

EFFETS DE LA CONSOMMATION DE TOURTEAU DE COLZA À TRÈS BASSE TENEUR EN GLUCOSINOLATES PENDANT LA CROISSANCE ET LA GESTATION CHEZ LA TRUIE

M. ÉTIENNE, (1) J.Y. DOURMAD (1), J. EVRARD (2)

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

(2) C.E.T.I.O.M. - rue Monge, Parc Industriel, 33600 Pessac, France

Avec la collaboration technique de Anne-Marie MOUNIER, Christiane VACHOT, J.C. HULIN, G. CONSEIL et J. LEBOST.

Une expérience a été réalisée afin d'étudier les effets de la consommation de tourteau de colza à très basse teneur en glucosinolates (TBTG, cv. « Tapidor » à 9,3 µM glucosinolates/g) pendant la croissance et la gestation chez la truie. Elle portait sur 160 porcs femelles croisés Large White x Piétrain à partir de la sortie du post-sevrage et se déroulait suivant un dispositif factoriel 2 x 2 x 2. Deux régimes de croissance isoénergétiques à 18,6 % de protéines, « Témoin » sans colza ou « Colza » avec 20 % de TBTG, étaient distribués suivant un plan de rationnement jusqu'à la saillie au 2^{me} oestrus. Pendant la gestation, les truies recevaient 2,5 kg/jour d'un régime à 16,5 % de protéines, « Témoin » sans colza ou « Colza » avec 20 % de tourteau TBTG. Sur les 127 truies fécondées, 64 étaient abattues à 40 jours de gestation, et 63 à 111 jours. Le régime n'a aucun effet sur la proportion de femelles pubères avant 280 jours d'âge (97 %), l'âge à la puberté (210 jours) ou le taux de fertilité (85 %). Le poids de la thyroïde des truies est plus élevé chez celles qui ont consommé le régime Colza pendant leur croissance (11,0 vs 9,7 g). Quel que soit le stade (7 jours après le début de l'expérience, 100 kg de poids vif, 40 ou 111 jours de gestation), le taux plasmatique de thiocyanates est plus élevé et l'iodémie plus faible quand les truies consomment du tourteau de colza. Le taux d'ovulation (14,2), le nombre d'embryons ou de foetus normaux (respectivement 10,2 et 9,8), ou anormaux (respectivement 0,8 et 0,3) et la mortalité embryonnaire (28,4 %) ou foetale (2,1 %) ne sont pas influencés par les traitements expérimentaux. La consommation de tourteau TBTG par les truies pendant la croissance ou la gestation n'affecte pas le poids des embryons de 40 jours (10,7 g), de leurs annexes (60 g), et l'espace utérin dont ils disposent (38 cm). Il en va de même pour le poids des foetus de 111 jours (1156 g), de leurs annexes (231 g), de la thyroïde (0,222 g), du foie, des reins et des surrénales. Comme chez les mères, le plasma des foetus du lot Colza en gestation a une teneur plus élevée en thiocyanates et plus faible en iode. Leur taux de thyroxine est également diminué, mais l'écart entre les lots est très faible (70 vs 72 ng/ml). Ces résultats montrent que l'introduction à taux élevé de tourteau de colza TBTG dans le régime des truies n'affecte pas leurs performances de reproduction ni la fonction thyroïdienne des porcelets. Compte tenu de ces résultats et des expériences précédentes, on peut fixer à 5 mM/jour la quantité maximale de glucosinolates qu'il est possible de faire consommer à la truie pendant la gestation sans qu'il y ait de conséquences néfastes.

Effects of feeding rapeseed meal with a very low glucosinolate content to gilts during growth and gestation

Effects of feeding rapeseed meal with a very low glucosinolate content (TBTG, cv. « Tapidor » with 9.3 µM glucosinolates/g) to gilts during growth and gestation were studied in a 2 x 2 x 2 factorial experiment. The study began with 160 Large White x Pietrain female pigs after postweaning. Two isoenergetic diets containing 18.6 % protein, a control one without rapeseed meal (« Témoin ») or another one with 20 % rapeseed meal (« Colza ») were fed according to a feeding scale up to mating at the second oestrus. During pregnancy, the 127 gilts that were fecundated were fed 2.5 kg daily of a diet with 16.5 % protein (« Témoin » without rapeseed meal, or « Colza » with 20 % rapeseed meal). Half of them were slaughtered at 40 days postmating, and the remaining ones at 111 days. There was no effect of the diet on the proportion of females mature before 280 days (97 %), age at puberty (210 days) or fertility rate (85 %). Thyroid weight was higher in gilts fed rapeseed meal during growth (11.0 vs 9.7 g). Whatever the stage (7 days after the beginning of experiment, 100 kg liveweight, 40 or 111 days of gestation), plasma level of thiocyanates was increased, and that of iodine was decreased when rapeseed meal was fed. Ovulation rate (14.2), number of embryos or foetuses that were normal (10.2 and 9.8, respectively) or abnormal (0.8 and 0.3, respectively), and embryonic (28.4 %) or foetal mortality (2.1 %) were not affected by treatments. Feeding TBTG meal to gilts during growth and/or gestation had no effect on weight of embryos (10.7 g) and their placenta (60 g) at 40 days nor on their available uterine space (38 cm). The same result occurred at 111 days for the weight of foetuses (1156 g), placenta (231 g), foetal thyroid (0.222 g), liver, kidneys and adrenals. Like for dams, thiocyanates were higher and iodine was lower in plasma of foetuses in group « Colza » during pregnancy. Their thyroxine level in plasma was also lower, but the difference between groups was very low (70 vs 72 ng/ml). These results show that the introduction of a high level of TBTG rapeseed meal in sow diet has no effect on reproductive performance nor on thyroid function of piglets. In view of these results together with those of previous experiments, 5 mM/day can be considered as the maximal level of glucosinolates that can be fed daily to pregnant sows without detrimental consequences.

