

INFLUENCE DE L'ALIMENTATION, DU STADE PHYSIOLOGIQUE ET DES PERFORMANCES SUR LES REJETS AZOTÉS DU PORC À L'ENGRAS, DE LA TRUIE ET DU PORCELET.

D. GUILLOU (1), J.Y. DOURMAD (2), J. NOBLET (2)

(1) U.N.C.A.A. Division Productions Animales - U.C.A.A.B., B.P. 19, 02402 Château-Thierry Cédex

(2) I.N.R.A. - Station de Recherches Porcines, 35590 Saint-Gilles

Dans les zones de production porcine intensive, l'élimination des déjections devient un problème crucial, en raison principalement des risques de pollution des eaux par les nitrates et des émanations d'ammoniac. Afin de prendre en compte de façon plus précise les différentes mesures préventives envisageables (meilleure adaptation des apports en protéines, amélioration des performances), nous avons établi un modèle de calcul des rejets azotés des porcs aux différents stades physiologiques, intégrant des critères disponibles à l'élevage. Le rejet azoté est obtenu par différence entre l'azote (N) ingéré et l'azote retenu. Pour la période de gestation, la rétention azotée est calculée à partir d'une synthèse de la bibliographie et en fonction des effets des apports de protéines et d'énergie, du numéro de portée et du stade de gestation. Pendant la lactation, le bilan azoté est calculé à partir des résultats d'une étude sur la détermination factorielle des besoins en acides aminés. Durant la période d'engraissement, la rétention azotée est calculée à partir de résultats de dissection et de composition chimique de 65 porcs mâles entiers, castrés ou femelles, de différents types génétiques et abattus à différents stades entre 20 et 110 kg de poids vif. En prenant en compte le pourcentage de muscle à 100 kg, nous avons pu établir une relation allométrique unique, quel que soit le type d'animal, entre la teneur en protéines de l'animal et son poids vif ($R^2=0,98$). Le modèle proposé permet de simuler les effets des performances (productivité numérique, vitesse de croissance, indice de consommation et teneur en muscle) et des techniques d'alimentation (nombre et composition des régimes) et d'estimer la fraction de l'azote émise sous forme gazeuse. Les simulations effectuées montrent que le rejet azoté des élevages peut varier de façon importante en fonction des performances et de la conduite alimentaire.

Effect of feeding, physiological stage and performance on nitrogen excretion of the growing pig, the sow and the piglet.

In highly intensive pig production areas, manure disposal is a major problem especially for nitrogen (N), in relation to water pollution by nitrates and gaseous ammonia emissions. In order to take precisely into account the effects of preventive measures (better adjustment of dietary protein supply, improvement of performance level), we have developed a prediction model for calculating total amount of N excreted by the pig at different physiological stages. N output (NO) was calculated on a daily basis as the difference between N intake and N retention. For gestation period, the model was based on a comprehensive literature analysis of the effects of protein and energy supply, parity number and gestation stage on N retention. During lactation, N balance was calculated from the results of a factorial study on amino acid requirements. During growing and finishing, N retention was calculated on a daily basis from daily weight gain and protein content of that gain. Protein content of the gain was determined from dissection and chemical analysis of 65 pigs differing in genotype, weight and sex. A single allometric relationship, taking into account EEC carcass muscle percentage at 100 kg body weight (BW), was established between body N mass and BW ($R^2=0.98$). The model enables to simulate the effects of herd performance level (reproduction, growth rate, feed conversion ratio (FCR) and muscle percentage at slaughter) and feeding practices (number of diets and their composition) on N output. Results of simulations show that NO can vary widely, even in practical conditions.

INTRODUCTION

Dans les régions de production porcine intensive, l'élimination des déjections est parfois difficilement conciliable avec la protection de l'environnement. Au delà du phénomène de concentration de l'élevage, l'intensification s'est accompagnée d'une production de plus en plus fréquente de lisier, associée à un niveau important de nuisances olfactives. De plus, ces déjections sont riches en éléments organiques et minéraux qui risquent d'entraîner des pollutions de l'air et de l'eau. En particulier, l'azote présent dans les déjections pose à la fois des problèmes liés aux émanations gazeuses (ammoniac et oxydes d'azote) impliquées dans l'effet de serre ou les pluies acides, et à l'enrichissement des eaux superficielles ou souterraines en nitrates (LEE et COULTER, 1990). La Commission des Communautés Européennes a subventionné un grand nombre d'études sur les techniques visant à réduire la teneur en azote des lisiers, dans le cadre d'un programme de recherche sur les effluents des élevages intensifs (GASSER, 1980). Un large éventail de procédés technologiques avait alors été exploré, mais l'élimination de l'azote résultait souvent d'une conversion des formes organiques en ammoniac, dégagé dans l'atmosphère. De plus, l'impact économique de ces techniques sur les coûts de production est souvent réhibitioire. Des mesures préventives ont également été proposées. Il s'agit essentiellement de réduire les pertes nutritionnelles d'azote et donc d'améliorer l'efficacité d'utilisation des protéines alimentaires par l'animal (EGGUM et LARSEN, 1987; LENIS, 1987; SCHUTTE et BOSCH, 1990; DOURMAD et GUILLOU, 1991; GATEL *et al.*, 1992). Ces propositions n'ont toutefois pas été étudiées en tenant compte de la variabilité des pratiques et des résultats techniques dans les élevages. Le but de l'étude présentée ci-après est de proposer un modèle (c'est-à-dire une méthode) pour calculer la quantité totale d'azote excrété par le porc aux différents stades physiologiques (trouie reproductrice, porcelet, porc à l'engrais) afin de pouvoir mieux prendre en compte les effets du niveau des performances et des techniques d'alimentation sur les rejets azotés.

