

# Effets de l'incorporation de fibres fermentescibles sur les performances et l'état de santé des porcelets en post-sevrage

Didier GAUDRE (1), Lucile MONTAGNE (2), Nathalie LE FLOC'H (2), Maud LE GALL (2)

(1) IFIP-Institut du porc, BP 35104, F-35651 Le Rheu

(2) INRA - Agrocampus Ouest, UMR1079 Systèmes d'Élevage Nutrition Animale et Humaine, F-35590 Saint-Gilles

(2) [didier.gaudre@ifip.asso.fr](mailto:didier.gaudre@ifip.asso.fr)

## Effets de l'incorporation de fibres fermentescibles sur les performances et l'état de santé des porcelets en post-sevrage

L'introduction de fibres alimentaires dans les aliments de sevrage peut être proposée en remplacement des antibiotiques facteurs de croissance. Ces essais, menés à l'IFIP et à l'INRA, ont pour objet d'évaluer l'interaction entre l'incorporation de fibres et l'environnement sanitaire de l'élevage sur les performances et l'état de santé des porcelets en post-sevrage. Un mélange constitué de pulpes de betterave et de coques de soja est introduit dans les aliments fibres (F). L'aliment F est comparé à l'aliment témoin (T) en 1<sup>er</sup> âge. En 2<sup>ème</sup> âge, il est tenu compte de l'aliment reçu en 1<sup>er</sup> âge ; dans ce cas, les 4 combinaisons d'aliments (TT, TF, FT et FF) sont comparées. Les animaux sont élevés en cases individuelles à l'INRA et en cases collectives à l'IFIP, dans des conditions d'élevage, soit sécurisées, soit volontairement dégradées. Les conditions dégradées détériorent les performances de croissance et l'état de santé des porcelets principalement en 1<sup>er</sup> âge. Le ralentissement de croissance observé semble résulter d'une baisse d'ingestion à l'IFIP, alors qu'à l'INRA l'hypothèse d'une modification de la digestion et/ou du métabolisme est discutée. En 2<sup>ème</sup> âge, les performances sont peu affectées par les conditions d'élevage, la période précédente ayant permis une adaptation des porcelets. L'effet des fibres ne diverge que faiblement selon les conditions d'élevage. Quelles que soient celles-ci, elles améliorent en 1<sup>er</sup> âge la vitesse de croissance puis la ralentissent, détériorent l'efficacité alimentaire en 2<sup>ème</sup> âge et augmentent transitoirement la fréquence des fèces liquides. Les fibres n'ont pas d'effet sur les teneurs plasmatiques en haptoglobine.

## Incidence of fermentable fibre on piglet performances and health during post-weaning

The dietary fibre after weaning could be able to constitute an alternative to the use of antibiotic growth promoters. This experiment carried out at INRA and IFIP, aimed to evaluate the effects of fermentable fibre on piglet performance and health during post-weaning. Sugar beet pulp and soybean hulls were introduced into fibre (F) diets. Diet F and a control one (T) were compared during the 1<sup>st</sup> age period. For the 2<sup>nd</sup> age period, taking into account the diet received in 1<sup>st</sup> period by piglets, four combinations were considered for feed treatments: TT, TF, FT and FF. Specific effects of fibre according to husbandry conditions were also evaluated on piglet performance and health status using optimal or unsanitary husbandry conditions. Unsanitary conditions led to poorer piglet performance and health status, predominantly during the 1<sup>st</sup> age period. The reduced daily gain appeared to be due to the decrease of feed intake at IFIP, while it was hypothesized at INRA that a lower digestion and/or absorption of nutrients occurred. During the 2<sup>nd</sup> age period, performances were similar indicating that the previous period led sufficient time to adapt to a poorer environment. The effects of fibre did not depend on husbandry conditions. Whatever they were, fibre improved daily gain during the 1<sup>st</sup> age period, while during the 2<sup>nd</sup> age period, daily gain and feed efficiency were decreased by fibre; fibre also increased transiently diarrhoea frequency. No effect of fibre on plasma haptoglobin levels was detected.

## INTRODUCTION

La période de post-sevrage est caractérisée par des troubles digestifs fréquents qui peuvent se traduire par des diarrhées. Ces troubles digestifs ont des origines multifactorielles (Madec *et al.*, 1998). L'efficacité de l'antibiothérapie montre l'implication de la microflore du tube digestif dans la genèse de ces désordres. Diverses techniques sont envisagées pour tenter de réduire l'incidence de ces troubles (Lallès *et al.*, 2007). Parmi les stratégies alimentaires, l'introduction de fibres fermentescibles dans les aliments de post-sevrage peut être proposée. Celles-ci peuvent stimuler le développement d'une flore favorable à l'équilibre digestif du porcelet lui permettant d'accroître sa résistance à la colonisation par des micro-organismes pathogènes (Williams *et al.*, 2001). Cependant, les résultats disponibles dans la bibliographie, apparaissent relativement contradictoires (Montagne *et al.*, 2003). Bien que la majorité des études (Jensen *et al.*, 2003) conclut à l'intérêt des fibres pour diminuer la sévérité des problèmes digestifs, d'autres en revanche (Mc Donald *et al.*, 1999 et 2001) indiquent que les fibres peuvent également servir de substrats aux éléments pathogènes, favorisant ainsi l'apparition de diarrhées infectieuses. Les troubles digestifs, la nature des fibres et des aliments testés ainsi que le modèle animal utilisé (âge, infections expérimentales ou non, conditions d'élevage) peuvent expliquer les différences dans les résultats observés.

