obtient des valeurs beaucoup plus homogènes, respectivement : 155, 170 et 157, 180. On peut admettre que les techniques utilisées expliquent, en partie, ces variations. Mais les différences individuelles que ces auteurs et nous-mêmes avons observées, laissent supposer qu'il pourrait aussi exister des différences raciales. Nos porcs de race *Large White* sont issus d'un troupeau dont les verrats sont testés sur la descendance pour la qualité de leur carcasse.

Baisse de fréquence respiratoire

Comme dans les expériences précédentes qui nous ont fait penser à ce protocole, on constate l'abaissement de fréquence respiratoire à la suite des repas HN par rapport aux repas BN. Ceci nous prouve d'une façon presque absolue que s'il nous avait été possible de mesurer les échanges respiratoires des animaux, nous aurions bien observé des dépenses postprandiales plus faibles après les repas HN qu'après les repas BN et que l'ensemble des réactions des animaux restent bien coordonnées.

Opposition entre nos données et celles de la bibliographie

Les raisons qui nous font aborder l'étude de la dissociation des apports énergétiques et protéiques chez le Porc et qui sont exposées dans l'introduction, sont éloignées de celles exprimées par les quelques auteurs qui ont étudié le même sujet.

Depuis de longues années, de nombreux auteurs ont démontré la nécessité d'un apport calorique suffisant qui, évitant l'utilisation des protéines à des fins énergétiques, permet d'obtenir une rétention d'azote importante. Mais l'obligation de faire rigoureusement coïncider dans le temps les apports énergétiques et protéiques est controversée. Les modalités de la dissociation sont d'ailleurs très diverses.

Sur les monogastriques adultes autres que le Porc, les auteurs observent le rôle favorable des glucides sur l'utilisation des protides et concluent à la supériorité de la mixité des apports (MUNRO, 1949; GEIGER *et al.*, 1950) ou limitent la durée qui sépare l'ingestion de ces nutriments à 5 h 1/2 chez l'Homme à 12 heures chez le Rat et le Chien (MUNRO et WIKRAMANAYAKE, 1953).

Chez le Rat en croissance, l'alternance de semaines protéoprives et protéiques (MORIN-JOMAIN, 1963) ralentit très nettement la croissance des animaux par rapport à celle des sujets recevant régulièrement le régime protéique : les pertes d'azote subies en semaine protéoprive n'étant pas compensées par les bilans d'azote pourtant très élevés observés en semaine protéique. Mais si les ingestions de matière sèche et d'azote sont égalisées ou à peu près dans les deux lots par abaissement du taux protéique dans le régime témoin, la fixation d'azote corporel est peu modifiée : 19 g contre 21,8 soit 17,44 et 17,11 g de protides par 100 g de gain de poids (MORIN JOMAIN, 1969).

EGGERT *et al.* (1953) sont les premiers à choisir comme animal d'expérience le Porc en croissance (20-30 kg) et à utiliser non pas des nutriments purs (glucose, caséine), mais des aliments complexes (céréales, tourteaux, farines animales). L'espace-ment des repas azotés toutes les 24 heures, ne modifie ni la croissance, ni les coefficients de digestibilité (80 p. 100) ni ceux de rétention (52 p. 100), ce que retrouvent YEO et CHAMBERLAIN dès 1966, que confirment MENKE *et al.* (1969) et que laissent supposer les résultats de HENRY (1968). Les espacements atteignant 36 et 48 heures ne modifient pas les CUD, ralentissent significativement la croissance et abaissent les CR respectivement de 4 points non significativement, de 7 points significativement. Les longues alternances (18, 21 et 35 jours) de déplétion (50 p. 100 des besoins) et de réplétion azotée (150 p. 100 des besoins) ralentissent aussi la croissance (PENZES et MENTLER, 1968).