1. PRÉDICTION DE L'AZOTE EXCRÉTÉ - PARAMÈTRES DU MODÈLE

En fonction du stade physiologique, quatre périodes sont considérées: la **période 1** correspond aux trouies sevrées ou gestantes, la **période 2** aux trouies allaitantes avec leur portée, la **période 3** aux porcs en croissance-finition et enfin la **période 4** aux porcelets après sevrage. L'excrétion d'azote (N) est calculée par différence entre l'apport azoté alimentaire et la rétention azotée totale (y compris l'excrétion lactée de la trouie).

1.1. Excrétion azotée en gestation (NExGest) et entre le sevrage et la saillie fécondante (NExIssf) (Période 1)

La rétention azotée (NR, g/j) de la trouie en gestation est calculée à partir du modèle proposé par DOURMAD (1987). Ce modèle prend en compte les effets des apports azotés (NI, g/j) et énergétiques (EDI, MJ ED/j), du rang de portée et du stade de gestation (t, j) sur la rétention azotée :

$$NR_{Gest} = Cpn + 0,88 (-57,9 + 10,2 \ln(NI) + 8,0 \ln(EDI) + 2,72 e^{0,01t})$$

où Cpn est un facteur de correction pour le rang de portée : +0,5 g pour la première portée, -0,6 g pour la seconde, -1,7 g pour la troisième et -2,5 g au delà.

Plus récemment, l'AFRC (1990) a proposé un modèle du type linéaire-plateau pour prédire la rétention azotée à partir de l'azote ingéré. Cependant, l'effet de l'apport d'énergie n'étant pas pris en compte dans ce modèle, il sous-estime la rétention pour des apports énergétiques élevés (ÉTIENNE, 1991). L'équation retenue pour calculer l'excrétion azotée pendant la gestation (NExGest, g/j) est donc :

$$NExGest = NI + 51,0 - Cpn - 9,0 \ln(NI) - 7,0 \ln(EDI) - 2,39 e^{0,01t} (1)$$

Aucune donnée sur la rétention azotée entre le sevrage et la saillie n'étant disponible, nous avons utilisé pour cette période la même relation que pour un premier jour de gestation :

$$NExIssf = NI + 48,6 - Cpn - 9,0 \ln(NI) - 7,0 \ln(EDI) (2)$$

1.2. Excrétion azotée pendant la lactation (NExLact) (Période 2)

La rétention azotée de la trouie en lactation est calculée à partir de résultats de bilans azotés provenant d'une expérience factorielle sur les besoins en lysine et en protéines des trouies allaitantes (ETIENNE *et al.*, 1989). Dans cette expérience le besoin en lysine était déterminé par régression linéaire multiple entre la lysine ingérée (Lys, g/j), l'exportation d'azote dans le lait (Nlait, g/j) et le bilan azoté (Nbil, g/j).

$$N_{bil} = -16,9 + 1,41 \text{ Lys} - 0,58 \text{ Nlait}$$

À partir de cette relation et de l'N ingéré (NI) nous avons calculé l'excrétion azotée totale en lactation :

$$NExLact = NI - (Nlait + Nbil)$$

Nlait est déterminé à partir de la croissance (GP, g/j) et de la taille de la portée (n) (NOBLET et ETIENNE, 1989).

$$Nlait = 25,7 \text{ GP} + 0,42 \text{ n}$$

Afin de tenir compte de la consommation d'aliment complémentaire par les porcelets allaités, nous avons supposé que l'azote du lait et l'azote de cet aliment (Nali, g/j) se substituent en fonction de leurs efficacités globales respectives. Une efficacité de 88 % est retenue pour l'azote du lait de trouie (NOBLET et ETIENNE, 1987) et de 60% pour l'azote de l'aliment complémentaire (SEVE et AUMAITRE, 1983). La relation pour Nlait devient alors :

$$Nlait = 25,7 \text{ GP} + 0,42 \text{ n} - 0,60 / 0,88 \times \text{Nali}$$

À partir de ces relations et pour des régimes où la lysine est l'acide aminé limitant primaire on a donc :

$$NExLact = NI + 16,9 + 0,29 \text{ Nali} - 1,41 \text{ Lys} - 10,8 \text{ GP} - 0,18 \text{ n} (3)$$

Lorsque la lysine n'est pas l'acide aminé le plus limitant du régime, une conversion peut être proposée sur la base du rapport entre les acides aminés dans le besoin de lactation (DOURMAD *et al.*, 1991).