INTRODUCTION

Les résultats obtenus depuis une dizaine d'années montrent que le tourteau de colza à basse teneur en glucosinolates (BTG) peut constituer une source majeure de protéines pour le porc en croissance (BOURDON et al., 1981; RUNDGREN, 1983; BOURDON, 1986; CASTAING et GROSJEAN, 1986; BOURDON et AUMAITRE, 1990). Il en va différemment chez la truie, les foetus étant particulièrement sensibles aux dérivés goitrogènes des glucosinolates qui traversent la barrière placentaire. Leur thyroïde est hypertrophiée, et ils sont hypothyroïdiens à la naissance (DOURMAD et ETIENNE, 1990; ETIENNE et al., 1990). La fonction de reproduction de la truie est également affectée, bien qu'un certain nombre de divergences existent. Une augmentation de la mortalité embryonnaire ou une diminution du nombre de porcelets vivants à la naissance (DEVILAT et SKOKNIC, 1971; SABEN et BOWLAND, 1971; DANIELSEN, 1985; ETIENNE et DOURMAD, 1987) et un accroissement de la mortalité postnatale (SCHULD et BOWLAND, 1968; ETIENNE et DOURMAD, 1987) ont été rapportés. De plus, le poids du porcelet à la naissance est diminué lorsque le tourteau de colza est introduit à taux relativement élevé dans le régime de gestation (BELL et BELZILE, 1965; LEE et al., 1985; OBIDZINSKI, 1986). Nos résultats les plus récents montrent d'ailleurs que, même avec un tourteau BTG de variété Darmor et dès le taux de 7 % dans le régime, le poids des porcelets en fin de gestation et leur taux de thyroxine plasmatique sont affectés (ETIENNE et al., 1990). Nous avons alors conclu qu'il était préférable d'éviter l'introduction de tourteau de colza dans le régime des truies.

Depuis ces travaux, de nouvelles variétés de colza à très basse teneur en glucosinolates (TBTG) sont disponibles. Compte tenu de la liaison qui existe entre l'ampleur des effets constatés et le niveau de glucosinolates dans le régime, il était important de savoir si le recours à ces nouveaux produits permettait d'éviter les problèmes rencontrés précédemment. Il

était également intéressant de vérifier si l'introduction de tourteau TBTG dans le régime du porc dès la période de croissance finition, comme cela risque d'être le cas dans les conditions pratiques, n'avait pas de conséquence sur les performances de reproduction ultérieures. C'est dans ce double but que nous avons réalisé l'expérience présentée dans la suite de cet article.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Conduite des animaux et alimentation

L'expérience s'est déroulée en deux répétitions successives comportant chacune 80 porcs femelles croisés Large White x Piétrain à partir du poids vif de 25 kg. Au cours de la première répétition, les truies étaient élevées en loges collectives et alimentées individuellement. Pendant la deuxième, elles étaient maintenues en loges individuelles tout au long de l'expérience. À leur 2^{me} oestrus, une double insémination était pratiquée avec de la semence de verrat Large White. En cas de retour en oestrus après la 1^{re} insémination, elles étaient à nouveau inséminées, et abattues si elles n'étaient toujours pas fécondées. Les truies dont le 1^{er} oestrus n'était pas détecté avant 280 jours d'âge étaient abattues. En cas d'absence de retour en oestrus après l'insémination, un diagnostic de gestation était pratiqué à 3 semaines par dosage de la progestérone plasmatique. Au total, 127 truies ont été fécondées et ont terminé l'expérience. La moitié d'entre elles ont été abattues à $40 \pm 0,9$ jours de gestation ($n = 64$), et les autres à $111 \pm 0,8$ jours de gestation ($n = 63$).

L'expérience s'est déroulée suivant un schéma factoriel $2 \times 2 \times 2$: deux aliments de croissance différents entre la sortie du post-sevrage à 25 kg de poids vif et la saillie, deux aliments de gestation, et deux stades d'abattage. La composition des régimes distribués est présentée au Tableau 1.

Tableau 1 - Composition des régimes et résultats d'analyse

Période		Croissance		Gestation	
Régime		Témoin	Colza	Témoin	Colza
Composition, %	Blé	16,2	14,3	18,2	12,5
	Orge	-	21,33	39,6	19,8
	Maïs	47,86	24,5	10,0	31,48
	Son de blé	4,5	-	10,0	10,0
	Tourteau de soja	24,1	10,0	15,4	-
	Tourteau de colza Tapidor	-	20,0	-	20,0
	Mélasses	3,0	3,0	3,0	3,0
	Suif	-	3,0	-	-
	Carbonate de calcium	1,8	1,8	2,0	1,9
	Phosphate bicalcique	1,5	1,0	0,9	0,4
	Sel	0,5	0,5	0,3	0,3
	Oligoéléments-Vitamines	0,5	0,5	0,6	0,6
	L-lysine	-	0,07	-	0,02
	D-L méthionine	0,04	-	-	-
Résultats d'analyse, %	Matière sèche	87,3	88,6	87,7	88,3
	Matières azotées	18,5	18,8	16,9	16,2
	NDF	13,9	14,3	16,7	17,2
	ADF	3,8	6,1	5,3	6,5
	Cellulose brute	3,1	5,2	4,3	5,3
	Glucosinolates, $\mu\text{M/g}$				
	- aliphatiques	-	1,13	-	1,28
	- indoliques	-	0,69	-	0,63
	- totaux	-	1,81	-	1,90