L'objectif de cette étude est de déterminer si l'effet de l'apport de fibres dans l'aliment de post-sevrage diffère selon l'environnement sanitaire. Dans ce but, deux essais ont été conduits dans les stations expérimentales de l'INRA et de l'IFIP. Les effets de l'incorporation de ces fibres (pulpes de betterave et coques de soja) sur les performances de croissance et l'état de santé des animaux, ont été comparés dans des conditions d'élevage soit sécurisées, soit volontairement dégradées selon le modèle modifié décrit par Le Floch *et al.* (2006) et Gaudré *et al.* (2007).

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Aliments, animaux et conditions de logement

Ces essais ont été réalisés dans les stations expérimentales de l'UMR-SENAH (INRA-Agrocampus Ouest) à St-Gilles et de l'IFIP-institut du porc à Romillé. Deux aliments, respectivement témoin (T) et fibre (F), ont été formulés pour chacune des périodes d'élevage (premier et deuxième âges, tableau 1) et fabriqués à l'INRA. Les aliments T sont constitués de blé, de maïs, d'orge et de tourteau de soja. L'aliment de premier âge distribué au cours des deux premières semaines de post-sevrage contient 15 % de poudre de lactosérum. Un mélange composé à 75 % de pulpes de betterave et 25 % de coques de soja, est introduit dans les aliments F de premier et deuxième âges aux taux respectifs de 8 et 12 %, en substitution des céréales. Les pulpes de betterave sont riches en substances pectiques, fibres solubles (41 % de la MS, Bach Knudsen *et al.*, 1997). Elles sont fermentescibles (Chabeauti et Noblet, 1990) et bien digérées, même par des porcelets (Low *et al.*, 1990). Les coques de soja sont principalement constituées par des fibres insolubles (65 % de la MS) et sont plus lentement fermentées dans les parties distales du gros intestin. Les teneurs en fibres totales (dosage des Total Dietary Fiber (TDF) de Prosky *et al.*, 1988) sont de 110 et 152 g/kg

respectivement pour les aliments T et F de premier âge, 128 et 190 g/kg respectivement pour les aliments T et F de deuxième âge. L'incorporation de fibres induit une diminution de la concentration en énergie nette (EN) des aliments F. Ainsi, les teneurs en EN des aliments T et F sont respectivement, de 10,4 et 10,0 MJ/kg pour le premier âge et de 9,8 et 9,3 MJ/kg pour le deuxième âge. Les teneurs en matières azotées totales, en phosphore digestible, en lysine et autres acides aminés essentiels digestibles relativement à l'énergie nette sont identiques entre traitements alimentaires.

**Tableau 1** : Composition et caractéristiques nutritionnelles des aliments expérimentaux

Période	premier âge		deuxième âge	
Aliment	Témoin	Fibre	Témoin	Fibre
<b>Composition (kg/t)</b>				
Blé	225	198	350	303
Maïs	200	175	200	172
Orge	120	105	150	129
Tourteau de soja 48	240	230	250	230
Lactosérum doux	150	150	-	-
Pulpes de betterave	-	60	-	90
Coques de soja	-	20	-	30
Huile végétale	25	25	10	10
Minéraux, vitamines et acides aminés	40	37	40	36
<b>Caractéristiques nutritionnelles en g ou MJ/kg<sup>1</sup></b>				
MS	891	893	875	877
Cendres	58	58	52	53
MAT	195	189	193	187
Amidon	340	305	428	374
Matières grasses	42	41	28	28
CB	29	44	32	56
TDF	110	152	128	190
Lysine digestible*	13,0	12,5	11,6	10,9
Phosphore dig.*	3,8	3,7	3,2	3,1
Énergie Brute (MJ)	16,8	16,7	16,2	16,1
Énergie Nette*(MJ)	10,4	10,0	9,8	9,3

<sup>1</sup>: résultats d'analyses ou \*estimées selon tables INRA-AFZ (2004)

Des porcelets de race (LargeWhite x Landrace) x Piétrain (INRA) ou (LargeWhite x Landrace) x (Large White x Piétrain) (IFIP) sont sevrés à l'âge de quatre semaines (9 kg de poids vif moyen) et logés en cases individuelles (INRA) ou collectives (IFIP). La mise en lots tient compte de leur poids et de leur sexe (INRA et IFIP), ainsi que de leur origine de portée (INRA). A l'INRA, des blocs de 4 porcelets de même portée, au sein desquels sont comparés les 4 traitements expérimentaux, sont constitués sur la base du poids vif. A l'IFIP, il s'agit de blocs de 4 cases de sexe ratio et de poids vif identiques. L'aliment de premier âge T ou F est distribué à volonté pendant deux semaines. Après cette période, la moitié des porcelets T et F reçoit, toujours à volonté, l'un des deux aliments expérimentaux de deuxième âge pendant trois semaines. Ceci permet de comparer quatre modalités en deuxième âge : TT pour aliments témoins en premier et deuxième âge, TF pour aliment témoin en premier âge et

fibres en deuxième âge, ainsi que FT et FF pour aliment fibre en premier âge puis témoin ou fibre en deuxième âge. Une transition de 2 ou 3 jours est pratiquée entre aliments premier et deuxième âge.

La dégradation des conditions d'élevage est assurée par l'absence de nettoyage et de désinfection des salles (INRA) ou des préfosses (IFIP), l'augmentation de la densité animale et l'absence de précautions sanitaires prises par les intervenants. Les principes de ce modèle expérimental sont décrits dans les publications de Le Floc'h et al. (2006) et Gaudré et al. (2007), avec une modification apportée dans cette étude : les aliments offerts aux animaux logés dans les conditions sécurisées n'ont pas été supplémentés en antibiotiques.

La possibilité de traitement curatif individuel a été cependant maintenue pour le site expérimental de l'INRA. Le nombre d'interventions de ce type est enregistré et analysé comme une réponse aux différents traitements expérimentaux.

Trois répétitions sont réalisées à l'INRA, avec un effectif total de 144 porcelets, soit 36 porcelets par traitement expérimental en premier âge (2 aliments x 2 conditions d'élevage) et 18 porcelets par traitement expérimental en deuxième âge (4 traitements alimentaires x 2 conditions d'élevage).