À partir des relations ci-dessus on peut également déterminer le rejet azoté de la portée au cours de la lactation (NExPortée, g/j) :

$$NExPortée = Nlait (1 - 0,88) + \text{Nali} (1 - 0,60)$$

$$NExPortée = 3,084 \text{ GPort} + 0,0504 \text{ n} + 0,32 \text{ Nali} (4)$$

1.3. Excrétion azotée chez le porc en croissance (NExCr) (Période 3).

La rétention journalière totale de protéines corporelles ($dPC/dt = 6,25 \text{ NR}$) est décomposée entre la teneur en protéines du gain de poids vif vide ($dPC/dPVV$), le rapport entre le gain de poids vif vide et le gain de poids vif ($dPVV/dPV$) et la vitesse de croissance (dPV/dt):

$$dPC/dt = (dPC/dPVV) \times (dPVV/dPV) \times (dPV/dt)$$

Des relations allométriques (HUXLEY, 1924) sont ensuite utilisées pour calculer PC à partir du poids vif vide :

$$PC = e^a PVV^b$$

Les paramètres a et b sont déterminés à partir des résultats de dissections et d'analyses chimiques de 65 porcs, abattus à intervalles de poids réguliers entre 20 et 110 kg : 58 de race Large White (20 mâles entiers, 19 castrés et 19 femelles) et 8 mâles entiers issus d'une lignée synthétique sélectionnée pour une vitesse de croissance rapide et une épaisseur de lard dorsal réduite (NOBLET *et al.*, non publié). Les coefficients d'allométrie obtenus pour les différentes catégories d'animaux sont présentés au tableau 1. Pour les mâles entiers et les femelles de race LW, la teneur en protéines du gain de poids est relativement constante (b est en effet proche 1). Par contre, elle tend à diminuer pour les mâles castrés LW ($b < 1$) et à augmenter pour les mâles entiers de la lignée synthétique ($b > 1$). En fait, ces coefficients d'allométrie varient parallèlement à la teneur en muscle à l'abattage (%MUS, tableau 1). La relation a donc été modifiée, en exprimant a et b comme fonction linéaire de %MUS :

Tableau 1 - Influence du type d'animal sur le pourcentage de muscle à 100 kg (%MUS) et sur la relation allométrique entre la quantité de protéines corporelles (PC) et le poids vif vide (PVV) ($PC = e^a PVV^b$)

Type d'animal	% MUS	e^a	b	R^2
Mâles lignée synthétique	66,0	0,138	1,053	0,999
Mâles LW	58,0	0,156	1,014	0,996
Femelles LW	55,4	0,171	0,991	0,992
Castrés LW	51,2	0,178	0,978	0,992

$$PC = e^{(a_1 + a_2 \%MUS)} PVV^{(b_1 + b_2 \%MUS)} \quad (5)$$

Ce modèle permet d'ajuster une équation unique de prédiction de la teneur en protéines à partir de PVV et de %MUS ($R^2=0,995$), les valeurs obtenues pour a et b étant:

$$a = -0,9892 - 0,0145 \%MUS$$

$$b = 0,7518 + 0,0044 \%MUS$$

D'autres relations allométriques décrivant la croissance protéique du porc ont déjà été publiées (SHIELDS *et al.*, 1983; WHITTEMORE *et al.*, 1988; MOUGHAN *et al.*, 1990). Cependant la plupart de ces relations sont valables seulement pour un type d'animal donné, alors que notre objectif ici est de pouvoir prédire les différentes situations rencontrées en pratique. La relation établie ici n'est cependant valable que dans la gamme de poids vif étudiée, à savoir entre 25 et 110 kg.

Les mêmes données expérimentales sont utilisées pour prédire PVV à partir de PV à l'aide d'une relation allométrique.

$$PVV = 0,915 PV^{1,009} \quad (6)$$

Les données provenant de différents essais d'alimentation (INRA, non publié) sont ensuite utilisées pour prédire l'évolution de la vitesse de croissance (dPV/dt) entre 25 et 105 kg, à partir de critères mesurés à l'élevage. Il s'agit de pesées hebdomadaires effectuées sur 237 porcs mâles castrés ou femelles, issus de différents génotypes (Large White et croisés Large White x Piétrain) et nourris *ad libitum* ou suivant un plan d'alimentation. La fonction de Gompertz (LEBRETON et MILLIER, 1982), qui s'ajustait mieux aux données que la fonction logistique a été choisie pour décrire la courbe de croissance des animaux :

$$PV = K (PVi/K)^{\exp(-lt)} \quad (7)$$

Dans cette fonction t représente la durée d'engraissement en jours, PVi le poids vif du début de la période étudiée et K et l sont les paramètres habituels du modèle de Gompertz. L'ajustement du modèle pour chaque animal montre que le paramètre l est principalement influencé par PVi et K par PVi et GMQ. l et K sont donc respectivement transformés dans le modèle en $l_1 + l_2 \times PVi$ et en $K_1 + K_2 \times PVi + K_3 \times GMQ$. L'ajustement par régression non linéaire de l'ensemble des données de croissance permet donc de définir une courbe de croissance adaptée en fonction de PVi et du GMQ ($R^2 = 0,984$) :

$$l = 0,01311 - 0,00015 PVi \quad \text{et} \quad K = -147 + 1,57 PVi + 482 GMQ.$$