Il y a à première vue, contradiction flagrante entre les résultats d'EGGERT *et al.*, et les nôtres. Mais les deux expériences se différencient pas plusieurs points :

— par la rétention des protéines des régimes mixtes moindre pour EGGERT *et al.* (48-52 pour des porcs de 30-35 kg) que pour nous (60 pour des porcs de 40 kg) avec des teneurs des régimes en protéines voisines 136-128 contre 128 g/kg ;

— par la qualité des protéines des régimes BN, faible d'un côté (maïs seul) élevée de l'autre (céréales, farine de poisson et luzerne déshydratée) ;

— par la distribution des apports minéraux et vitaminiques aux seuls repas HN (EGGERT *et al.*) ou à tous les repas quels qu'ils soient (nous-mêmes) ;

— par l'espacement entre les repas HN. Nos espacements plus longs conduisent lors de l'ingestion de ces repas à un apport brutal d'azote dans l'organisme qui atteint par unité de poids métabolique 2,10 et 2,52 g respectivement pour les bilans I et II, soit plus de 30 g pour les animaux de 40 kg et plus de 60 g pour ceux de 70 kg. L'espacement maximum d'EGGERT *et al.* (48 h) n'entraîne qu'un supplément d'ingestion d'environ 1,7 g/P^{0,75}.

Cette dernière observation met bien à nouveau en évidence l'existence d'un choc protéique dont nous avons déjà supposé la possibilité (CHARLET-LÉRY, 1970), choc protéique dont les manifestations n'auraient lieu que pour des ingestions supplémentaires d'azote très élevées. Mais l'existence probable de ce choc ne permet pas d'expliquer les modalités de rétention des protéines des repas HN.

Possibilité de stockage d'azote du repas HN

Les constatations faites sur les animaux soumis aux études énergétiques nous avaient montré, comme nous le rappelons à la page 76, que dans les 24 heures qui suivent le repas HN, de 30 à 80 p. 100 de N₁ + reste apparemment retenu par l'organisme. Mais il ne nous avait pas été alors possible de prolonger les collectes d'urine.

Les résultats des bilans d'azote des animaux soumis aux régimes classique ou dissocié, nous assurent que cet azote est utilisé dans les mêmes proportions que si son ingestion est régulière à tous les repas.

L'évolution de l'élimination de l'azote urinaire après l'ingestion du repas HN étudiée séparément mais dans des conditions voisines (g N₁ + /P^{0,75} = 2,69) permet de formuler une hypothèse sur les modalités de cette rétention. Bien qu'aucune mesure n'ait été faite sur l'élimination d'azote fécal jour après jour, il semble logique d'après tous les travaux déjà cités ici d'admettre que le CUD N est constant et on

peut fixer sa valeur aux environs de 80. Dans ces conditions, l'azote digestible à la disposition de l'animal est, selon les repas, de 4,66 ou de 46,9 et selon les jours de 9,3 ou de 51,6. L'azote urinaire éliminé successivement les jours HN - 1, HN, HN + 1, et HN + 2 étant de 4,4 g, 23,8 g, 8,9 g et 6,1 g, on pourrait calculer les CR suivants : 53, 54,4 et 34. L'efficacité très faible de l'azote les jours HN + 1 et HN + 2 à un moment où l'azote est ingéré en faible quantité apparaît improbable. Il serait donc plus logique de penser que l'N du repas HN retenu par l'organisme animal sous une forme difficile à préciser (tissus intestinaux, foie,...), mais labile, serait progressivement utilisé par l'animal et donnerait lieu alors à la formation et à l'élimination d'azote urinaire. Dans cette optique, les 42,2 g d'azote digestible du repas HN auraient provoqué un supplément d'azote urinaire de 26,6 g, leur CR sera de 40 p. 100, et au cours des 4 jours consécutifs, on pourrait calculer un CR global de l'azote de 46 p. 100 (1)

Cependant, le stockage de 72 et 96 heures dont nous devons faire l'hypothèse, sans en préciser le lieu, dépasse de beaucoup les possibilités qui ont été envisagées jusqu'à ce jour. Par contre, de nombreux auteurs ont montré la rapidité de modifications de certains systèmes enzymatiques lors des changements de régimes, entre autres SZEPECI et FREELAND (1968).