Quatre répétitions sont réalisées à l'IFIP représentant 96 cases et 948 porcelets, soit 24 et 12 cases par traitement expérimental pour le premier et le deuxième âge, respectivement.

## 1.2. Mesures

Les porcelets sont pesés au sevrage, puis toutes les semaines à l'INRA. A l'IFIP, les porcelets sont pesés à l'issue de chaque période, soit 14 et 35 jours après sevrage.

Les quantités d'aliment distribuées et les refus éventuels sont pesés. Des compteurs d'eau permettent d'enregistrer les consommations journalières par case (IFIP).

L'haptoglobine est dosée dans le plasma, à partir de sang prélevé 13 et 28 jours après sevrage à l'IFIP, et 13 et 35 jours après sevrage à l'INRA. L'haptoglobine est une protéine majeure de l'inflammation chez le porc qui constitue un marqueur intéressant de la stimulation du système immunitaire des animaux (Le Floc'h et al., 2006). Des notations de la consistance des fèces (liquides ou diarrhées, molles ou dures) sont également réalisées quotidiennement et pour l'ensemble des porcelets (INRA), ou de façon hebdomadaire sur un sous-échantillon de quatre porcelets par case (IFIP). Ces deux paramètres sont utilisés pour évaluer l'état de santé des animaux.

## 1.3. Analyses statistiques

Les résultats obtenus sur les deux sites expérimentaux sont analysés séparément suivant la procédure PROC MIXED de SAS V8 (Statistical Analysing System Institute Inc., USA). Les performances zootechniques et les concentrations en haptoglobine des périodes de premier et deuxième âge sont analysées séparément. En premier âge, les effets testés sont les conditions d'élevage, le traitement alimentaire et l'interaction entre traitement alimentaire et conditions d'élevage. En deuxième âge, l'interaction entre les aliments premiers et deuxièmes âges est introduite dans le modèle. Cette interaction permet d'évaluer si l'effet de l'introduction de fibres en deuxième âge diffère suivant le traitement alimentaire du premier âge. La comparaison a posteriori des moyennes ajustées deux à deux est effectuée à l'aide du test de Tukey. Le test du  $\chi^2$  est utilisé pour comparer les notations de fèces et la proportion de porcelets ayant reçu un traitement antibiotique selon les conditions d'élevage et le traitement alimentaire.

## 2. RESULTATS

### 2.1. Période de premier âge

**Tableau 2 :** Performances zootechniques, consommations d'eau et concentrations en haptoglobine plasmatique en premier âge dans les deux sites expérimentaux (IFIP et INRA)

Site	IFIP						INRA					
	Sécurisées		Dégradées		ETR <sup>3</sup>	Effets <sup>1</sup>	Sécurisées		Dégradées		ETR <sup>3</sup>	Effets <sup>1</sup>
Aliment <sup>2</sup>	T	F	T	F			T	F	T	F		
GMQ <sup>4</sup>	143	158	121	134	26	A <sub>1</sub> ** <sup>1</sup> , E**	147	157	133	150	46	A <sub>1</sub> <sup>t</sup>
CMJ <sup>5</sup>	248	255	223	234	27	A <sub>1</sub> <sup>t</sup> , E**	254	255	278	286	44	E*
CMJe <sup>5</sup>	2,6	2,6	2,3	2,3	0,3	E**	2,7	2,6	2,9	2,9	0,4	E*
IC <sup>6</sup>	1,67	1,69	1,82	1,78	0,4	E <sup>t</sup>	1,85	1,76	2,33	2,26	1,2	E*
ICe <sup>6</sup>	17,3	16,9	18,9	17,8	3,5	E <sup>t</sup>	19,2	17,6	24,2	23,0	13,2	E*
Haptoglobine <sup>7</sup>	1,3	1,2	1,4	1,4	0,9	-	2,1	2,0	1,8	2,0	0,6	-
Eau <sup>8</sup>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,1	-						

<sup>1</sup>A<sub>1</sub> : traitement alimentaire en premier âge; E : conditions d'élevage

\*\* : P ≤ 0,01 ; \* : P ≤ 0,05 ; <sup>t</sup> : 0,05 < P < 0,1

<sup>2</sup>T : aliment témoin, F : aliment fibre

<sup>3</sup>ETR : Ecart-type résiduel

<sup>4</sup>Gain moyen quotidien (g/j)

<sup>5</sup>Consommation journalière d'aliment (g/j) et consommation journalière d'énergie nette (MJ EN/j)

<sup>6</sup>Indice de consommation (kg/kg) et indice de consommation énergétique (MJ EN/kg)

<sup>7</sup>Concentration en haptoglobine plasmatique (g/L)

<sup>8</sup>Consommation d'eau (L/porc/j)

**Tableau 3** : Pourcentage de porcelets présentant des fèces liquides sur le site expérimental IFIP

Conditions d'élevage	Sécurisées				Dégradées				Effets		
	T		F		T		F		Conditions d'élevage	Aliment (conditions d'élevage)	
										Sécurisées	Dégradées
Aliment <sup>1</sup>	T		F		T		F				
Jour <sup>2</sup> 7	15		27		32		28		t	*	ns
Jour 14	19		22		28		23		ns	ns	ns
Aliment	TT	TF	FT	FF	TT	TF	FT	FF			
Jour 21	19	15	13	19	13	27	8	15	ns	ns	t
Jour 28	19	17	13	13	35	15	13	19	ns	ns	*

\* :  $P \leq 0,05$  ; t :  $0,05 < P < 0,1$  ; ns : non significatif

<sup>1</sup>T : aliment témoin, F : aliment fibre

<sup>2</sup>Jour après le sevrage

L'interaction entre les conditions d'élevage et le traitement alimentaire n'est pas significative dans les deux sites expérimentaux. Les deux facteurs sont donc analysés séparément.