Enfin, la prise en compte des équations 5, 6 et 7 permet de déterminer la rétention azotée journalière chez le porc en croissance:

$$NR = 0,148 l b e^a 0,915^{b-1} PV^{1,009b} \ln(K/PV) \quad (8)$$

$$\text{ou} \quad a = -0,9892 - 0,0145 \%MUS,$$

$$b = 0,7518 + 0,0044 \%MUS,$$

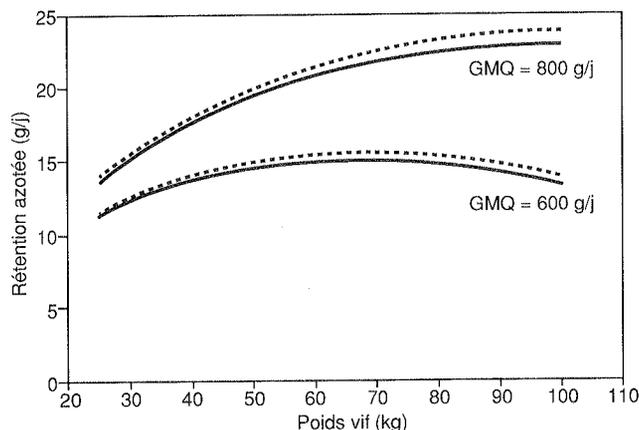
$$l = 0,01311 - 0,00015 PVi$$

$$\text{et} \quad K = -147 + 1,57 PVi + 482 GMQ$$

Pour illustrer cette relation, nous l'avons utilisée pour calculer la rétention azotée journalière de porcs de différents GMQ (800 ou 600 g/j) et pour différents taux de muscles à l'abattage (52 ou 56 %) (figure 1). Pour le GMQ élevé, les résultats sont en accord avec ceux de THORBEEK (1975) et de WHITTEMORE *et al.* (1988), pour des poids vifs similaires. Pour des animaux de potentiel de croissance inférieur, OSLAGE (1964) obtenait un niveau de rétention azotée à peu près constant entre 20 et

110 kg de poids vif, proche de celui calculé par le modèle pour le GMQ le plus faible.

Figure 1 - Prédiction par le modèle de la rétention azotée (NR, g/j) entre 25 et 100 kg de poids vif, pour un GMQ de 600 ou 800 g/j et une teneur en muscle à l'abattage (%MUS) de 52 % (—) ou 56 % (-----).



L'excrétion azotée (NExCr) est ensuite obtenue par différence entre l'azote retenu (equation 8) et l'azote ingéré.:

$$NExCr = NI - 0,148 I b e^{a} 0,915^{b-1} PV^{1,009b} \ln(K/PV) \quad (9)$$

Dans le cas d'une alimentation rationnée, la quantité d'azote ingérée est calculée à partir du plan d'alimentation et de la teneur en protéines des différents régimes utilisés. Dans le cas d'une alimentation *ad libitum*, la quantité d'aliment ingérée (AL) peut être prédite à partir de régressions quadratiques établies sur des données expérimentales obtenues sur 60 femelles et 60 mâles castrés de race LW et LWxPi, élevés dans des conditions de thermoneutralité (tableau 2).

Tableau 2 - Relation entre l'ingestion spontanée (Ing, g/j) et le poids vif (PV, kg) entre 25 et 105 kg chez des porcs mâles castrés ou femelles de deux génotypes, élevés en conditions de thermoneutralité (19 °C) $Ing = a + b PV + c PV^2$

	a	b	c	R ²
LW castrés	- 234	58,76	-0,187	0,71
LW femelles	- 78	49,98	-0,136	0,76
Croisés castrés	- 7	47,05	-0,138	0,76
Croisés femelles	944	11,72	0,099	0,77

Tableau 3 - Estimation de l'influence du type de bâtiment sur l'importance des émanations gazeuses d'ammoniac en engraissement. D'après PESSARA *et al.* (1992), HOEKSMAS *et al.* (1992) et, JUST *et al.* (1982).

Type de bâtiment	Ventilation	Émissions gazeuses		
		par porc g/j	%(1)	%(2)
Caillebotis intégral	basse	9,6	100	25
Caillebotis intégral	haute	7,6	80	20
Caillebotis partiel	haute	6,8	70	17,5
Caillebotis intégral avec «flushing» du lisier	haute	3	30	7,5
Cage de digestibilité	-	-	-	4 - 7

(1) exprimé en pourcentage du caillebotis intégral avec ventilation basse.

(2) exprimé en pourcentage de l'excrété.

1.4. Excrétion azotée par les porcelets en post-sevrage (NExSev) (Période 4).

La teneur en protéines du porcelet au sevrage (PCSev, %) est estimée à partir de la relation obtenue par NOBLET et ÉTIENNE (1987) en fonction du gain de poids journalier moyen pendant l'allaitement (GMQall, kg/j).

$$PCsev = 15,77 - 5,0 GMQall$$

La quantité de protéines corporelles à la fin de la période de post-sevrage (ou au démarrage de l'engraissement) est calculée à partir des équations obtenues pour la période 3 (eq. 5 et 6). Ces valeurs sont ensuite utilisées pour déterminer la quantité de protéines corporelles au cours de la période de post-sevrage, par interpolation linéaire en fonction du poids vif. Pour chaque période de post-sevrage on obtient ensuite l'azote excrété (NExSev) par différence entre l'azote ingéré et l'azote fixé.