Pendant chaque période, un aliment à base de céréales et de tourteau de soja (lot Témoin) était comparé à un aliment dans lequel tout (période de gestation) ou partie (période de croissance) du tourteau de soja était remplacé par du tourteau de colza TBTG introduit au taux de 20 %. Les régimes étaient isoénergétiques (sur la base ED), isoazotés et suffisamment pourvus en acides aminés indispensables qui ne présentaient pas de déséquilibre entre eux. Le tourteau de colza TBTG introduit était de variété Tapidor et renfermait en moyenne 9,3 µM de glucosinolates/g de matière sèche délipidée. La détermination de ces glucosinolates a été effectuée par HPLC au Laboratoire d'analyses du C.E.T.I.O.M. (45160 Ardon): 6,4 µM/g de glucosinolates aliphatiques (progoitrine, 3,7 µM; gluconapoléïferine, 0,3 µM; gluconapine, 1,7 µM; glucobrassicinapine, 0,4 µM) et 2,9 µM de glucosinolates indoliques (4-hydroxy glucobrassicine: 2,5 µM; glucobrassicine, 0,3 µM). Les aliments renfermant du tourteau de colza contenaient moins de 2 µM de glucosinolates totaux/g.

Pendant la croissance, les animaux des lots Témoin et Colza étaient soumis à un même plan de rationnement allant de 1,3 kg/jour au poids vif de 25 kg à 2,8 kg/jour à 100 kg. Entre 100 kg et l'insémination, le niveau de consommation était réduit à 2,6 kg/jour. Les changements d'aliment s'effectuaient après la 1^{re} insémination, le niveau alimentaire étant de 2,5 kg/jour pendant toute la gestation.

1.2. Mesures effectuées

Les performances de croissance, l'âge à la puberté et le poids à la saillie des truies étaient enregistrés. La détection de la puberté était réalisée par passage quotidien d'un verrat à partir de 160 jours d'âge. Du sang était prélevé sur toutes les truies une semaine après leur mise en expérience, à 100 kg de poids vif et à 40 jours de gestation, ainsi qu'à 111 jours de gestation sur les animaux gardés jusqu'à ce stade. L'hématocrite était mesuré sur le sang, et les niveaux de thiocyanates (Bowler, 1944), d'iode (méthode par électrode spécifique adaptée compte tenu des interférences avec les ions SCN⁻), de thyroxine (T4) et de triiodothyronine (T3) (dosages radio-immunologiques) sur le plasma. Le tractus génital des truies abattues à 111 jours était récupéré aussitôt après, les foetus immédiatement exté-

riorisés et 5 ml de sang prélevés sur 8 d'entre eux pris au hasard dans la portée. Les prélèvements effectués au sein d'une même portée étaient mélangés, et les mêmes mesures que précédemment réalisées sur ce pool, excepté la T3.

Après l'abattage, le poids de la thyroïde, du foie et des reins des truies était mesuré. Leurs tractus génitaux étaient disséqués afin de déterminer le poids et la longueur des cornes utérines et le poids des ovaires. Les corps jaunes étaient disséqués, dénombrés et pesés. Le poids des foetus et de leurs annexes était mesuré. Dans le cas des abattages à 40 jours de gestation, l'espace disponible par foetus était évalué en supposant que 2 foetus contigus disposent chacun de la moitié de leur distance. Dans le cas des abattages à 111 jours de gestation, tous les foetus étaient disséqués afin de déterminer le poids de la thyroïde, des glandes surrénales, du foie et des reins.

1.3. Analyses statistiques

Les résultats étaient analysés à l'aide du modèle linéaire généralisé (SAS, 1990). Les données de croissance et les paramètres sanguins déterminés au début de l'expérience et à 100 kg, l'âge et le poids à la puberté étaient analysés en tenant compte de l'effet du régime de croissance et de la répétition. Dans le cas des critères mesurés sur les truies pendant la gestation et à l'abattage et des paramètres sanguins des portées, on tenait également compte de l'effet du régime de gestation et de l'interaction entre les régimes de croissance et de gestation. L'effet du stade d'abattage sur le poids des organes des truies et leurs performances de reproduction était également recherché. Le poids des organes des foetus était analysé par rapport à la résiduelle entre portées selon un schéma en split-plot. Des covariables étaient également utilisées pour ajuster certains résultats: poids net des truies et stade de gestation pour le poids de leurs organes, taux d'ovulation pour les effectifs de foetus et la mortalité embryonnaire, poids et âge des foetus pour le poids de leurs organes.

2. RÉSULTATS

2.1. Performances de croissance et maturité sexuelle

Tableau 2. Effets du régime sur les performances de croissance, l'âge à la puberté et la fertilité des truies.

Régime		Témoin	Colza	ETR(2)	Signification Statistique (1)
Effectif		80	74	-	-
Période 30 - 60 kg	Consommation (g/j)	1524	1517	80	NS
	GMQ (g/j)	550	553	48	NS
	IC (kg/kg)	2,79	2,76	0,17	NS
Période 60 - 100 kg	Consommation (g/j)	2446	2429	80	NS
	GMQ (g/j)	796	832	54	***
	IC (kg/kg)	3,10	2,94	0,21	***
Période 100 kg - saillie	Consommation (g/j)	2561	2558	39	NS
	GMQ (g/j)	709	706	82	NS
	IC (kg/kg)	3,67	3,71	0,52	NS
Truies pubères à 280 jours (%)		96,3	98,7	-	NS
Âge à la puberté (j)		209	211	22	NS
Taux de fertilité (%)		83,1	86,3	-	NS