On peut rapprocher nos résultats de ceux de CALET (1968) sur Poulet en croissance. Lorsque cet animal dispose en libre choix d'aliments protéique et protéoprive, il ingère en une seule fois et rapidement ses protéines. Il y a donc là, dissociation dans le temps dont l'importance relative doit être appréciée en considérant que la vitesse de transit intestinal est beaucoup plus rapide chez la volaille que chez le Porc. Comme dans notre cas, elle ne provoque pas de modification de l'utilisation métabolique de l'azote.

Croissance et caractéristiques des carcasses

Les vitesses de croissance et les caractéristiques des carcasses sont très voisines. La tendance à la moindre adiposité des carcasses correspond bien à l'hypothèse émise en commençant ce travail. L'ampleur de ce phénomène est faible mais théoriquement la limitation de la lipogenèse ne pouvait dépasser un pourcentage égal à : nombre d'heures de lipolyse consécutives aux 2 repas HN/nombre d'heures de la semaine, soit 8 à 9 p. 100, différence qui nécessite pour être mise en évidence, un nombre d'animaux beaucoup plus important que le nôtre.

Par contre, il ne semble pas comme nous en avons émis l'hypothèse que l'alimentation D ait provoqué un abaissement des dépenses caloriques puisque, à niveau égal d'ingestion avec l'alimentation C, les indices de consommation sont légèrement, mais non significativement plus élevés $2,96 \mp 0,12$ contre $2,81 \mp 0,21$. L'hypothèse d'une moindre dépense d'entretien avec les régimes pauvres en azote a été vérifiée sur les animaux en régime C. Or, en régime D, il n'est pas impossible que le catabolisme azote supplémentaire observé les jours HN + 1 et HN + 2 ait provoqué des dépenses d'énergie plus importantes que le laissent prévoir les faibles ingestions d'azote correspondantes.

Les valeurs obtenues au cours des périodes de bilan : rétention d'azote et crois-

(1) Bien que les valeurs soient proches, la comparaison avec les bilans de 3 semaines ne peut être faite puisque les conditions alimentaires sont légèrement différentes.

sance pondérale permettent de calculer les quantités de protéines fixées par kg de gain. Pour les sujets témoin 3 et 5 et ceux en alimentation D 9 et 11, on obtient les valeurs suivantes : bilan I : 214 et 211 contre 222 et 202, bilan II : 170 et 174 contre 176 et 167. Ceci confirme que la protéinogenèse diminue avec l'âge de l'animal d'environ 18 p. 100 entre 40 et 75 kg et montre qu'elle n'a pas été modifiée par le type de régime.

La comparaison entre résultats de bilan et de croissance totale est surtout intéressante lorsqu'on considère les animaux pris individuellement. Le couple (3-9) ayant les indices de consommation les plus bas (2,74 et 2,81) présentent les CR les plus élevés (bilan I : 63,3 et 65,1, bilan II : 59,8 et 59,4) et les meilleures caractéristiques de carcasses (p. 100 jambon : 55,3 ; p. 100 bardière : 15,8 et 14,8 ; épaisseur lard : 22,5 et 21,0). Le couple (5-11) a inversement des indices de consommation plus élevés (3,14 et 3,05), des CR plus bas (bilan I : 54,6 et 61,4 ; bilan II : 51,9 et 53,1) et des caractéristiques de carcasse moins bonnes (p. 100 jambon 48,4 et 52,8 ; bardière 22,8 et 18,9 ; épaisseur de lard : 30 et 26).

Cet ensemble de valeurs parfaitement logiques met nettement en évidence l'importance du facteur génétique comme nous l'avons déjà signalé.