2. PRÉDICTION DE L'AZOTE DU LISIER - PARAMÈTRES DU MODÈLE

En raison des émanations gazeuses, qui ont lieu principalement sous la forme d'ammoniac, une partie seulement de l'azote excrété par l'animal se retrouve dans l'effluent. Peu de données précises permettent de quantifier l'évaporation de NH₃. MATON (1991) estime qu'en moyenne 39% de l'évaporation d'ammoniac se situe au niveau de l'élevage, 51% au niveau de l'épandage et enfin 10% au niveau du sol, tous types de productions animales confondues. Compte tenu des différents facteurs de variations liés aux conditions de stockage et d'épandage, nous nous limiterons ici à la prédiction des émanations gazeuses dans le bâtiment. AARNINK *et al.* (1992) proposent de retenir, pour le porc en croissance, une valeur moyenne de 8 g de NH₃ volatilisé par porc et par jour (soit l'équivalent de 6,6 g d'azote). Cependant différents paramètres sont susceptibles d'influencer l'importance de ces émanations, en particulier le type de sol, la température ambiante, la ventilation et poids des animaux. Pour des bâtiments ayant une ventilation par extraction haute, HOEKSMAS *et al.* (1992) obtiennent, toujours chez le porc en croissance, des valeurs allant de 8,6 g d'azote par jour et par porc, en caillebotis intégral, à moins de 4 g pour des systèmes avec flushing journalier du lisier. PESSARA *et al.* (1992) obtiennent, sur caillebotis intégral, des valeurs similaires à savoir 6,5 g/j pour une ventilation par extraction haute et 9,6 g/j en extraction basse. A partir des résultats de HOEKSMAS *et al.* et de ceux de PESSARA *et al.* on peut tenter d'évaluer l'influence du type de bâtiment (tableau 3) sur l'importance des pertes gazeuses de NH₃.

Les valeurs proposées sont voisines de celles qu'obtiennent LATIMIER et CHATELIER (1991) et LATIMIER *et al.* (1993) par différence entre l'azote excrété par l'animal et l'azote présent dans la fosse à lisier, à savoir entre 23% à 27% de l'azote excrété pour des bâtiments en caillebotis intégral avec extraction basse.

3. RÉSULTATS DE SIMULATIONS

Le modèle est utilisé pour déterminer l'excrétion azotée dans différentes situations d'élevage. Les performances retenues étant celles mesurées dans les élevages français (DAGORN *et al.*, 1990).

3.1. Excrétion azotée moyenne aux différents stades physiologiques.

L'excrétion azotée d'un élevage naisseur-engraisseur de 100 truies (89 truies productives) produisant 1900 porcs charcutiers

par an est calculée. Le poids d'abattage et le pourcentage de muscles moyen des porcs charcutiers sont respectivement 105 kg et 54 %. Les pratiques alimentaires retenues sont rapportées au tableau 4.

Tableau 4 - Pratiques alimentaires utilisées pour l'estimation de l'excrétion azotées aux différents stades physiologiques

Stade	Quantité consommée	M.A.T.
Gestation et ISSF	2,7 kg/j	14 %
Lactation	5,5 kg/j	17 %
P.S.1er âge	(d'après IC)	21 %
P.S.2eme âge	(d'après IC)	18 %
Croissance-Finition	95 % ad libitum	16,5 %

Tableau 5 - Répartition de l'excrétion azotée entre les différents stades physiologiques, pour une unité de 100 truies naisseur-engraisseur (89 truies productives, 1900 porcs produits par an)

	Par animal					Élevage		
	Ingéré N g/j	Rejet N g/j	Rejet % ing	Rejet N kg	Effluent N kg (1)	Rejet N kg/an	Effluent N kg/an	% Total
Truies								
. Gestation	61	45	75			1064	819	9,3
. Lactation(2)	150	98	61			566	436	5,0
. ISSF	61	47	78			143	110	1,3
. Renouvellement	65	53	80			96	73	0,8
. Réforme	61	50	82			109	84	1,0
Total truie présente	75	53	71	19,5(3)	15,0(3)	1978	1522	17,3
Verrats	54	46	86	17,0(3)	13,1(3)	85	65	0,7
Post-sevrage	26	14	52	0,48(4)	0,37(4)	934	719	8,2
Engraissement	57	40	70	4,4 (4)	3,4 (4)	8401	6469	73,7
Total sevrage-vente				4,9 (4)	3,8 (4)	9335	7188	81,9
TOTAL ÉLEVAGE			68			11400	8775	100

(1) la quantité d'azote de l'effluent est calculée pour des bâtiments en caillebotis intégral, les émanations gazeuses représentant 23% de l'azote excrété par les animaux.

(2) y compris les rejets des porcelets allaités.

(3) par an.

(4) par porc produit.