(1) ***, P < 0,001; **, P < 0,01; *, P < 0,05; †, P < 0,10; NS, P > 0,10

(2) ETR, écart-type moyen résiduel

Les résultats de croissance des animaux font apparaître très peu de différences entre les deux lots (Tableau 2). Entre 30 et 60 kg, la consommation d'aliment, la vitesse de croissance et l'indice de consommation sont très proches. En finition, la consommation est indépendante du régime, alors que la vitesse de croissance et l'efficacité alimentaire sont améliorées chez les femelles consommant le régime «Colza». Entre le

poids vif de 100 kg et la saillie, on n'observe à nouveau aucune différence entre les animaux des deux lots. Le régime de croissance n'influence pas non plus l'âge à la puberté des truies, qui est en moyenne de 210 jours. De même, la consommation de tourteau de colza Tapidor n'affecte pas la proportion des femelles ayant manifesté au moins un oestrus avant l'âge de 280 jours, ni leur fertilité.

Tableau 3 - Effets des régimes sur les performances de croissance en gestation.

Période	Croissance		Gestation		ETR	Signification Statistique		
	Témoïn	Colza	Témoïn	Colza		C(1)	G(2)	CG(3)
40 j de gestation								
Effectif	34	30	33	31				
Gain de poids (kg)	25,3	24,2	25,3	24,2	5,4	NS	NS	NS
IC (kg/kg)	4,43	4,49	4,31	4,61	0,88	NS	NS	NS
111 j de gestation								
Effectif	30	33	31	32				
Gain de poids (kg)	65,2	64,1	65,7	63,6	11,0	NS	NS	NS
IC (kg/kg)	4,42	4,54	4,42	4,55	0,81	NS	NS	†

(1) C, effet du régime de croissance

(2) G, effet du régime de gestation

(3) CG, interaction croissance x gestation

Après leur insémination, les truies ont consommé toute la ration qui leur était allouée (Tableau 3).

Leur gain de poids jusqu'à 40 ou 111 jours de gestation et leur indice de consommation ne sont pas non plus affectés par le régime de croissance ou de gestation.

2.2. Paramètres sanguins

Que ce soit à 7 jours après le début de l'expérience ou à 100 kg de poids vif, la teneur en thiocyanates du plasma est augmentée et la teneur en iode est diminuée chez les femelles consommant le régime colza (Tableau 4).

Tableau 4 - Effets du régime sur les paramètres sanguins des truies pendant leur croissance.

Régime	Témoïn	Colza	ETR	Signification Statistique
Début de croissance				
Hématocrite, %	36,5	36,7	2,6	NS
SCN, µg/ml	1,91	6,20	1,44	***
Iode, µg/ml	0,41	0,37	0,15	†
T3, ng/ml	2,11	2,12	0,46	NS
T4, ng/ml	49,1	47,1	11,3	NS
100 kg				
Hématocrite, %	38,4	38,6	3,2	NS
SCN, µg/ml	2,23	6,94	2,10	***
Iode, µg/ml	0,44	0,40	0,15	*
T3, ng/ml	2,31	2,40	0,47	NS
T4, ng/ml	56,1	52,6	11,3	†

Par contre, l'hématocrite et les niveaux d'hormones thyroïdiennes sont inchangés. Les mêmes effets sont constatés sur les truies à 40 ou à 111 jours après l'insémination à la suite de la consommation de colza pendant la gestation (Tableau 5). Cependant, à 40 jours de gestation, un effet rémanent du régime de croissance se manifeste encore, les truies ayant reçu le régime colza en croissance ayant davantage de thiocyanates et tendant à avoir moins d'iode dans le plasma que les autres. Il y a d'ailleurs à ce stade une interaction

significative entre les aliments de croissance et de gestation pour les thiocyanates, due au fait que les truies ayant toujours consommé du colza ont davantage de thiocyanates plasmatiques (6,7 µg/ml) que celles qui consommaient le régime témoin avant la gestation et le régime colza par la suite (5,1 µg/ml).

On constate des résultats similaires pour les paramètres sanguins des foetus juste avant la naissance: l'hématocrite

n'est pas affecté, le niveau de thiocyanates augmente et la teneur en iode diminue lorsque leurs mères ont reçu le régime colza pendant la gestation. De plus, La consommation de tourteau Tapidor pendant la période de croissance des femel-

les provoque ultérieurement une diminution significative de l'iodémie de leurs foetus. Enfin, le niveau de thyroxine circulante est significativement plus faible chez les foetus des truies du lot colza pendant la gestation.

Tableau 5 - Effets du régime sur les paramètres sanguins des truies et des foetus.

Période	Croissance		Gestation		ETR	Signification Statistique		
	Témoin	Colza	Témoin	Colza		C	G	CG
40 j de gestation								
Hématocrite, %	42,7	41,6	42,9	41,4	4,3	NS	†	NS
SCN, µg/ml	3,84	4,51	2,52	5,89	1,52	*	***	***
Iode, µg/ml	0,42	0,37	0,43	0,35	0,16	†	**	NS
T3, ng/ml	2,20	2,13	2,17	2,16	0,42	NS	NS	NS
T4, ng/ml	48,8	47,5	48,2	48,1	10,4	NS	NS	NS
111 j de gestation								
<i>Truies:</i>								
Hématocrite, %	40,6	40,7	40,5	40,7	3,5	NS	NS	NS
SCN, µg/ml	3,47	3,98	2,03	5,35	1,32	NS	***	NS
Iode, µg/ml	0,35	0,33	0,35	0,32	0,06	NS	†	NS
T3, ng/ml	1,71	1,62	1,56	1,75	0,42	NS	NS	NS
T4, ng/ml	27,6	24,9	27,7	24,7	9,9	NS	NS	NS
<i>Foetus:</i>								
Hématocrite, %	35,3	35,7	35,4	35,7	2,4	NS	NS	NS
SCN, µg/ml	1,93	2,02	1,45	2,48	0,77	NS	***	NS
Iode, µg/ml	0,29	0,26	0,29	0,26	0,05	*	***	NS
T4, ng/ml	72,8	70,1	72,4	70,4	9,8	NS	*	NS