La dégradation des conditions d'élevage n'a pas le même effet sur la consommation d'aliment des porcelets dans les deux sites expérimentaux (tableau 2).

Pour l'essai mené à l'INRA, les porcelets élevés en conditions dégradées consomment significativement plus d'aliment et d'énergie que les porcelets élevés dans les conditions sécurisées (respectivement, +11 et +10%).

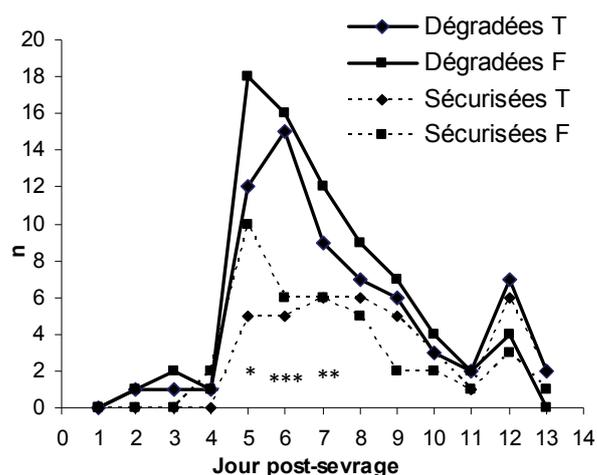
Inversement à l'IFIP, une diminution significative de la consommation d'aliment et de la consommation d'énergie en conditions dégradées est observée (respectivement, -10 et 9%). A l'IFIP, la vitesse de croissance des porcelets est significativement diminuée de 15 % en conditions dégradées. Cet effet est également observé à l'INRA mais uniquement lors de la première semaine de post-sevrage (-32 % ; résultats non présentés).

Pour les deux sites expérimentaux, les conditions dégradées ont un effet négatif sur les indices de consommation, qu'ils soient exprimés en kg d'aliment (IC) ou en MJ d'énergie nette (ICe) par kg de poids vif produit ; cette détérioration est significative à l'INRA (respectivement, +27 et +28 %) et tend à l'être à l'IFIP. Les conditions d'élevage n'affectent pas la consommation d'eau des porcs enregistrée à l'IFIP. Elles n'affectent pas non plus les teneurs en haptoglobine plasmatique dans aucun des deux sites expérimentaux. A l'INRA, les conditions dégradées augmentent la fréquence des fèces liquides qui est deux fois plus importante entre 5 et 7 jours après le sevrage (figure 1).

A l'INRA, la proportion de porcs recevant un traitement antibiotique en période de premier âge est significativement

plus importante en conditions dégradées (69 et 40 % respectivement en conditions dégradées et sécurisées ; résultats non présentés). Une tendance identique est observée à l'IFIP (tableau 3) après 7 jours de post-sevrage. L'introduction de fibres dans les aliments améliore la vitesse de croissance des porcelets de 11 % à l'IFIP sur l'ensemble de la période de premier âge, et de 12 %, au cours de la deuxième semaine de premier âge à l'INRA (résultats non présentés). Une tendance à l'augmentation de la consommation d'aliment F est observée à l'IFIP, tandis qu'il n'y a pas d'effet significatif à l'INRA pour ce critère. La consommation moyenne journalière d'énergie et les indices de consommation ne sont pas affectés par le traitement alimentaire sur aucun des sites expérimentaux. Le traitement alimentaire n'affecte ni la consommation d'eau (IFIP), ni les teneurs en haptoglobine plasmatiques (INRA et IFIP). L'introduction de fibres dans les aliments est sans effet sur la fréquence de fèces liquides à l'INRA quelles que soient les conditions d'élevage et à l'IFIP en conditions d'élevage dégradées. A l'IFIP, en conditions d'élevage sécurisées (tableau 3), la fréquence des fèces liquides est significativement plus élevée 7 jours après sevrage lorsque les porcelets reçoivent l'aliment F comparativement à ceux qui reçoivent l'aliment T (27 et 15 %, respectivement pour les aliments F et T) tandis que cette différence disparaît la semaine suivante. A l'INRA, la proportion de porcs recevant un traitement antibiotique en période de premier âge ne diffère pas selon le traitement alimentaire quelles que soient les conditions d'élevage.

**Figure 1** : Evolution au cours du premier âge à l'INRA du nombre de porcs (n) présentant des fèces liquides sur la base de 36 porcelets par traitement alimentaire et conditions d'élevage. Effet des conditions d'élevage : \*\*\* :  $P < 0,001$  ; \*\* :  $P < 0,01$  ; \* :  $P < 0,05$ .



## 2.2. Période de deuxième âge

**Tableau 4** : Performances zootechniques, consommations d'eau et concentrations plasmatiques en haptoglobine en deuxième âge sur le site expérimental IFIP

	Conditions d'élevage		Aliment <sup>2</sup>				ETR <sup>3</sup>	Effets <sup>1</sup>
	Sécurisées	Dégradées	TT	TF	FT	FF		
<b>GMQ<sup>4</sup></b>	470 <sup>a</sup>	435 <sup>b</sup>	485 <sup>a</sup>	412 <sup>b</sup>	481 <sup>a</sup>	431 <sup>b</sup>	53	A <sub>2</sub> ** , E**
<b>CMJ<sup>5</sup></b>	780 <sup>a</sup>	731 <sup>b</sup>	763 <sup>ab</sup>	723 <sup>b</sup>	790 <sup>a</sup>	747 <sup>b</sup>	55	A <sub>2</sub> ** , E**
<b>CMJe<sup>5</sup></b>	7,5 <sup>a</sup>	7,0 <sup>b</sup>	7,5 <sup>a</sup>	6,7 <sup>b</sup>	7,7 <sup>a</sup>	6,9 <sup>b</sup>	0,5	A <sub>2</sub> ** , E**
<b>IC<sup>6</sup></b>	1,68	1,71	1,59 <sup>c</sup>	1,79 <sup>a</sup>	1,65 <sup>bc</sup>	1,75 <sup>ab</sup>	0,15	A <sub>2</sub> **
<b>ICe<sup>6</sup></b>	16,1	16,3	15,6	16,7	16,1	16,3	1,5	A <sub>2</sub> *
<b>Haptoglobine<sup>7</sup></b>	1,0	1,0	0,8	0,9	1,1	1,2	0,5	A <sub>1</sub> ×A <sub>2</sub> *
<b>Eau<sup>8</sup></b>	2,2 <sup>b</sup>	2,7 <sup>a</sup>	2,7 <sup>a</sup>	2,3 <sup>b</sup>	2,5 <sup>ab</sup>	2,2 <sup>b</sup>	0,5	A <sub>2</sub> ** , E**