La répartition de l'excrétion azotée entre les différents stades physiologiques (tableau 5) souligne l'importance de la phase de croissance-finition. L'excrétion azotée moyenne par porc produit s'élève à 6 kg, dont respectivement 74%, 8% et 18% sont rejetés au cours des phases d'engraissement, de post-sevrage et de reproduction. Dans le cas d'un bâtiment en caillebotis intégral, on peut évaluer la quantité d'azote rejeté dans le lisier à 15 kg par truie présente et par an, 3,8 kg par porc produit entre le sevrage et la vente, dont 3,4 kg après 25 kg. Si l'on fait l'hypothèse que la volatilisation de l'azote se fait sous forme d'ammoniac, ceci correspond à 1,7 kg de NH₃ par porc produit ou encore à 3,2 tonnes par an pour l'ensemble de l'élevage.

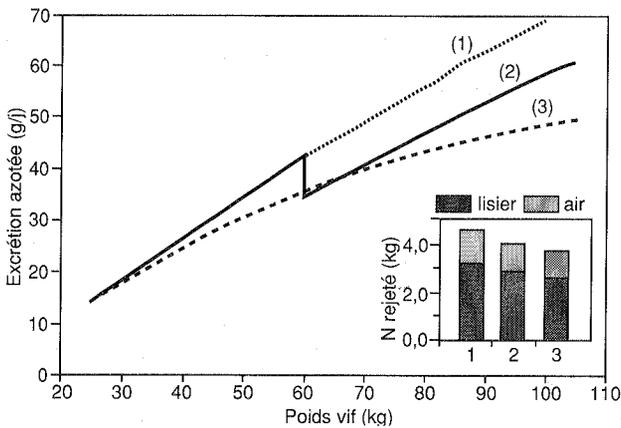
3.2. Influence de la conduite alimentaire et des performances en engraissement

Trois stratégies d'alimentation des porcs charcutiers sont comparées pour un niveau donné de performances:

- (1) un seul aliment à 17 % de protéines est distribué entre 25 et 100 kg de poids vif,
- (2) un aliment à 17 % de protéines distribué jusqu'à 60 kg, puis remplacé par un aliment à 15 % de protéines,
- (3) Un aliment dont le taux de protéines varie progressivement de 17% en début de croissance à 13% en fin d'engraissement.

Les résultats (figure 2) confirment l'intérêt d'un ajustement précis de l'apport de protéines et d'acides aminés alimentaires aux besoins spécifiques du porc. Au cours de la période de croissance, la différence de rejet azoté entre les 3 conduites alimentaires reste modeste (-6% entre 1 et 3 à 60 kg) alors qu'en période de finition il devient très important (-30% entre 1 et 3 à 100 kg). Globalement, sur l'ensemble de la période d'engraissement, l'excrétion azotée par porc passe de 4,2 à 3,4 kg entre les conduites 1 et 3 et la quantité d'azote rejetée dans le lisier de 3,2 à 2,6 kg.

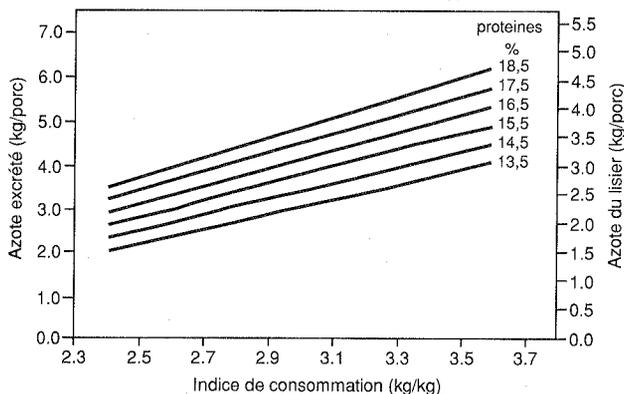
Figure 2 - Effet de la stratégie alimentaire au cours de la période de croissance-finition (25-100 kg) sur le rejet azoté: Évolution du rejet journalier (courbes) et cumul sur l'ensemble de l'engraissement (histogramme).



- (1) régime unique à 17 % de MAT,
 (2) deux régimes: 17 % MAT. de 25 à 60 kg, 15 % MAT ensuite
 (3) passage progressif de 17 % MAT à 25 kg à 13 % MAT à 105 kg

De façon plus générale, on peut déterminer, à l'aide du modèle, l'influence de l'indice de consommation (IC) et du taux de protéines moyen de l'aliment (pondéré en fonction des quantités distribuées) sur l'excrétion azotée ou la quantité d'azote produite dans le lisier (figure 3). On constate ainsi que l'excrétion azotée varie largement en fonction de ces paramètres, de 3 kg par porc pour un aliment à 15% de MAT et 2,7 d'IC à plus de 5 kg/porc pour un aliment à 17% de MAT et 3,3 d'IC, ce qui correspond respectivement à 2,3 et 3,8 kg d'azote dans le lisier. Les résultats des simulations montrent également que pour une stratégie alimentaire et un IC donné, le pourcentage de muscles a peu d'influence sur l'excrétion azotée (-0,014 kg de diminution par point de muscle en plus). De même, pour un IC donné, le GMQ n'affecte pas le rejet azoté par porc produit puisque la rétention azotée totale en croissance dépend du gain de poids total et non du GMQ.