Tableau 6 - Effets du régime sur le poids des organes des truies

Période	Croissance		Gestation		ETR	Signification Statistique		
	Témoin	Colza	Témoin	Colza		C	G	CG
40 j de gestation								
Stade (j)	40,1	40,0	40,1	40,0	0,9			
Effectif	34	30	33	31				
Poids net, kg	130,4	133,2	130,3	133,2	12,8	NS	NS	NS
Thyroïde, g	9,46	10,46	10,06	9,78	1,82	†	NS	NS
Foie, kg	1,97	1,90	1,87	2,00	0,22	NS	*	NS
Reins, kg	0,38	0,38	0,38	0,37	0,05	NS	NS	NS
111 j de gestation								
Stade (j)	110,8	111,1	110,7	111,2	0,8			
Effectif	30	33	31	32				
Poids net, kg	142,5	143,9	142,6	143,8	10,6	NS	NS	NS
Thyroïde, g	10,01	11,49	10,55	11,00	2,01	**	NS	NS
Foie, kg	1,93	1,96	1,91	1,98	0,26	NS	NS	NS
Reins, kg	0,38	0,39	0,39	0,38	0,04	†	†	NS

2.3. Poids des organes des truies et performances de reproduction

Aucune interaction entre les régimes de croissance et de gestation ne se manifeste pour le poids des organes des truies (Tableau 6). Que ce soit à 40 ou à 111 jours de gestation, leur poids net à l'abattage n'est pas affecté par le régime. Un effet rémanent du

régime de croissance se manifeste sur la thyroïde qui est plus lourde chez les truies ayant consommé du tourteau TBTG entre 25 kg de poids vif et la saillie, alors que cette glande n'est pas affectée par le régime de gestation. Le poids de la thyroïde s'accroît entre 40 et 111 jours de gestation. Le foie des truies du lot «Colza» en gestation est plus lourd que chez les autres à 40 jours de gestation, mais plus à 111 jours bien que l'écart

entre les deux lots soit similaire. Enfin, le poids des reins n'est pas affecté de façon significative par le régime. Ces résultats ne sont pas modifiés lorsque le poids des organes est analysé avec le poids net comme covariable.

À 40 jours de gestation, les mesures de l'utérus sont indépendantes du régime des truies (Tableau 7). Elles évoluent au cours de la gestation, l'utérus devenant plus court et plus lourd, et donc plus épais à 111 jours de gestation, comme en témoigne la

variation du rapport poids/longueur entre ces deux stades.

À 111 jours, une interaction entre les régimes de croissance et de gestation existe pour la longueur et le poids de l'utérus, ces mesures étant plus élevées chez les truies qui changent de régime à la saillie que chez les autres, quel que soit ce régime. Par contre, le rapport poids/longueur de l'utérus à ce stade est indépendant du traitement.

Tableau 7 - Effets du régime sur le tractus génital des truies et leurs performances de reproduction.

Période	Croissance		Gestation		ETR	Signification Statistique			
	Régime	Témoin	Colza	Témoin		Colza	C	G	CG
40 j de gestation									
Long. de l'utérus, m		4,08	4,07	4,05	4,10	0,64	NS	NS	NS
Poids de l'utérus, kg		1,51	1,49	1,46	1,54	0,28	NS	NS	NS
Poids/longueur		0,38	0,38	0,37	0,39	0,09	NS	NS	NS
Taux d'ovulation		14,4	14,3	14,4	14,3	1,9	NS	NS	NS
Poids corps jaune, g		0,49	0,48	0,48	0,49	0,07	NS	NS	NS
Embryons normaux		9,8	10,7	9,6	10,9	2,6	NS	†	NS
Embryons anormaux		0,9	0,7	1,0	0,6	1,2	NS	NS	NS
Mort. embryon., %		31,4	24,5	32,0	24,1	17,5	NS	†	NS
111 j de gestation									
Long. de l'utérus, m		3,08	3,32	3,21	3,20	0,52	†	NS	*
Poids de l'utérus, kg		3,67	3,63	3,69	3,61	0,76	NS	NS	*
Poids/longueur		1,23	1,11	1,17	1,16	0,28	NS	NS	NS
Taux d'ovulation		14,0	14,2	13,9	14,3	1,9	NS	NS	NS
Poids corps jaune, g		0,67	0,67	0,69	0,65	0,13	NS	NS	NS
Foetus normaux		9,8	9,7	10,1	9,4	3,0	NS	NS	*
Foetus anormaux		0,4	0,2	0,3	0,3	0,6	NS	NS	NS
Mort. embryon., %		27,2	30,0	24,8	32,4	19,9	NS	NS	†
Mort. foetale, %		2,9	1,4	2,5	1,8	4,6	NS	NS	NS
Mort. totale, %		30,1	31,4	27,4	34,1	20,1	NS	NS	†

Tableau 8 - Effets du régime sur les mesures réalisées sur les embryons et les foetus.

