

INFLUENCE D'UNE RESTRICTION ALIMENTAIRE, ÉNERGÉTIQUE ET AZOTÉE SUR LA CROISSANCE ET LA COMPOSITION CORPORELLE DU RAT BLANC

A. RÉRAT et B. DESMOULIN

avec la collaboration technique de P. PEINIAU

*Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs,
Centre national de Recherches zootechniques, 78 - Jouy-en-Josas
Institut national de la Recherche agronomique*

RÉSUMÉ

L'expérience réalisée avait pour objet de préciser dans quelle mesure le besoin azoté pour une synthèse musculaire maximum est modifié lorsqu'on impose au Rat blanc en croissance une restriction quantitative de l'apport énergétique afin d'en diminuer l'adiposité.

Dans ce but, 70 rats de souche *Wistar*, âgés de 4 semaines et pesant 66,5 g sont répartis en 7 lots dont chacun reçoit un niveau d'alimentation différent sur les plans énergétique et azoté ou sur le seul plan énergétique. Un lot témoin reçoit ainsi un régime bien équilibré à 13 p. 100 de matières azotées (farine de poisson additionnée de DL-méthionine à raison de 0,6 p. 100 des protéines) en quantités définies à l'aide d'une échelle de rationnement inférieure de 10 p. 100 en moyenne au niveau de consommation spontanée de ce régime (DESMOULIN, 1967). Dans 3 lots (90 EN, 80 EN, 70 EN), le niveau journalier est inférieur au témoin de 10, 20 et 30 p. 100 respectivement ; dans les 3 autres lots (90 E, 80 E, 70 E), la restriction de nourriture correspond également à 10, 20, 30 p. 100 par rapport au témoin, mais le taux azoté du régime est modifié de telle sorte que l'apport journalier d'azote soit le même que celui du témoin. On procède à la pesée des animaux à intervalles réguliers et on enregistre leur consommation. Pour tous les lots, les animaux sont sacrifiés au poids de 250 g et leurs carcasses analysées.

Dans ces conditions, chaque restriction de l'apport journalier d'un régime bien équilibré se traduit par une diminution de la vitesse de croissance et des rétentions journalières d'énergie et d'azote ; il ne se produit aucune modification de l'adiposité. La compensation du déficit d'azote qui ne permet de rattraper qu'une faible partie du retard de croissance et de dépôt azoté, ne diminue l'adiposité que dans le cas de la plus grande restriction énergétique (70 E), et crée, en définitive, un gaspillage important d'azote. Dans le cas d'une restriction alimentaire d'un régime bien équilibré, il paraît donc inutile d'augmenter le taux azoté de ce régime pour tenter de stimuler la synthèse protéique puisque celle-ci est limitée par l'apport énergétique. Les phénomènes portant sur la croissance et l'efficacité alimentaire sont particulièrement nets au cours des premiers jours d'expérience, mais s'atténuent lorsque celle-ci se prolonge, ce qui confirme la capacité d'adaptation du Rat déjà constatée précédemment.

INTRODUCTION

Les relations qui existent entre besoin énergétique et besoin azoté ont fait l'objet de nombreuses études résumées dans plusieurs revues (notamment : SWANSON, 1959 ; MUNRO, 1951-1964). On sait ainsi que, chez l'adulte, il existe pour les différents niveaux d'ingestion azotée, une consommation optimum d'éléments énergétiques correspondant à une rétention maximum d'azote (CALLOWAY et SPECTOR, 1954, 1955). Ce fait se retrouve également lors de chaque stade de croissance chez différentes espèces (HILL et DANSKY, 1950 ; COMBS et ROMOSER, 1955 ; LEONG *et al.*, 1955 ; DONALDSON *et al.*, 1955, 1956 ; YOSHIDA *et al.*, 1957).