<sup>1</sup>A<sub>1</sub> : traitement alimentaire en premier âge ; A<sub>2</sub> : traitement alimentaire en deuxième âge ; E : conditions d'élevage, A<sub>2</sub>×A<sub>1</sub> : interaction entre A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub>

\*\* : P≤0,01 ; \* : P≤0,05 ; <sup>t</sup> : 0,05 < P < 0,1

<sup>2</sup>TT : aliments témoin en 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> âge, FF : aliments fibre en 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> âge, TF : témoin en 1<sup>er</sup> âge et fibre en 2<sup>ème</sup> âge, FT : fibre en 1<sup>er</sup> âge et témoin en 2<sup>ème</sup> âge

<sup>3</sup>ETR : Ecart-type résiduel

<sup>4</sup>Gain moyen quotidien (g/j)

<sup>5</sup>Consommation moyenne journalière d'aliment (g/j) et consommation moyenne journalière d'énergie nette (MJ EN/j)

<sup>6</sup>Indice de consommation (kg/kg) et indice de consommation énergétique (MJ EN/kg)

<sup>7</sup>Concentration en haptoglobine plasmatique (g/L)

<sup>8</sup>Consommation moyenne d'eau (L/porc/j)

**Tableau 5** : Performances zootechniques et concentrations plasmatiques d'haptoglobine en deuxième âge sur le site expérimental INRA

	Conditions d'élevage		Aliment <sup>2</sup>				ETR <sup>3</sup>	Effets <sup>1</sup>
	Sécurisées	Dégradées	TT	TF	FT	FF		
<b>GMQ<sup>4</sup></b>	517	523	540 <sup>a</sup>	517 <sup>ab</sup>	527 <sup>ab</sup>	496 <sup>b</sup>	50	A <sub>2</sub> **
<b>CMJ<sup>5</sup></b>	733	774	750	743	771	750	58	E <sup>t</sup> , A <sub>2</sub> ×E <sup>t</sup>
<b>CMJe<sup>5</sup></b>	7,0	7,4	7,4a	6,9b	7,6a	7,0b	0,6	A <sub>2</sub> ** , E <sup>t</sup> , A <sub>2</sub> ×E <sup>t</sup>
<b>IC<sup>6</sup></b>	1,43 <sup>b</sup>	1,49 <sup>a</sup>	1,40 <sup>b</sup>	1,45 <sup>ab</sup>	1,47 <sup>ab</sup>	1,53 <sup>a</sup>	0,11	A <sub>2</sub> * , E* , A <sub>1</sub> ×A <sub>2</sub> ***
<b>ICe<sup>6</sup></b>	13,7 <sup>a</sup>	14,2 <sup>b</sup>	13,7 <sup>ab</sup>	13,5 <sup>b</sup>	14,4 <sup>a</sup>	14,2 <sup>a</sup>	1,1	E* , A <sub>1</sub> ×A <sub>2</sub> ***
<b>Haptoglobine<sup>7</sup></b>	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,4	-

<sup>1</sup>A<sub>1</sub> : traitement alimentaire en premier âge ; A<sub>2</sub> traitement alimentaire en deuxième âge ; E : conditions d'élevage ; A<sub>2</sub>×E : interaction entre A<sub>2</sub> et E ; A<sub>1</sub>×A<sub>2</sub> : interaction entre A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub>

\*\* : P≤0,01 ; \* : P≤0,05 ; <sup>t</sup> : 0,05 < P < 0,1

<sup>2</sup>TT : aliments témoin en premier et deuxième âge, FF : aliments fibre en premier et deuxième âge, TF : témoin en premier âge et fibre en deuxième âge, FT : fibre en premier âge et témoin en deuxième âge

<sup>3</sup>ETR : Ecart-type résiduel

<sup>4</sup>Gain moyen quotidien (g/j)

<sup>5</sup>Consommation moyenne journalière d'aliment (g/j) et consommation moyenne journalière d'énergie nette (MJ EN/j)

<sup>6</sup>Indice de consommation (kg/kg) et indice de consommation énergétique (MJ EN/kg)

<sup>7</sup>Concentration en haptoglobine plasmatique (g/L)