Période	Croissance		Gestation		ETR	Signification Statistique			
	Régime	Témoin	Colza	Témoin		Colza	C	G	CG
40 j de gestation									
Effectif		334	323	319	338				
Placenta, g		61	59	60	59	15	NS	NS	NS
Embryon, g		10,9	10,4	10,6	10,7	0,9	NS	NS	NS
Espacement, cm		39	36	39	36	12	NS	NS	NS
111 j de gestation									
Effectif		294	321	313	302				
Placenta, g		232	231	227	236	52	NS	NS	NS
Foetus, g		1136	1174	1142	1170	195	NS	NS	NS
Thyroïde, mg		219	225	223	221	54	NS	NS	NS
Foie, g		36,7	38,1	36,9	38,0	7,7	NS	NS	NS
Reins, g		7,6	7,8	7,6	7,8	1,6	NS	NS	NS
Surrénales, mg		166	165	160	171	33	NS	NS	NS
Thyroïde/surrénales		1,36	1,40	1,42	1,34	0,34	NS	NS	NS

Le taux d'ovulation est similaire dans tous les lots et aux deux stades d'abattage. Le poids moyen des corps jaunes n'est pas non plus affecté par le régime, mais augmente entre 40 et 111 jours de gestation. Le nombre d'embryons normaux n'évolue pas significativement entre les deux stades de gestation. À 40 jours, il tend à être plus élevé chez les truies consommant du tourteau Tapidor en gestation, alors qu'à 111 jours, l'interaction entre les régimes de croissance et de gestation est significative pour ce critère. Ceci est dû à une taille de portée plus élevée chez les truies qui changent de régime après la saillie (10,7 en moyenne) que chez celles qui continuent à consommer le même aliment (9,0). Ces effets constatés sur les effectifs d'embryons se répercutent sur la mortalité embryonnaire et la mortalité totale. Enfin, le nombre de foetus anormaux (embryons en voie de dégénérescence à 40 jours ou momifiés retrouvés à 111 jours) est indépendant de l'alimentation des truies jusqu'à la fin de la gestation. La prise en compte du taux d'ovulation comme covariable, qui affecte de façon significative la longueur et le poids de l'utérus ainsi que la taille de la portée, ne modifie pas les effets constatés

2.4. Développement embryonnaire et foetal

Au total, 657 embryons et 615 foetus ont été récupérés. Leur poids et celui du placenta sont similaires dans les 4 lots et en moyenne, respectivement égaux à 10,7 g et 59,6 g à 40 jours, et à 1156 g et 231 g à 111 jours de gestation (Tableau 8). L'espace disponible par embryon au début de la gestation n'est pas non plus affecté. Il en va de même pour le poids de la thyroïde, du foie, des reins, des surrénales et pour le rapport poids de la thyroïde/poids des surrénales des foetus âgés de 111 jours. Tous ces paramètres sont liés au poids des foetus ($P < 0,0001$), mais la prise en compte de ce critère comme covariable ne change rien aux conclusions.

3. Discussion

D'une façon générale, les performances de croissance des porcs jusqu'à 100 kg sont moyennes, essentiellement à cause du rationnement relativement sévère qui a été pratiqué. De plus, en raison du type de logement dans la 1^{re} répétition, le temps d'accès à l'auge était limité et les animaux n'ont pas consommé toute leur ration, au moins au début de l'expérience. En effet, les porcs croisés Large White x Piétrain tendent à fractionner davantage leur repas. Quoi qu'il en soit, les performances de croissance des femelles jusqu'à la saillie sont tout à fait comparables, qu'elles aient consommé le régime témoin ou l'aliment qui renferme 20 % de tourteau TBTG Tapidor. Des différences ne se manifestent que pendant la période de finition où les porcs consommant le régime «Colza» ont une croissance plus rapide et une meilleure efficacité alimentaire que les autres. Mais les écarts entre les deux lots restent faibles. CASTAING et GROSJEAN (1986) n'observaient pas de détérioration des performances de croissance chez des porcs recevant des régimes avec 12 % de tourteau de colza BTG Tandem. Au contraire, BOURDON et al. (1981) constataient une baisse des performances chez des porcs alimentés avec un régime renfermant 20 % de tourteau BTG, et l'attribuaient à sa teneur élevée en fibres et aux glucosinolates. Nos résultats montrent que le recours à du tourteau de type TBTG à plus faible teneur en glucosinolates introduit au taux de 20 % dans l'aliment et la formulation des régimes sur la base des valeurs énergétiques de ces tourteaux établies par BOURDON (rapport interne INRA-CETIOM, mars 1992) permettent aux porcs d'atteindre des performances équivalentes à celles de témoins consommant du tourteau de soja comme seule source de protéines complémentaires. Ces

résultats rejoignent les conclusions de BOURDON (rapport interne INRA-CETIOM, mai 1992) qui obtenait des performances équivalentes chez des porcs rationnés ou alimentés à volonté en croissance-finition recevant des régimes à base de blé et de tourteau de soja ou des aliments avec 20 % de tourteau de colza TBTG et rééquilibrés en lysine et en énergie. Nous ne constatons pas non plus de différence de gain de poids des truies au cours de la gestation entre les régimes testés; ÉTIENNE et al. (1990) obtenaient déjà ce résultat avec le tourteau de colza BTG introduit à des taux allant de 7 à 20 % dans le régime de gestation.