Dans les expériences citées, les variations d'apports azoté et énergétique étaient provoquées par des modifications des taux azoté et énergétique des régimes. Or, on sait que la variation de ces taux a une incidence sur la consommation spontanée de matière sèche et par conséquent d'énergie : celle-ci est d'autant plus élevée que l'apport d'azote est mieux équilibré sur le plan qualitatif et sur le plan quantitatif (HENRY et RÉRAT, 1962 ; RÉRAT et HENRY, 1963) ; par ailleurs, la consommation de matière sèche varie de façon inverse aux variations de concentrations d'énergie du régime, sans toutefois compenser complètement ces variations : il en résulte que la consommation spontanée d'énergie, sans être proportionnelle aux variations de la teneur énergétique du régime, varie dans le même sens qu'elle (HENRY et RÉRAT, 1966). Les apports journaliers d'azote et d'énergie ne sont donc pas imposés par l'expérimentateur dans toutes les expériences citées. Or, une étude stricte des relations entre azote et énergie à chaque stade de la croissance exigerait non seulement que soient fixés les taux des principes alimentaires dans les régimes, mais également que soit imposée la consommation journalière de matière sèche, c'est-à-dire d'énergie et d'azote, à l'exemple de ce qui a été fait dans des expériences antérieures (DESMOULIN, 1967, 1968).

C'est dans cet esprit qu'a été réalisée l'expérience qui fait l'objet du présent article. Après avoir déterminé, au cours d'expériences précédentes (RÉRAT et HENRY, 1965), le taux optimum d'une protéine de référence dans un régime à contenu calorique défini et permettant la croissance maximum, il s'agissait de savoir si, lors d'une restriction quantitative de l'apport énergétique, destinée à diminuer l'adiposité, il était nécessaire et suffisant de modifier le taux azoté du régime pour couvrir le besoin d'azote. Dans ce but, des lots de rats blancs sont soumis à des restrictions énergétiques situées à divers niveaux par rapport à l'alimentation à volonté, ces restrictions étant accompagnées ou non de restrictions correspondantes de l'apport azoté et on mesure l'influence de rationnement alimentaire global ou partiel sur la croissance et les rétentions énergétique et azotée.

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

Animaux-Période préexpérimentale

Soixante-dix Rats de souche *Wistar* reçoivent durant une semaine après le sevrage un aliment leur permettant d'extérioriser leurs potentialités de croissance. Au terme de cette période, ils sont âgés de 4 semaines et pèsent 66,5 g. La répartition en blocs s'effectue d'après le poids et le gain de poids durant la semaine de préexpérience.

Régimes expérimentaux — Schéma expérimental

La seule source azotée des régimes est constituée par de la farine de hareng de Norvège (teneur en protéines : 73,9 p. 100) additionnée de méthionine (0,6 p. 100 des protéines).

Le schéma expérimental comporte 7 traitements dont chacun est désigné par un chiffre (niveau de rationnement en pourcentage du niveau témoin) et par des lettres (indiquant la nature du rationnement : « E » lorsqu'il porte sur l'ingéré énergétique seul ; « EN » lorsqu'il porte sur l'énergie et l'azote).

— Dans le lot témoin, les rats reçoivent le régime témoin (tabl. 1) en quantités imposées

TABLEAU I

Composition centésimale des régimes

	Témoin	90 E	80 E	70 E
Farine de poisson	174,6	194,0	218,5	249,4
Saccharose	215	215	215	215
Prémélange ⁽¹⁾	20,95	23,28	26,22	29,93
Amidon	439,45	417,72	400,28	355,67
Huile	80	80	80	80
Mélange salin ⁽²⁾	40	40	40	40
Mélange vitaminique ⁽³⁾	10	10	10	10
Agar-Agar	20	20	20	20
Teneur en MS p. 100	92,5	92,5	92,6	92,7
N (g)/100 g MS ⁽⁴⁾	2,08	2,35	2,67	3,07
kcal/1 000 g MS	4 684	4 682	4 685	4 700

⁽¹⁾ Prémélange : amidon 950 g ; DL-méthionine 50 g.

⁽²⁾ Mélange salin : OSBORNE et MENDEL, (1918).

⁽³⁾ Mélange vitaminique : HENRY et RÉRAT, (1963).

⁽⁴⁾ Les taux azotés des régimes 90 E, 80 E et 70 E sont accrus respectivement de 10, 20 et 30 p. 100 par rapport au taux azoté du régime témoin (13 p. 100 de protéines).

chaque jour à l'aide d'une échelle de rationnement qui est inférieure de 10 p. 100 en moyenne au niveau de la consommation spontanée de ce régime (DESMOULIN, 1967) ; cette échelle fixée selon le poids est imposée en fonction de l'âge de l'animal.

— Dans 3 lots 90 E, 80 E et 70 E, le niveau journalier d'alimentation est inférieur de 10, 20 et 30 p. 100 aux quantités distribuées dans le lot témoin. Les rats reçoivent alors les régimes correspondants définis ci-dessus de façon à maintenir un apport journalier de protéines égalisé avec les rats du lot témoin.