Figure 3 - Influence du taux moyen de protéines de l'aliment et de l'IC sur le rejet azoté (kg/porc) en période de croissance-finition (25-100 kg).

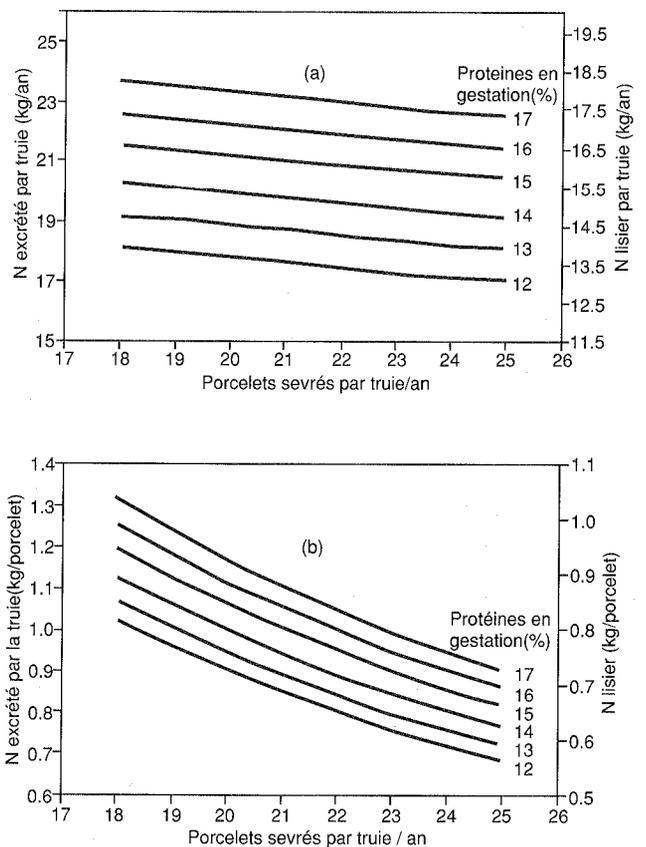


3.3. Influence de la conduite alimentaire et des performances de reproduction

L'excrétion azotée est calculée en fonction de la productivité numérique et pour différentes stratégies d'alimentation en gestation : de 16% de protéines, ce qui correspond à un aliment mixte gestation-lactation, à 12% ce qui permet de couvrir les besoins de gestation

La diminution de la teneur en protéines du régime de gestation, de 16% à 12%, permet de réduire l'excrétion azotée de 4,5 kg par truie et par an, soit 20%, alors que la productivité numérique à peu d'effet sur l'excrétion azotée : -1 kg entre 18 et 24 porcelets sevrés par truie/an. Cependant, si l'on rapporte le rejet de la truie au nombre de porcelets sevrés (figure 4b), l'effet de la productivité numérique devient très important et l'excrétion azotée varie entre 1,3 kg/porcelet pour une productivité faible et une teneur en protéines élevée à moins de 0,7 kg par porcelet pour une productivité élevée et une teneur en protéines correspondant au besoin.

Figure 4 - Influence du taux de protéines du régime de gestation et des performances de reproduction sur les rejets azotés par truie productive (a) ou par porcelet sevré (b).



CONCLUSION

Ce modèle mathématique permet de calculer l'excrétion azotée totale et d'estimer les quantités rejetées dans le lisier et dans l'air, à partir de critères accessibles au niveau de l'élevage. Il permet également de quantifier l'impact sur les rejets des modifications des techniques d'alimentation ou des performances, pour un diagnostic individualisé.

Ce modèle est surtout adapté à la situation française de production, mais pourrait être modifié pour prendre en compte

des poids d'abattage plus élevés. D'autre part, compte tenu du faible nombre de résultats disponibles sur l'importance et les facteurs de variation des émanations gazeuses, cet aspect du modèle demande à être confirmé et adapté aux différentes situations rencontrées en élevage. Enfin, pour prédire de façon précise la quantité d'azote réellement disponible au niveau du sol, il reste à prendre en compte les émanations gazeuses au cours du stockage et à l'épandage. La démarche présentée ici peut également être étendue à d'autres éléments chimiques présentant des risques pour l'environnement ou d'intérêt agronomique (phosphore, potassium, cuivre, zinc...). On peut également envisager de prédire de façon plus générale la composition du lisier; dans ce cas l'un des éléments les plus importants du modèle sera la quantité d'eau consommée par les animaux (AARNINK *et al.*, 1992).