La thyroïde des truies à 40 ou 111 jours de gestation est hypertrophiée lorsqu'elles ont consommé le régime colza avant la saillie. BOURDON (rapport interne INRA-CETIOM, mai 1992) observe la même tendance chez des porcs femelles ayant consommé des régimes avec 20 % de tourteau de colza TBTG Tapidor ou Cérès. Dans le cas des truies, l'effet reste limité (augmentation relative de 13 % du poids de la thyroïde), et on n'observe plus d'effet du tourteau de colza lorsqu'il est distribué seulement pendant la gestation. La consommation d'un aliment de gestation avec 20 % de tourteau BTG Darmor provoquait une hypertrophie relative de 26 % de la thyroïde des truies (ÉTIENNE et al., 1990). De même, bien qu'elle soit significative, l'hypertrophie hépatique constatée dans le cas du régime Tapidor distribué en gestation (7 %) est beaucoup plus faible que ce que l'on observait avec le même taux de Darmor (35 %). On retrouve l'imprégnation rapide en thiocyanates déjà observée dans les études précédentes (ÉTIENNE et al., 1991). En effet, dès le début de l'expérience, le taux de thiocyanates du plasma des femelles consommant le régime colza atteint un niveau équivalent à celui trouvé à 100 kg ou pendant la gestation. Il est équivalent au taux trouvé chez les truies consommant 7 % de tourteau BTG Darmor. La diminution de l'iodémie des truies des lots «Colza» est plus faible que ce qui était trouvé avec les autres types de tourteau de colza (ÉTIENNE et al., 1991; ÉTIENNE et DOURMAD, 1992). Enfin, à aucun moment, les niveaux circulants des hormones thyroïdiennes des truies ne sont influencés par le régime. Cette étude confirme donc que la fonction thyroïdienne des truies est peu touchée par la consommation de tourteau de colza, et que le tourteau de type TBTG permet encore de réduire les effets qui persistaient avec les BTG.

Nos études précédentes faisant appel à du tourteau de colza à teneur élevée en glucosinolates (HTG) Jet Neuf ou du tourteau BTG (ÉTIENNE et DOURMAD, 1987; ÉTIENNE et al., 1990) montraient que le foetus de porc était beaucoup plus sensible que la truie aux produits antithyroïdiens dérivés des glucosinolates, et qu'il en résultait une hypertrophie de la thyroïde et une réduction du taux plasmatique de T4 proportionnelles aux quantités de glucosinolates consommées par la mère. Ces effets étaient significatifs dès 7 % de tourteau BTG introduit dans le régime. Dans le cas présent, avec 20 % de tourteau TBTG, on ne constate plus le moindre effet sur la thyroïde des foetus. En outre, si leur niveau de T4 est plus faible, la différence entre les régimes comparés est très limitée (70 vs 72 ng/ml) et vraisemblablement sans aucune signification biologique. Certains produits dérivés des glucosinolates traversent la barrière placentaire, comme le montre le niveau plus élevé de thiocyanates chez les foetus des truies au régime colza pendant la gestation, mais ce niveau est beaucoup plus faible que chez les mères. Les données hématologiques et anatomiques recueillies sur les truies et les foetus démontrent donc bien que l'utilisation d'un tourteau de colza TBTG permet d'éviter toutes les conséquences que l'on constatait encore précédemment avec les tourteaux de type BTG.

Aucun des critères de reproduction n'a été affecté par la consommation du tourteau Tapidor pendant la croissance et/ou la gestation. La maturation sexuelle des femelles n'est pas modifiée, ainsi que l'avaient observé SCHULD et BOWLAND (1968), SABEN et BOWLAND (1971), BOWLAND et HARDIN (1973) et TAVERNER et CURIC (1974). De même, le taux d'ovulation au 2^{me} oestrus n'est pas modifié; MROZ et al. (1981) et LEE et HILL (1985) aboutissaient à la même conclusion. Enfin, le taux de fertilité est similaire dans les deux lots, alors que LEE et HILL (1985) trouvaient un effet favorable du colza à haute teneur en glucosinolates sur ce paramètre.

La taille de la portée et la mortalité embryonnaire ou foetale ne sont pas affectées par la consommation du tourteau de colza avant ou pendant la gestation. Ceci est en accord avec les conclusions de notre expérience précédente portant sur du tourteau BTG Darmor (ÉTIENNE et al., 1990), alors qu'un accroissement hautement significatif de la mortalité embryonnaire avait été observé chez des truies consommant un régime avec 20 % de tourteau de colza HTG Jet Neuf ou BTG Tandem (ÉTIENNE et DOURMAD, 1987). Il existe aussi un certain nombre de désaccords entre les auteurs sur ces paramètres, la survie prénatale des porcelets étant inchangée dans de nombreux cas. L'interaction trouvée pour la taille de la portée, qui est plus élevée chez les femelles ayant consommé du tourteau de colza avant ou après l'insémination, et plus faible lorsqu'elles en ont consommé pendant toute la durée de l'expérience ou n'en ont pas consommé du tout, est difficilement explicable. Quoi qu'il en soit, les tailles de portées dans les différents lots se trouvent dans des limites normales pour le type de truies de cette expérience.

Contrairement à nos études précédentes, le poids du porcelet avant la naissance est indépendant de l'alimentation de sa mère avant ou après la saillie. Ce résultat est cohérent avec l'absence d'effet constatée sur le poids des organes des foetus ou le poids du placenta aux deux stades d'abattage. Le poids des embryons diminuait de façon linéaire lorsque le taux de tourteau de colza BTG augmentait entre 0 et 20 % dans le régime de gestation (ÉTIENNE et al., 1990). Deux hypothèses avaient été avancées pour expliquer cet effet. L'hypotrophie foetale pouvait être due à leur hypothyroïdisme et/ou à une diminution de l'épaisseur de la paroi utérine qui témoignerait d'une moindre importance des échanges materno-foetaux, la gravité de ces deux phénomènes étant elle aussi liée à la quantité de glucosinolates consommés par la truie. Tout comme l'hypotrophie foetale, ces effets ne se manifestent plus dans le cas de régimes renfermant 20 % de tourteau TBTG Tapidor. Ceci étaye les hypothèses précédentes et démontre que l'ensemble des problèmes rencontrés était bien dûs à la présence d'une quantité excessive de glucosinolates dans le régime maternel.