La restriction porte uniquement sur l'énergie

— Dans 3 lots 90 EN, 80 EN et 70 EN, les rats reçoivent le régime témoin à un niveau d'alimentation restreint de 10, 20 et 30 p. 100 par rapport aux quantités distribuées dans le lot témoin. La restriction est globale, portant également sur l'énergie et sur l'azote.

Méthodes d'étude — Interprétation

— Les vitesses de croissance des animaux sont comparées à âge égal ou à poids égal relativement à celles des animaux du lot témoin d'une part, à celle des animaux soumis à un même niveau d'alimentation d'autre part.

Le « rendement » énergétique et azoté de l'alimentation est exprimé sous forme du coefficient d'efficacité énergétique :

$$CEE = \frac{\text{Gain de poids (g)}}{1\ 000 \text{ kcal ingérées}}$$

et du coefficient d'efficacité protidique :

$$CEP = \frac{\text{Gain de poids (g)}}{\text{protéines ingérées (g)}}$$

— Les bilans de composition corporelle sont effectués à poids final égal de 250 g. Les rétenions énergétique et azotée sont calculées selon RÉRAT *et al.* (1964) ; et les coefficients d'utilisation pratique (CUP) de l'azote et de l'énergie sont calculés par analogie avec TERROINE et VALLA (1933) selon les formules suivantes :

$$\text{CUP Azote} = \frac{\text{N retenu dans les tissus (g)}}{\text{N ingéré}} \times 100$$

$$\text{CUP Énergie} = \frac{\text{kcal retenues dans les tissus} \times 100}{\text{kcal ingérées}}$$

L'interprétation statistique porte sur les comparaisons de moyennes (SNEDECOR) afin de préciser l'influence de la sévérité du rationnement suivant la nature des restrictions imposées.

RÉSULTATS

Les résultats d'ensemble de croissance et de consommation sont rapportés dans le tableau 2.

1. *Croissance* (tabl. 2 et 3)

Dans les conditions expérimentales utilisées, chaque diminution de l'allocation journalière de nourriture (lots EN) se traduit par une diminution de la vitesse de croissance, particulièrement visible quand les résultats sont exprimés en pourcentage par rapport au témoin (tabl. 3). Cet effet est plus marqué lorsque la restriction est globale que lorsqu'elle porte uniquement sur la fraction énergétique du régime (lots E).

Il faut cependant noter qu'il existe une évolution dans le temps, évolution qui se manifeste sur deux points :

— l'effet de la restriction alimentaire diminue avec le temps : ainsi, dans le lot 70 EN, la vitesse de croissance après 14 jours représente 57 p. 100 de celle enregistrée

chez les témoins ; à 250 g, elle représente 68 p. 100 de celle des témoins. La même tendance se retrouve dans les autres lots.

— L'écart entre les lots E et EN pour chaque niveau de restriction a tendance à diminuer : par exemple, pour les restrictions à 80 p. 100 par rapport au témoin, les vitesses de croissance représentent respectivement 79 et 71 p. 100 de celle des témoins pour les lots E et EN à 14 jours ; à 250 g, elles sont de 81 (lot E) et 79 p. 100 (EN) par rapport aux témoins.

Ces faits correspondent au phénomène d'adaptation déjà signalé par DESMOULIN (1967 a et 1968).

2. *Efficacité alimentaire apparente* (tabl. 2 et 3)

Cette efficacité qui est traduite par les coefficients d'efficacité énergétique et protidique évolue selon les traitements et l'âge des animaux.

Lors de la restriction globale, il y a diminution de l'efficacité énergétique du régime, diminution d'autant plus forte que la restriction est plus sévère. Par contre, si l'apport azoté journalier est maintenu constant par élévation du taux azoté, l'efficacité énergétique reste invariable quel que soit le niveau de rétention énergétique dans nos conditions expérimentales. L'ensemble de ces phénomènes se retrouve à chaque stade de croissance. Il existe bien entendu, en outre, une diminution de l'efficacité énergétique du régime, quel que soit le traitement utilisé, lorsque les animaux deviennent plus lourds et plus âgés.