A l'IFIP, l'interaction entre traitements alimentaires en deuxième âge et conditions d'élevage n'est pas significative ; leurs effets respectifs sont donc présentés séparément (tableau 4). Les conditions dégradées réduisent significativement la vitesse de croissance (-7 %) ainsi que les consommations journalières d'aliment et d'énergie (respectivement, -6 et -7 %) et sont sans effet sur les indices. La consommation d'eau est aussi significativement plus importante en conditions dégradées (+23 %). Il n'y a pas d'effet des conditions d'élevage ni sur les teneurs en haptoglobine plasmatiques (tableau 4), ni sur la fréquence des fèces liquides (tableau 3). La vitesse de croissance des porcelets recevant l'aliment témoin en deuxième âge (traitements TT et FT) est significativement supérieure de 15 % à celle des porcelets recevant l'aliment fibre (traitements TF et FF). Le même effet est observé pour la consommation

d'énergie nette (+11 % pour les porcs des traitements TT et FT, par rapport à ceux des traitements FF et TF). La quantité d'aliment consommé par les porcs FT est significativement supérieure à celle des porcs TF et FF (respectivement, +9 et +6 %), les porcs TT étant intermédiaires. Les indices de consommation des porcs recevant l'aliment témoin sont significativement inférieurs à ceux des porcs recevant l'aliment fibre (-8 et -4% respectivement pour IC et ICe). L'indice de consommation énergétique (ICe) des porcs TT tend à être inférieur de 7 % à celui des porcs TF, les porcs FT et FF étant intermédiaires. Enfin la consommation d'eau des porcs TT est significativement plus élevée que celle des porcs TF et FF (respectivement, +17 et +22 %), les porcs FT étant intermédiaires. Les teneurs en haptoglobine plasmatique ne sont pas affectées par les conditions d'élevage. Les interactions entre traitements alimentaires de premier et de

deuxième âge ainsi que celle entre traitements alimentaires de premier, de deuxième âge et les conditions d'élevage sont significatives pour ce critère (tableau 4). Ainsi, en conditions d'élevage dégradées, les animaux du traitement FF tendent à présenter des teneurs plasmatiques supérieures (1,5 g/L) à celles des porcs des traitements TT et TF (0,8 g/L ; résultats non présentés ;  $P=0.06$ ). A 21 jours après le sevrage, toujours en conditions dégradées, la fréquence des fèces liquides observée avec le traitement TF tend à être significativement supérieure à celle du traitement FT (27 vs 8 % ; tableau 3). Cette différence n'apparaît plus la semaine suivante (28 jours de post-sevrage), alors que c'est avec le traitement TT que l'on observe alors le plus de fèces liquides.

A l'INRA, les conditions d'élevage n'affectent pas la vitesse de croissance alors que les consommations d'aliment et d'énergie tendent à être plus élevées dans les conditions dégradées (tableau 5). Par conséquent, les indices de consommation sont détériorés en conditions dégradées (+4%). Les teneurs en haptoglobine plasmatiques ne sont pas influencées par les conditions d'élevage. L'introduction de fibres dans l'aliment diminue la vitesse de croissance indépendamment de l'aliment reçu en premier âge. Ainsi, les porcs TT ont une vitesse de croissance significativement supérieure de 9 % à celle des porcs FF, les porcs TF et FT étant intermédiaires. De même, les indices de consommation et de consommation énergétique sont dégradés avec l'aliment fibre apporté en deuxième âge. Les indices sont d'autant plus dégradés chez les porcs ayant reçu l'aliment fibre en premier âge. Ainsi, l'indice de consommation des porcs TT est inférieur de 8 % à celui des porcs FF, les indices des porcs TF et FT étant intermédiaires. L'indice de consommation énergétique des porcs TF est significativement inférieur de 7 % à celui des porcs FT et FF, l'indice des porcs TT étant intermédiaire. Enfin, les teneurs en haptoglobine plasmatiques et la fréquence des fèces liquides ne sont pas influencées par le traitement alimentaire. Il existe une interaction entre l'effet des conditions d'élevage et le traitement alimentaire pour la consommation d'aliment. En conditions sécurisées, les porcs ont une consommation d'énergie plus faible avec l'aliment fibre qu'avec l'aliment témoin, alors que cet effet n'est pas significatif en conditions dégradées (données non présentées). L'interaction entre le traitement alimentaire et les conditions d'élevage n'est pas significative pour les autres critères zootechniques.

### 3. DISCUSSION

Les conditions d'élevage dégradées détériorent les performances zootechniques et augmentent la fréquence des troubles digestifs, principalement au cours de la période de premier âge. L'efficacité alimentaire est ainsi diminuée tandis que la fréquence des fèces liquides et la proportion d'animaux recevant un traitement antibiotique augmentent pendant les deux semaines après le sevrage. Ces résultats sont conformes aux travaux déjà effectués sur ce sujet (Le Floc'h et al., 2004 et Gaudré et al., 2007). Néanmoins, l'effet des conditions dégradées sur l'ingestion des porcelets est différent sur les deux sites expérimentaux. En effet, les conditions dégradées entraînent à l'IFIP une baisse de la consommation d'aliment et de la vitesse de croissance, alors qu'à l'INRA, les conditions dégradées engendrent au contraire une augmentation de la consommation alors que la vitesse de croissance reste inchangée. A l'IFIP, la baisse

d'ingestion explique vraisemblablement la diminution de la vitesse de croissance. Par contre, les résultats obtenus à l'INRA suggèrent des modifications de la digestion et du métabolisme. Ainsi, la dégradation des conditions d'élevage stimule les réponses de défenses de l'organisme (réponses immunitaires et inflammatoires ; Le Floc'h et al., 2006) à l'origine de perturbations métaboliques. Dans ce cas, l'ingéré supplémentaire peut être affecté aux besoins générés par l'activation de ces fonctions. Cependant dans cette étude, contrairement aux précédentes publications (Le Floc'h et al., 2006 et Gaudré et al., 2007), l'effet des conditions dégradées d'élevage ne se traduit pas par une augmentation des teneurs en haptoglobine plasmatiques ne nous permettant pas de confirmer l'hypothèse de la mise en place d'une réponse inflammatoire. Par contre, l'augmentation de la fréquence des fèces liquides en conditions dégradées pourrait révéler des perturbations dans la digestion des aliments et l'absorption des nutriments disponibles pour la croissance. Dans cette étude, le modèle de modulation des conditions d'élevage est modifié par rapport à celui publié (Le Floc'h et al., 2006 et Gaudré et al., 2007). En effet, aucun antibiotique n'a été utilisé de façon préventive dans les conditions d'élevage sécurisées. Considérant que les antibiotiques facteurs de croissance pourraient avoir un effet anti inflammatoire (Niewold, 2007), ceci pourrait expliquer que, dans ces essais et pour les conditions d'élevage sécurisées, les teneurs en haptoglobine, marqueurs de l'inflammation, sont plus élevées que celles des travaux antérieurs (1,2 vs 0,5 g/L, Gaudré et al., 2007; 2,0 vs 0,4 g/L, Le Floc'h et al., 2004). L'effet des conditions d'élevage est moins sévère en période de deuxième âge en accord avec les travaux de Le Floc'h et al. (2005 et 2007) et de Gaudré et al. (2007) suggérant ainsi que les animaux, après une période d'adaptation à un environnement sanitaire plus difficile, sont capables de performances proches de celles des porcelets élevés dans les conditions d'élevage sécurisées.