CONCLUSION

L'ensemble des travaux réalisés sur le porc démontrent que la sélection du colza sur sa teneur en glucosinolates, qui a été poursuivie de façon cohérente et soutenue au cours des dernières années, a permis en parallèle d'accroître les possibilités d'utilisation du tourteau de colza par les animaux. C'est notamment le cas de la truie reproductrice puisque, partant de variétés à teneur élevée en glucosinolates qui s'étaient révélées hautement toxiques pour les foetus, nous disposons à présent de tourteaux de type TBTG qui ne provoquent plus aucun effet néfaste sur la truie et ses porcelets. La présente expérience démontre en effet que tous les paramètres retenus jusqu'à présent, qui s'étaient avérés de bons révélateurs de ce problème de toxicité (mortalité embryonnaire, développement de l'utérus, poids des foetus ou des porcelets, hypertrophie de la thyroïde, taux circulants d'hormones thyroïdiennes, hémocrite, iodémie) ne sont plus affectés lorsqu'on utilise du tourteau de colza Tapidor, même s'il est introduit au taux de 20 % dans le régime et distribué aux jeunes truies dès leur sortie du post sevrage. La comparaison avec notre précédente étude permet de fixer à 2 µM de glucosinolates/g d'aliment (ou 5 mM/jour) le niveau limite de glucosinolates qu'il ne faut pas dépasser dans le régime des truies. Bien entendu, cette expérience ne porte que sur des truies nullipares jusqu'à la fin de leur première gestation. Cependant, le tourteau de colza a été consommé pendant environ 8 mois dans l'un des lots. Nous avons également montré que la gestation était la période du cycle de reproduction durant laquelle les animaux étaient les plus sensibles aux glucosinolates (ÉTIENNE et DOURMAD, 1987). Enfin, des travaux déjà anciens (SCHULD et BOWLAND, 1968) laissent penser à un phénomène d'accoutumance des truies à la présence du tourteau de colza dans leur régime lorsqu'il a déjà été distribué au cours du cycle de reproduction précédent. Nos résultats permettent donc d'envisager la consommation de tourteau de colza TBTG par la truie reproductrice pour laquelle il peut constituer tout (gestation) ou partie (lactation) du complémentaire azoté.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement le C.E.T.I.O.M. (174, Avenue Victor-Hugo, 75116 Paris) pour son aide financière qui a permis la réalisation de ce travail. En dépit des résultats défavorables pour le tourteau de colza qui avaient été obtenus jusqu'alors, nous avons bénéficié du soutien fidèle et constant du Directeur et des Comités Technique et Scientifique de cet organisme. Nous sommes particulièrement redevables à J.J. BAUDET de la fabrication et de la fourniture gracieuse du tourteau Tapidor, et à D. RIBAILLIER et à A. QUINSAC de toutes les analyses de glucosinolates effectuées sur les tourteaux et les aliments.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BELL J.M., BELZILLE R.J., 1965. Can. Dep. Agr. Publ. 1257, Ottawa, Canada.
- BOURDON D., 1986. Journées Rech. Porcine en France, 18, 13-28.
- BOURDON D., AUMAITRE A., 1990. Anim. Feed Sci. Technol., 30:175-191.
- BOURDON D., PEREZ J.M., BAUDET J.J., 1981. Journées Rech. Porcine en France, 13, 163-178.
- BOWLAND J.P., HARDIN R.T., 1973. Can. J. Anim. Sci., 53:355-363.
- BOWLER R.G., 1944. Biochem. J., 38, 385-388.
- CASTAING J., GROSJEAN F., 1986. Journées Rech. Porcine en France, 18,29-34.
- DANIELSEN V., 1985. In SØRENSEN H., Advances in the production and utilization of cruciferous crops. 199-207. M. NIJHOFF and W. JUNK Ed., Dordrecht.
- DEVILAT J., SKOKNIC A., 1971. Can. J. Anim. Sci., 51:715-719.
- DOURMAD J.Y., ÉTIENNE M., 1990. J. Reprod. Fert. Suppl., 40, 101 (Abstr).

- ÉTIENNE M., DOURMAD J.Y., 1987. Journ. Rech. porcine en France, 19:231-238.
- ÉTIENNE M., DOURMAD J.Y., 1992. Proc. of the 43rd Meeting of the EAAP, Madrid, pp 22.
- ÉTIENNE M., DOURMAD J.Y., OBIDZINSKI W., 1990. Journées Rech. Porcine en France, 22, 243-250.
- ÉTIENNE M., DOURMAD J.Y., OBIDZINSKI W., EVRARD J., VACHOT C., 1991. Proc. of the 8th Intern. GCIR Congress, Saskatoon, Saskatchewan, Canada.
- LEE P.A., HILL R., 1985. Brit. Vet. J., 141:581-591.
- LEE P.A., HILL R., ROSS E.J., 1985. Brit. Vet. J., 141:592-602.
- MROZ Z., KRASUCKI W., LIPIEC A., 1981. Züchtungskunde, 53:212-220.
- OBIDZINSKI W., 1986. Thesis., Warsaw Agricultural Academy, Brwinow, Poland.
- RUNDGREN M., 1983. Anim. Feed Sci. Technol., 9, 239-262.
- SABEN H.S., BOWLAND J.P., 1971. Can. J. Anim. Sci., 51:225-232.
- SAS, 1990. SAS User's Guide: Statistics. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- SCHULD F.W., BOWLAND J.P., 1968. Can. J. Anim., 48:57-64.
- TAVERNER M.R., CURIC D.M., 1974. Proc. Austr. Soc. Anim. Prod., 10:375-378.