Contrairement au coefficient énergétique, le coefficient d'efficacité protidique diminue lors de chaque restriction de l'apport alimentaire, que cette restriction porte sur l'ensemble du régime ou uniquement sur la fraction énergétique. Cette diminution est bien entendu du même ordre que celle qui se produit pour le coefficient d'efficacité énergétique lors de la restriction globale ; par contre, elle est beaucoup plus marquée lorsque le taux azoté a été relevé afin de maintenir un apport journalier d'azote identique à celui du témoin.

Tout se passe donc comme si, dans le cas de la seule restriction énergétique, l'azote supplémentaire était utilisé, au moins partiellement, à des fins énergétiques.

Ces points ne pourront être contrôlés que par l'analyse des carcasses et l'étude des bilans azoté et énergétique.

3. *Composition corporelle — Efficacité des rétentions énergétique et azotée* (tabl. 4 et 5)

Du fait de l'influence bien connue du poids vif sur la composition corporelle, il a paru préférable de procéder sur ce point à des comparaisons entre des animaux de même poids (tabl. 4). Ceci présente évidemment des inconvénients sur le plan de la mesure des rétentions énergétique et azotée du fait de la forte variation du besoin d'entretien ainsi créée.

Quoi qu'il en soit, il faut d'abord noter qu'au même poids, les carcasses entières des animaux ne présentent pratiquement pas de différence à une exception près : dans le lot 70 E recevant un apport énergétique réduit à 70 p. 100, l'adiposité des animaux est significativement plus faible. En ce qui concerne la teneur azotée de

TABLEAU 2
Croissance et consommation — Évolution avec le temps (poids moyen initial : 66,5 g)

Lot	Témoin	90 E	90 EN	80 E	80 EN	70 E	70 EN
<i>Après 14 jours</i>							
Gain moyen quotidien (g)	4,18	3,73	3,53	3,31	2,99	2,98	2,41
Coefficient d'efficacité énergétique (g/kcal)	0,84	0,83	0,78	0,83	0,75	0,85	0,69
Coefficient d'efficacité protidique (g/g prot.)	2,71	2,38	2,55	1,97	2,42	1,88	2,23
<i>Après 28 jours</i>							
Gain moyen quotidien (g)	4,74	4,28	4,11	3,91	3,58	3,41	2,95
Coefficient d'efficacité énergétique (g/kcal)	0,80	0,81	0,77	0,83	0,76	0,82	0,72
Coefficient d'efficacité protidique (g/g prot.)	2,60	2,31	2,51	2,09	2,49	1,81	2,31
<i>Au jour du sacrifice (250 g de poids vif)</i>							
Durée totale période (g)	39	43	45	47	50	52	58
Gain moyen quotidien	4,74	4,25	4,11	3,83	3,71	3,43	3,21
Consommation totale d'énergie (kcal)	2 562	2 582	2 752	2 632	2 790	2 575	3 000
Consommation totale de protéines (g)	76,9	88,9	82,6	102,2	83,9	105,1	90,1

C. E. E. : Coefficient d'efficacité énergétique $\frac{\text{gain de poids (g)}}{\text{énergie ingérée (Kcal)}}$

C. E. P. : Coefficient d'efficacité protidique $\frac{\text{gain de poids (g)}}{\text{protéines ingérées}}$

TABLEAU 3
Évolution de la croissance et de l'efficacité alimentaire apparente avec le temps relativement au témoin (en p. 100)

	Témoin	90 E	90 EN	80 E	80 EN	70 E	70 EN
<i>Après 14 jours :</i>							
Gain moyen quotidien	100	89	84	79	71	71	57
Coefficient d'efficacité énergétique	100	98	93	98	89	101	82
Coefficient d'efficacité protidique	100	88	93	73	89	69	82
<i>Après 28 jours :</i>							
Gain moyen quotidien	100	90	87	82	75	72	62
Coefficient d'efficacité énergétique	100	101	96	103	96	102	89
Coefficient d'efficacité protidique	100	89	96	80	96	70	89
<i>A 250 g :</i>							
Gain moyen quotidien	100	90	87	81	79	73	68
Coefficient d'efficacité énergétique	100	100	93	97	91	100	83
Coefficient d'efficacité protidique	100	84	93	68	91	63	83

l'organisme, une tendance à un accroissement semble cependant exister lorsque diminue l'apport énergétique et lorsque s'accroît l'apport azoté.