CONCLUSIONS

Le fait que la dissociation partielle des apports énergétiques et azotés permette les mêmes fixations d'azote corporelles et les mêmes croissances que leur association, doit conduire à ne pas condamner les méthodes qui se basent sur cette connaissance et à les étudier du point de vue économique. En effet, même si la supplémentation protéique bi-hebdomadaire ne conduit qu'à une amélioration très faible de la qualité des carcasses produites, elle peut alléger la charge économique de la main-d'œuvre dans l'alimentation. Mais l'application de nos résultats à des fins pratiques nécessite des transpositions qui seront d'autant plus faciles à concevoir que l'on aura précisé les modifications métaboliques induites par les repas HN, études que nous continuons par ailleurs. Cependant, les résultats de ROTERMEL (1960) font supposer qu'une telle méthode serait applicable au plan de la pratique.

Reçu pour publication en octobre 1970.

SUMMARY

EFFECT OF GIVING PROTEIN SUPPLEMENT TWICE A WEEK WITH A DIET LOW IN NITROGEN ON WEIGHT GAIN AND NITROGEN BALANCES IN GROWING PIGS

Growing pigs from 26 to 98 kg were given the same amount of energy and protein per week. For one group the feed was given in the usual way, in 13 equal feeds. The other got 11 feeds poor in N (BN) and 2 rich in N (HN) separated by 72 or 96 h, termed separate feeding.

Growth was similar in the 2 groups, 677 and 644 g daily, and intakes per kg gained also were close, 2.81 and 2.96 kg. There was also no difference in N balance estimated for 21 consecutive

days at about 40 kg and again at 70 kg liveweight. At the lower weight, daily retentions were 17.2 and 17.5 g and at the higher weight 24.9 and 25.5 g, giving retentions of 60 and 56 p. 100 at the respective weights.