Les fibres améliorent la vitesse de croissance des porcelets en période de premier âge mais la ralentissent en deuxième âge. Malgré la différence de concentration énergétique entre aliments témoin et fibre de premier âge (respectivement 10,4 et 10,0 MJ EN/kg), la quantité d'énergie ingérée quotidiennement par les porcelets au cours de cette période ne varie pas significativement selon les aliments distribués. Ceci suggère la mise en place d'un mécanisme de régulation de la consommation d'aliment dépendant de la teneur en énergie de l'aliment distribué. Cependant, bien qu'une tendance à l'augmentation de la consommation de l'aliment fibre soit observée à l'IFIP, aucune différence n'est constatée à l'INRA sur ce point. L'augmentation de la vitesse de croissance des porcelets recevant l'aliment fibre est également décrite par Lizardo et al. (1996) pour un apport de 6 % de pulpes de betterave dans l'aliment des porcelets entre 21 et 42 jours d'âge. L'auteur attribue l'effet améliorateur des pulpes de betterave à l'action positive des polysaccharides non amylacés solubles qui servent de support à une activité microbienne dans le gros intestin et assurent une régularisation du transit intestinal. En période de deuxième âge, la diminution de la consommation alimentaire induite par les fibres n'est pas en accord avec les résultats de Gaudré et al. (2002), qui observent des vitesses de croissance identiques pour des porcelets nourris à volonté avec des aliments dont les concentrations énergétiques sont comprises entre 9 et 11 MJ EN/kg. Cependant, la nature et

les propriétés physicochimiques des fibres incorporées dans les aliments expérimentaux peuvent expliquer les différences de réponses. En particulier, les coques de soja et la pulpe de betterave, utilisées dans le présent essai apportent des fibres solubles, qui peuvent ralentir la vidange gastrique et augmenter ainsi le sentiment de satiété (Guérin *et al.*, 2001). Par ailleurs, l'efficacité alimentaire des porcelets recevant l'aliment fibre est systématiquement détérioré par rapport à ceux de l'aliment témoin. Il est admis que les fibres limitent la digestibilité des nutriments et de l'énergie disponible pour la croissance (Le Goff et Noblet, 2001); cependant, cet effet a été pris en compte dans la constitution des régimes sur la base des valeurs nutritionnelles des matières premières fournies par les tables INRA-AFZ (2004). L'incorporation d'un mélange de pulpes de betterave et de coques de soja à un niveau élevé en deuxième âge (12 %) a été choisi afin d'accroître les différences sur le plan zootechnique mais également sur l'état de santé des porcelets. Toutefois, un tel taux d'incorporation est peut être à l'origine d'une utilisation digestive moindre des nutriments par le porcelet, notre système d'évaluation de l'énergie ne permettant alors pas de le prendre en compte. Il faut ajouter que les teneurs énergétiques des matières premières sont déterminées sur des porcs plus âgés (environ 60 kg de poids vif).

Les interactions entre les teneurs en fibres des aliments et les conditions d'élevage sont peu nombreuses. L'aliment fibre ne diminue pas la proportion de fèces liquides. Il tend au contraire à l'accroître mais seulement pendant une période transitoire qui ne semble pas durer plus d'une semaine : il s'agit de la première semaine qui suit le sevrage en conditions sécurisées, puis de la première semaine de deuxième âge en conditions dégradées à l'IFIP, et seulement lorsque les porcelets ont reçu de l'aliment témoin en premier âge. A l'inverse, la distribution d'un aliment concentré en nutriments pendant toute la durée de post-sevrage montre une évolution négative de la fréquence d'apparition des fèces liquides lorsque les porcelets sont soumis à des conditions dégradées d'élevage. Cette réponse peut révéler l'intérêt d'un apport minimal de fibres surtout lorsque la pression sanitaire s'accroît.

La consommation d'eau par porc et par jour varie selon les conditions d'élevage et la nature de l'aliment distribué mais uniquement au cours de la période de deuxième âge.

En conditions dégradées, la consommation est augmentée de plus de 20 %, voire de plus de 30 % lorsqu'elle est rapportée aux quantités d'aliment ingérées.

L'aliment fibre réduit l'ingestion d'eau de l'ordre de 13 %. Cette observation n'est pas en accord avec les conclusions de Shaw et Patience (2000) qui considèrent au contraire que les fibres augmentent la consommation d'eau des porcs.

## CONCLUSION

Nos résultats ne mettent pas en évidence d'interaction entre fibres et conditions d'élevage.

Le choix de ne pas utiliser d'antibiotique à titre préventif a sans doute eu pour conséquence de réduire les écarts de statut sanitaire entre les deux conditions d'élevage.

D'autre part, l'incorporation des fibres dans l'aliment a eu des effets limités sur les performances et l'état de santé des porcelets.