TABLEAU 4

*Composition corporelle à poids final identique
et efficacité des rétentions énergétique et azotée (CUP)*

	Témoin	90 E	90 EN	80 E	80 EN	70 E	70 EN
Composition corporelle							
P. 100 eau	64,4	64,4	65,2	64,3	62,4	65,8	63,6
P. 100 cendres	3,4	3,4	3,5	3,4	3,5	3,8	3,5
P. 100 protéines	18,5	18,4	18,7	18,8	18,3	19,5	19,0
P. 100 lipides	13,8	13,8	12,6	13,5	15,8	10,9*	13,8

* Signification statistique : ne sont pas statistiquement différents tous les chiffres d'une même ligne, non marqués ou marqués d'un astérisque ou de deux astérisques.

En dépit de la réserve faite précédemment sur la signification du calcul des rétentions de l'azote et de l'énergie à poids égal, un certain nombre de faits (tabl. 5) sont à retenir :

— Chaque diminution de l'apport énergétique provoque une diminution des dépôts journaliers, non seulement d'énergie, mais également d'azote ; en outre, ce dernier varie dans le même sens que l'apport azoté.

TABLEAU 5

Efficacité des rétentions énergétique et azotée (CUP)

	Témoin	90 E	90 EN	80 E	80 EN	70 E	70 EN
Azote ingéré journalier (mg/j)	315	331	294	348	268	323	248
Azote retenu journalier (mg/j)	141	126	125	119	110	109	99
CUP azoté :							
— valeurs absolues	44,8	38,1 *	42,4	34,2 **	40,9	33,8 **	40,1 *
— en p. 100 du témoin	100	85	95	76	91	75	89
Énergie ingérée (kcal/j)	65,7	60,0	61,2	56,0	55,8	49,5	51,7
Énergie retenue (kcal/j)	11,9	10,6	9,8	9,7	10,2	7,5	8,2
CUP énergétique :							
— valeurs absolues	18,1	17,7	16,0	17,3	18,3	15,2 *	15,8 *
— en p. 100 de témoin	100	98	88	95	101	84	87

* Signification statistique : ne sont pas statistiquement différents tous les chiffres d'une même ligne, non marqués ou marqués d'un astérisque ou de deux astérisques.

— Le coefficient d'utilisation pratique de l'énergie, qui rend compte du dépôt net de l'énergie dans la carcasse, reste invariable d'un traitement à l'autre lors des réductions modérées de l'ingéré énergétique ou de l'ingéré global ; par contre, il s'abaisse de façon notable lors d'une restriction plus importante de 30 p. 100. Cette différence ne peut être attribuée complètement à l'augmentation de la durée de croissance nécessaire pour atteindre 250 g car, dans cette hypothèse, ce coefficient devrait diminuer lors de chaque aggravation de la restriction alimentaire : cette différence rend compte en fait des limites des possibilités d'épargne de l'énergie lorsque les restrictions sont très sévères.

Par ailleurs, il faut noter que cette évolution du coefficient d'utilisation pratique de l'énergie est différente de celle enregistrée pour le coefficient d'efficacité énergétique au poids de 250 g : il faut voir dans ce désaccord l'erreur introduite par la seule considération du poids vif comme critère d'efficacité choisi en place de l'analyse corporelle.

— En ce qui concerne le coefficient d'utilisation pratique de l'azote, on retrouve un phénomène comparable à ce qui se passe pour le coefficient d'efficacité protidique, mais il est plus accentué : l'efficacité de la rétention d'azote diminue fortement et significativement lors de chaque réduction du seul apport énergétique ; lorsque la restriction porte à la fois sur l'azote et l'énergie, ce n'est alors que pour des restrictions importantes qu'il se produit une dépression significative du CUP de l'azote.

DISCUSSION

L'un des buts de l'expérience décrite étant d'examiner les relations entre l'apport énergétique et le besoin azoté pour la synthèse musculaire maximale, il faut tout d'abord vérifier si le dépôt azoté réalisé par les animaux est maximal. Or, dans une expérience antérieurement réalisée (RÉRAT et HENRY, 1965) des animaux de même souche qui recevaient à volonté le même régime pendant le même laps de temps, présentaient une vitesse de croissance de 5,73 g/j et un dépôt d'azote journalier de 157 mg/j ; il apparaît ainsi que, seuls les animaux témoins de la présente expérience ont réalisé un dépôt d'azote proche du maximum, alors que leur vitesse de croissance n'est que suboptimale notamment au cours de la première période. Par contre, les animaux restreints dont la vitesse de croissance est plus nettement ralentie, présentent, en outre, un dépôt d'azote amoindri. Les phénomènes étudiés ne concernent donc pas le besoin azoté *sensu stricto*, mais plutôt le partage de l'apport azoté entre synthèse protéique et utilisation énergétique et son évolution avec le degré de restriction énergétique.