Carcasses of the pigs on separate feeding tented to be less fat. It may be assumed that the animal would temporarily store the protein given to it irregularly and would use it on the 2 following days.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CALET C., 1968. Quelques conséquences de l'alimentation azotée du poussin. *World Rev. anim. Prod.*, **4**, 77-86.
- CHARLET-LERY G., 1960. Importance des dépenses postprandiales selon le type de rationnement chez le Porc et influence de ce dernier sur le métabolisme de base approché. *Proc. VII^e Congr. Int. Nut.*, **5**, 23-30.
- CHARLET-LERY G., 1967. Influence of the dissociation of energy and protein feeding on energetic efficiency in growing pigs. *Proc. 4th symp on energy metab. of farm anim.*, 275-281. Priel Press Id. Newcastle.
- CHARLET-LERY G., ZELTER S. Z., 1969. Efficacité de quelques protides alimentaires chez le Porc. VI. Farine de baleine déshydratée à haute température, tourteau d'arachide et farine de hareng. *Ann. Zootechn.*, **18**, 33-40.
- CHARLET-LERY G., 1970. Variations d'extra-chaaleur induites par l'ingestion de repas très riches en protéines chez le porc en croissance. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **10**, 123-143.
- CUNNINGHAM H. M., 1968. Effect of caffeine on nitrogen retention, carcass composition, fat mobilization on the oxidation of C₁₄ labeled body fat composition. *J. Anim. Sci.*, **27**, 424-430.
- DELORT-LAVAL J., ZELTER S. Z., 1963. Effet de la conduite du séchage à la flamme sur la valeur biologique de farines de harengs chez le Porc. *Ann. Zootech.*, **12**, 193-202.
- DELORT-LAVAL J., BOZA-LOPEZ J., 1964. Efficacité de quelques protides alimentaires chez le Porc. V. Influence du traitement technologique sur la valeur des protéines du tourteau de soja. Validité de quelques tests biochimiques pour l'appréciation de la qualité des tourteaux. *Ann. Zootech.*, **13**, 35-50.
- EGGERT R. G., BRINEGAR M.-J., ANDERSON C. R., 1953. Delayed protein supplementation of corn diets for growing swine. *J. Nutr.*, **50**, 469-477.
- GEIGER E., BANCROFT R. W., HAGERTY E. B., 1950. The nitrogen sparing effect of dietary carbohydrate in its relation to the time factor experiments with repletion of protein-depleted adult rats. *J. Nutr.*, **42**, 577-685.
- HENRY Y., 1968. Libre consommation de principes énergétiques et azotés chez le Rat et chez le Porc selon la nature de la source azotée, sa concentration dans le régime et le mode de présentation. *Ann. Nutr. Alim.*, **22**, 121-140.
- KOTARBINSKA M., KIELANOWSKI J., 1967. Long-Term calorimetric measurements on groups of growing pigs. *Proc. 4th Symp. energy metab. farm. anim.*, 311-318. Oriel Press Ld. Newcastle.
- KORNEGAY E. T., GRABER G., 1968. Effect of food intake and moisture content on weight gain, digestibility of diet constituents and N retention of swine. *J. Anim. Sci.*, **27**, 1591-95.
- MENKE K. H., LANTZSCH H. J., EHRENSVARD U., SCHNEIDER W., 1969. Einfluss der alternierenden Fütterung von Getreide und Eiveissergänzungsfutter auf Verdaulichkeit, Stickstoff Bilanz und Blutharnstoffgehalt beim Schissein. *Landwirtsch. Forsch. Dtsch.*, **22**, 173-181.
- MORIN-JOMAIN M., 1963. Le comportement nutritionnel du rat soumis alternativement à des régimes protéiques et à des régimes protéiques. *Arch. Sci. Physiol.* Paris, **17**, 55-74.
- MORIN-JOMAIN M., 1969. Composition corporelle, glycogène hépatique et glycémie du rat blanc soumis à deux types d'alimentation discontinue : jeûne total ou protéique intermittent. *Arch. Soc. Physiol.*, **23**, 21-45.
- MUNRO H. N., 1949. The relationship of carbohydrate metabolism to protein metabolism. III. Further observations on time of carbohydrate ingestion as a factor in protein utilization by the adult rat. *J. Nutr.*, **39**, 375-391.
- MUNRO H. N., WIKRAMANAYAKE T. W., 1954. Absence of a time factor in the relationship between level of energy intake and protein metabolism. *J. Nutr.*, **52**, 99-114.
- OSLAGE H.-J., FLIEGEL H., FARRIES F. E., RICHTER K., 1966. Stickstoff-Fett und Energieansatz bei wachsenden Mast Schweinen. *Zeitsch. Tierphys. Tierernähr. Füttermit.*, **21**, 50-65.
- PENZES L., MENTLER L., 1968. Effet d'une alimentation alternée avec des régimes riches ou pauvres en protéines sur le gain de poids et les fractions protéiques du sang chez le Porc en croissance. *Acta agron. hung.*, **17**, 195-204.
- ROTHERMEL Z. A., 1960. Influence d'une méthode alternée d'alimentation sur l'avancement de la maturité et les résultats d'engraissement avec des porcs *Large White* purs. Engraissement des porcs avec une alimentation alternée. *Ucen. Zap. Kazan vet. Inst.*, 1960, **77**, 23-33, 43-49. In N.A.R 1962, **32**, n° 6394 et 6395.

- SZEPECI B., FREEDLAND R. A., 1968. Alterations in the activities of several rat liver enzymes at various times after the feeding of high carbohydrates diets to rats previously adapted to a high protein regimen. *J. Nutr.*, **94**, 37-46.
- THORBECK G., 1967. Studies on energy metabolism of growing pigs. *4th Symp. Energy metab.* (distributed paper).
- WIESEMULLER W., POPPE S., 1968. Die Bewertung der proteine durch die Bestimmung der N-Bilanz. II. Untersuchungen über den Zeitpunkt des Maximums der N-Ausscheidung aus Kot und Harn nach der Fütterung bei Ratte und Schwein. *Arch. Tierernäh.*, **18**, 474-483.
- YEO M. L., CHAMBERLAIN A. G., 1966. Delayed protein supplementation of barley diets for weanling pigs. *Proc. Nutr. Soc.*, **25**, XII.
-