Les résultats des différentes simulations confirment la possibilité de réduire l'excrétion azotée par le biais de l'alimentation. Des aliments adaptés à chaque stade physiologique et un

meilleur ajustement de l'équilibre en acides aminés sont deux méthodes complémentaires et efficaces pour réduire l'excrétion azotée des animaux. Le modèle souligne également l'effet intéressant de l'amélioration du niveau des performances sur la limitation des rejets. En période de reproduction, le paramètre le plus important est le nombre de porcelets produits par an alors que chez le porc en croissance l'excrétion est principalement affecté par l'IC, le GMQ n'ayant pas d'effet important.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier le Ministère de l'Agriculture et du Développement rural (D.P.E., Convention du 31 août 1990) et la Commission des Communautés Européennes (DG VI contrat CT910112) pour le soutien financier qu'ils ont apporté à cette étude et P. BARRÉ (UCAAB), A. AUMAITRE (INRA) et Y. HENRY (INRA) pour l'aide qu'ils leur ont apporté.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFRC, 1990. *Nutr. Abst. Rev.*, 60: 383-406.
- AARNINKA.J.A., VANOUWERKERKE.N.J., VERSTEGEN.M.W.A., 1992. *Livest. Prod. Sci.*, 31, 121-132.
- DAGORN J., BADOUARD B., SALAÜN Y., 1990. *Techni-Porc*, 13, 17-29.
- DOURMAD J.Y., ÉTIENNE M., NOBLET J., 1991. *Journées Rech. Porcine en France*, 23, 61-68.
- DOURMAD J.Y., GUILLOU D., 1991. Maîtrise de la charge polluante des effluents des élevages porcins: influence du bâtiment, de l'alimentation et des performances. In: *Le bâtiment du porc*, AFMVP éd, Paris, pp 104.
- DOURMAD, J.Y., 1987. *Journées Rech. Porcine en France*, 19, 203-214.
- EGGUM B.O., LARSEN T., 1987. Kvaelstofab med godning og urin hos voeksende grise-kan dette formindskes? *Statens Husdyrbrugsforsog Meddelelse*, August 5th 1987. NR 672, pp 4.
- ÉTIENNE M., 1991. *Journées Rech. Porcine en France*, 23, 69-74.
- ÉTIENNE M., NOBLET J., DOURMAD J.Y., FORTUNE H., 1989. *Journées Rech. Porcine en France*, 21, 101-108.
- GASSER J.K.R., 1980. *Effluents from livestock*. Applied Science Publishers LTD, London, pp 712.
- GATEL F., GROSJEAN F., 1992. *Livest. Prod. Sci.*, 31, 109-120.
- HOEKSMAP., VERDOES N., OOSTHOEK J., VOERMANS J.A.M., 1992. *Livest. Prod. Sci.*, 31, 131-132.
- HUXLEY J.S., 1924. *Nature*, London, 114, 895-896.
- JUST A., FERNANDEZ J.A., JORGENSEN H., 1982. Nitrogen balance studies and nitrogen retention. In: *Les Colloques de l'INRA*, 12, 111-122.
- LATIMIER P., CHATELIER C., 1992. *Journées Rech. Porcine en France*, 24, 227-236.
- LATIMIER P., DOURMAD J.Y., CORLOUER A., 1993. *Journées Rech. Porcine en France*, 25, 295-300.
- LEBRETON J.D., MILLIER C., 1982. Modèles dynamiques déterministes en biologie. Masson éd, Paris, France. pp 208.
- LEE J., COULTER B., 1990. A macro view of animal manure production in the european community and implications for environment. In: «Manure and Environment», Misset agri-seminar, VIV-Europe, November 14th 1990, Utrecht, The Netherlands.
- LENIS N.P., 1987. Contribution of pig to N-pollution and possible solutions via feeding measures. in: *Eurolysine/Gallenica feed industry symposium*, Billund, Denmark, May 6th 1987. pp 8.
- MATON A., 1991. Progress report of Sub-Group 2.8. Environment, Agriculture, Stock Farming in Europe, European Conference, Mantua, Italy.
- MOUGHAN P.J., SMITH W.C., STEVENSE V.J., 1990. *New Zealand J. Agr. Res.*, 33, 77-84.
- NOBLET J., ÉTIENNE M., 1987. *Reprod. Nutr. Dev.*, 27, 829-839.
- NOBLET J., ÉTIENNE M., 1989. *J. Anim. Sci.*, 67, 3352-3359.
- OSLAGE H.J., 1964. *Z. TierPhysiol., Tiernähr. u. Futtermittelknde*, 19, 330-357.
- PESSARA H., OLDENBURG, J., THOLKING L., BRENNER K.L., 1992. *Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion*, 5, 144-146.
- SAS Institute Inc., 1988. *SAS/STAT™ User's Guide*. Release 6.03 Edition. Cary, NC., pp 1028.
- SCHUTTE J.B., BOSCH M.W., 1990. Nutritional possibilities to reduce nitrogen and phosphorus excretion in pigs and poultry. In: «Manure and Environment», Misset agri-seminar, VIV-Europe, November 14th 1990, Utrecht, The Netherlands.
- SÈVE B., AUMAITRE A., 1983. *Sci. Aliments*, 3, 53-67.
- SHIELDS R.G. Jr., MAHAN D.C., GRAHAM P.L., 1983. *J. Anim. Sci.*, 57, 43-54.
- THORBECK G., 1975. *Beretning fra Statens Husdyrbrugs forsog*, No. 224.
- WHITTEMORE C.T., TULLIS J.B., EMMANS G.C., 1988. *Anim. Prod.*, 46, 473-445.