A quoi peut être attribuée cette croissance insuffisante des animaux témoins ? Si l'on se réfère de nouveau aux résultats de l'expérience antérieure, on constate que leur adiposité est également légèrement diminuée par rapport à celle d'animaux nourris à volonté à l'aide des mêmes régimes. Malgré la difficulté de baser des hypothèses sur une comparaison entre des expériences réalisées à des époques différentes, on peut présumer que ces faits sont liés à l'échelle d'alimentation préconisée pour les animaux témoins, dans le but d'homogénéiser leur consommation : l'usage d'une

échelle d'alimentation moyenne, fixée *a priori* sur le poids vif des animaux, aurait déjà en soi été restrictif en défavorisant les animaux gros mangeurs ; l'abaissement de 10 p. 100 de ce niveau d'alimentation, s'il a l'avantage de maîtriser des variations individuelles et journalières de l'appétit, provoque une réduction du niveau d'ingestion de tous les animaux témoins qui, pour faible qu'elle soit, peut entraîner une modification de la croissance et de la composition corporelle. Il semblerait ainsi que le Rat soit particulièrement sensible à la moindre restriction alimentaire et que sa consommation de luxe soit faible quand le rapport azote/énergie du régime est bon. On doit en définitive retenir que la technique expérimentale utilisée, consistant à fixer un niveau d'alimentation restreint pour les animaux témoins, aboutit sans doute à méconnaître les phénomènes (notamment ceux qui touchent le besoin azoté) pouvant se produire lors d'une restriction peu importante du niveau d'alimentation.

Il faut donc noter l'influence marquée de chaque diminution de l'apport global ou énergétique sur la vitesse de croissance. Cette diminution d'apport énergétique, même à apport égal d'azote, ne provoque pas de diminution de l'adiposité par rapport au témoin sauf dans un cas extrême (lot 70 E). Ces faits viennent confirmer le bien-fondé de l'hypothèse émise sur la sensibilité du rat à la moindre restriction alimentaire en ce qui concerne sa croissance. On sait par ailleurs que les réserves grasses du rat nourri à volonté de régimes bien équilibrés sont relativement faibles en comparaison de celles d'autres espèces comme le Porc (MEYER et NELSON, 1963). On conçoit ainsi que la restriction alimentaire, sauf quand elle est très prononcée, ne puisse toucher que très peu l'adiposité, mais influencerait immédiatement sur la vitesse de croissance par synthèse diminuée des tissus contenant de l'azote et notamment des tissus musculaires.

Dans ce cas, le facteur limitant de la synthèse musculaire paraît être l'énergie. En effet, l'évolution des deux coefficients rendant compte de l'efficacité de l'énergie et de l'azote, diverge complètement lors de l'élévation du taux azoté visant à maintenir constant l'apport journalier d'azote. Il se produit alors une diminution fort importante des coefficients d'efficacité de l'azote alimentaire, ce qui signifie que la plus grande partie des protéines surajoutées est dérivée à des fins énergétiques (ALLISON, 1957) et montre bien que le facteur limitant de la croissance lors de la réduction d'apport journalier d'un régime bien équilibré est représenté par l'apport d'énergie. Il faut toutefois noter qu'une petite fraction de l'azote surajoutée a été utilisée à des fins anaboliques puisque l'élévation du taux azoté se traduit par une légère amélioration de la vitesse de croissance à chaque niveau de restriction. Dans le cas de la compensation d'apport azoté, il apparaît simultanément une amélioration du coefficient d'efficacité énergétique (CEE) qui le maintient au niveau du témoin : ceci peut être attribué, au moins en partie, au fait que le rendement du dépôt azoté est deux fois plus élevé que le rendement du dépôt énergétique global du régime ; or, il entre en partie dans ce rendement énergétique global du régime, et on conçoit ainsi que chaque augmentation d'apport azoté, même si elle se traduit par une légère diminution de rendement du dépôt azoté, se traduira également par une amélioration globale du rendement énergétique du régime.