Il est constaté que les fibres ne diminuent pas la proportion de fèces liquides et tendent même parfois, pendant une courte période, à l'accroître. Enfin, si les fibres ont tendance à améliorer la vitesse de croissance en premier âge, elles diminuent la croissance et l'efficacité alimentaire en deuxième âge.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient chaleureusement toutes les personnes INRA et IFIP impliquées dans cette étude.

Les auteurs remercient également Jean Noblet (INRA), Joseph Saulnier (Cooperl Arc Atlantique), Gilles Langeoire (Centralys), Roland Foret (CCPA), David Guillou (INZO), Daniel Planchenault (Glon) et Dominique Bricard (Primex) pour les discussions autour du projet.

Cette étude a été financée par le Programme National de Développement Agricole.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bach Knudsen K.E., Johansen H.N., Glitso V., 1997. Methods for analysis of dietary fibre-advantages and limitations. *Animal Feed Sciences and Technology*, 6, 185-206.
- Chabeauti E, Noblet J., 1990. Digestion par le porc en croissance de quatre sources de parois végétales utilisées seules ou en association. *Journées de la Recherche Porcine*, 22, 167-174.
- Gaudré D., Albar J., Granier R., 2002. Effets de la concentration énergétique de l'aliment 2<sup>ème</sup> âge sur les performances zootechniques en post-sevrage. *Journées de la Recherche Porcine*, 34, 109-114.
- Gaudré D., Royer E., Ernandorena V., Granier R., Le Floc'h N., 2007. Mise au point d'un modèle d'études des alternatives à l'usage des antibiotiques à visée digestive en post-sevrage. *Journées de la Recherche Porcine*, 39, 133-138.
- Guérin S., Ramonet Y., Le Cloarec J., Meunier-Salaün M.C., Malbert C.H., 2001. Changes in intragastric meal distribution are better predictors of gastric emptying rate in conscious pigs than meal viscosity or dietary fibre concentration. *British Journal of Nutrition*, 85, 343-350.
- INRA, AFZ, 2004. Tables de composition et de valeurs nutritives des matières premières destinées aux animaux d'élevage: porcs, volailles, bovines, caprins, lapins, chevaux, poissons. Sauvart D., Perez J.M., Tran G., seconde édition révisée, INRA, Paris, 301p.
- Jensen B.B., Hojberg O., Mikkelsen L.L., Hedemann M.S., Canibe N., 2003. In Proceedings of the 9th International symposium on digestive physiology in pigs (eds RO Ball), pp. 103-119. Banff, Canada.
- Lallès J.P., Bosi P., Smidt H., Stokes C.R., 2007. Weaning – A challenge to gut physiologists. *Livestock Science*, 108, 82-93.

- Le Floc'h N., Jondreville C., Melchior D., Sève B., Matte J.J., 2004. Impact du statut sanitaire en post-sevrage sur les performances de croissance et les niveaux plasmatiques d'acides aminés, de minéraux et de vitamines. Journées de la Recherche Porcine, 36, 159-164.
- Le Floc'h N., Melchior D., Sève B., 2005. Effet de la détérioration du statut sanitaire et de la teneur en tryptophane de l'aliment sur les performances de croissance des porcelets après le sevrage. Journées de la Recherche Porcine, 37, 231-238.
- Le Floc'h N., Jondreville C., Matte J.J., Sève B., 2006. Importance of sanitary environment for growth performance and plasma nutrient homeostasis during the post-weaning period in piglets. *Animal Nutrition*, 60, 23-34.
- Le Floc'h N., Melchior D., Le Bellego L, Matte J.J., Sève B., 2007. Le statut sanitaire affecte-t-il le besoin en tryptophane pour la croissance des porcelets après le sevrage? Journées de la Recherche Porcine, 39, 125-132.
- Le Goff G., Noblet J., 2001. Comparative total tract digestibility of dietary energy and nutrients in growing pigs and adult sows. *Animal Science*, 79, 2418-2427.
- Lizardo R., Peiniau J., Aumaitre A., 1996. Intérêt zootechnique de l'utilisation, dès le sevrage, de la pulpe de betterave dans les aliments pour le porc. Journées de la Recherche Porcine, 28, 379-386.
- Low A.G., Carruthers J.C., Longland A.C., Harland J.I., 1990. Conference Winter Meeting British Society Animal Production, Scarborough, Paper 149.
- Madec F., Bridoux N., Bounaix S., Jestin A., 1998. Measurement of digestive disorders in the piglet at weaning and related risk factors. *Veterinary Medicine* 35, 53-72.
- McDonald D.E., Pethick D.W., Pluske J.R., Hampson D.J., 1999. Adverses effects of soluble non starch polysaccharides (guar gum) on piglet growth and experimental colibacillosis immediately after weaning. *Research in Veterinary Science* 67, 245-250.
- McDonald D.E., Pethick D.W., Mullan B.P., Hampson D.J., 2001. Increasing viscosity of the intestinal contents alters small intestinal structure and intestinal growth, and stimulates proliferation of enterotoxigenic *Escherichia coli* in newly-weaned piglets. *British Journal of Nutrition*, 86, 487-498.
- Montagne L., Pluske J.R., Hampson D.J., 2003. A review of interactions between dietary fibre and the mucosa, and their consequences on digestive health in young monogastric animals. *Animal Feed Science and Technology* 108, 95-117.
- Niewold T.A., 2007. The nonantibiotic anti-inflammatory effect of antimicrobial growth promoters, the real mode of action? A hypothesis. *Poultry Science* 86:605-609.
- Prosky L., Asp N.-G., Schweitzer T.F., DeVries J.W., Furda I., 1988. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 71:1017-1023.
- Shaw M.I., Patience J.F., 2000. Dietary factors influencing water consumption. *Prairie Swine Centre Annual Report*, pp. 22-23.
- Williams B.A., Verstegen M.W.A., Taminga S., 2001. Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. *Nutrition Research Reviews*, 14, 207-227.