Cette expérience permet en outre de retrouver un phénomène déjà noté lors d'expériences antérieures (DESMOULIN, 1967 et 1968 : l'effet de la restriction alimentaire est d'autant plus marqué que l'animal est plus jeune. Sur le plan azoté, ce phénomène s'explique fort bien par l'évolution des besoins d'acides aminés qui

diminuent relativement au besoin énergétique lorsque l'animal prend de l'âge (NRC, 1962). Sur le plan énergétique, il semble se produire au bout de quelques temps, une adaptation de l'animal à cette restriction. C'est ainsi que l'écart relatif entre témoins et restreints a tendance à s'estomper lorsque les animaux prennent de l'âge, et ceci tant sur plan de la vitesse de croissance que sur celui de l'efficacité des transformations.

Enfin, un dernier point mérite réflexion. C'est la discordance enregistrée entre coefficient d'efficacité du régime et coefficient d'utilisation pratique de l'énergie. Il est bien évident que, seul, ce dernier coefficient a quelque signification physiologique à la condition, toutefois, qu'il soit considéré pour une période de temps égale entre les différents traitements. Il rend en effet compte du dépôt réel de l'énergie dans l'organisme, sous quelque forme que ce soit, tissu musculaire ou tissu adipeux, alors que le premier ne rend compte que du volume de tissu formé sans permettre de préciser l'efficacité réelle de la formation de ce tissu.

CONCLUSION

En conclusion, le Rat blanc en croissance accuse chaque réduction de son apport alimentaire journalier, lorsque celui-ci est bien équilibré, par une diminution de sa vitesse de croissance et de sa synthèse musculaire, sans qu'il y ait de modifications de son adiposité. Un apport supplémentaire de matières azotées ne permet de rattraper qu'une petite partie du déficit de croissance, ne diminue pas l'adiposité sauf dans un cas extrême (lot 70 E) et se traduit en définitive par un gaspillage considérable d'azote. Dans ces conditions, le facteur limitant de la synthèse protéique est représenté par l'apport énergétique dont la réduction provoque une réduction du dépôt d'azote et par là même, autorise une diminution correspondante de l'apport azoté. Lors d'une restriction alimentaire d'un régime bien équilibré, il est ainsi inutile d'augmenter le taux azoté de ce régime pour tenter de stimuler la synthèse protéique, puisque celle-ci est freinée par l'apport énergétique. Ces phénomènes ont tendance à s'estomper lorsque l'animal subit ces restrictions depuis longtemps, ce qui confirme son adaptation métabolique déjà constatée dans des expériences antérieures. La question se pose de savoir si des phénomènes analogues risquent d'être retrouvés dans d'autres espèces, telle l'espèce porcine, chez laquelle les dépôts adipeux sont beaucoup plus importants.

Reçu pour publication en mars 1970.

SUMMARY

EFFECT OF AN ENERGY AND PROTEIN FEED RESTRICTION UPON GROWTH AND BODY COMPOSITION IN THE WHITE RAT

The aim of the present study was to define more accurately to what extent the protein requirement for maximum muscle synthesis is modified when growing white rats are submitted to quantitative restriction of the energy supply to diminish adiposity.

70 rats of the *Wistar* strain, 4 weeks old and weighing 66,5 g were divided into 7 groups, the feeding levels of which were different according to the energy and protein supply or to the

energy supply alone. The control group received a well balanced diet containing 13 p. 100 nitrogen matter (fish meal + DL-methionine, 0,6 p. 100 of the proteins). The amount of food was calculated following a scale of rationing being 10 p. 100 under the mean level of the spontaneous food intake of this diet. In three groups, the daily feeding level was 10, 20 and 30 p. 100 respectively below that of the control group; in the three other groups (90 E, 80 E, 70 E), the food restriction also corresponded to 10, 20 and 30 p. 100, compared with the control group, but the nitrogen level of the diet was modified so as to obtain the same daily supply of nitrogen as in the control group. The animals were weighed at regular intervals and their food consumption recorded. All the animals were slaughtered at a weight of 250 g and their carcasses analysed.

Under these conditions, any restriction of the daily supply of a well balanced diet results in a decrease of the growth rate and of the daily deposits of energy and protein; the adiposity is not modified. The compensation of the protein deficiency by means of which just a small part of the delay in growth and protein deposit may be recovered, only diminishes the adiposity in the case of the greatest energy restriction (70 E) resulting in an important wasting of proteins. In the case of food restriction of a well balanced diet, it therefore seems to be unnecessary to increase the nitrogen level of this diet in order to stimulate the protein synthesis, as the latter is limited by the energy supply. The phenomena concerning growth and food efficiency are particularly clear during the first days of the trial, but they diminish when the experiment lasts longer, a fact which confirms the already noticed adaptability of the rat.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLISON J. B., 1957. Calories and protein nutrition. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **69**, 1009-1204.
- CALLOWAY D. H., SPECTOR H., 1954. Nitrogen balance as related to caloric and protein intake in active young men. *Amer. J. Clin. Nutr.*, **2**, 405-412.
- COMBS G. F., ROMOSER G. L., 1955. New approach to poultry feed formulation. *Maryland Univ. Agric. Exptl. Sta. Misc. Pub.*, **226**.
- DESMOULIN B., 1967. Évolution selon l'âge et le poids de la composition corporelle du rat blanc soumis à un rationnement énergétique après le sevrage. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **7**, 281-293.
- DESMOULIN B., 1967. Note sur l'influence de la sévérité du rationnement énergétique sur la composition corporelle du rat blanc après le sevrage. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **7**, 295-301.
- DESMOULIN B., 1968. Influence de la durée des périodes de rationnement après le sevrage sur l'évolution de la composition corporelle du rat blanc. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **8**, 373-383.
- DONALDSON W. E., COMBS G. F., ROMOSER G. L., 1956. Studies on energy levels in poultry rations. I. The effect of calorie-protein ratio of the ration on growth, nutrient utilization and body composition of chicks. *Poult. Sci.*, **35**, 1100-1105.
- HENRY Y., RÉRAT A., 1962. Influence de la qualité et de la quantité de matières azotées ingérées sur la consommation spontanée d'énergie chez le rat en croissance. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **2**, 267-276.
- HENRY Y., RÉRAT A., 1966. Évolution de l'ingestion spontanée de principes énergiques en fonction de la vitesse de croissance et de la protéinogenèse chez le Rat Blanc. Amino-Acides-Peptides-Proteines. Cahier n° 6 A.E.C., 241-262.
- HILL F., DANSKY L. M., 1950. Studies of the protein requirement of chicks and its relation to dietary energy level. *Poult. Sci.*, **29**, 763.
- LEONG K. C., SUNDE M. N., BIRD H. R., ELVEHJEM C. A., 1955. Effect of energy protein ratio on growth rate, efficiency, feathering and fat deposition in chickens. *Poult. Sci.*, **34**, 1206.
- MEYER J. H., NELSON A. O., 1963. Efficiency of feed utilization by various animal species fed similar rations. *J. Nutr.*, **80**, 343-349.
- MUNRO H. N., 1964 in MUNRO H. N., ALLISON J. B., *Mammalian protein metabolism*, Vol. 1; 382-481. Acad. Press, New York, London.
- OSBORNE MENDEL, 1918. The inorganic elements in nutrition. *J. Biol. Chem.*, **34**, 131-140.
- RÉRAT A., HENRY Y., 1963. Étude de l'ajustement de la consommation spontanée d'énergie en fonction de l'apport azoté chez le rat en croissance. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **3**, 263-298.
- RÉRAT A., FEVRIER C., HENRY Y., LOUGNON J., 1964. Évolution de la composition corporelle du Rat Blanc en croissance. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **4**, 35-47.
- RÉRAT A., HENRY Y., 1965. Détermination du besoin en acides aminés soufrés chez le rat en croissance. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **5**, 469-481.
- SNEDECOR G. W., 1956. *Statistical methods*, 5ed, 534 pp. Iowa State Univ. Press Ames, Iowa.

- SWANSON P., 1959 in ALBANESE A. A., *Protein and aminoacid nutrition*, 195-224. Acad. Press, New York. London.
- TERROINE E. F., VALLA S., 1933. Valeur comparée de différents aliments protéiques pour la croissance. *C. R. Acad. Sci.* Paris, **196**, 288-290.
- YOSHIDA A., HARPER A. E., ELVEHJEM C. A., 1957. Effects of protein per calorie ratio and dietary level of fat on calorie and protein utilization. *J. Nutr.*, **63**, 555-570.
-