

# Mesure de la digestibilité d'un extrait de levure riche en protéines et de ses effets sur les performances zootechniques de porcelets sevrés

Géraldine KUHN (1), Francesc MOLIST (2), Fabio CATUNDA (1), Nadège RICHARD (1)

(1) Phileo by Lesaffre, 137 rue Gabriel Peri, 59700 Marcq-en-Baroeul, France

(2) Schothorst Feed Research, Meerkoetenweg 26, 8218 NA Lelystad, Pays-Bas

[g.kuhn@phileo.lesaffre.com](mailto:g.kuhn@phileo.lesaffre.com)

Avec la collaboration de Caio ALBERICIO DA SILVA (AKEI – Brazil) et Laure ROUXEL (ARC - France)

## Mesure de la digestibilité d'un extrait de levure riche en protéines et de ses effets sur les performances zootechniques de porcelets sevrés

Trois études ont été réalisées pour déterminer les teneurs en énergies digestible et nette ainsi que la digestibilité iléale standardisée de 18 acides aminés d'un extrait de levure de boulangerie L riche en protéines comparé à une levure de brasserie S (essai 1, 18 porcelets), et pour évaluer l'efficacité en conditions de terrain de l'extrait L comparé à une formule alimentaire contenant une autre source de protéines (soja ou plasma) (essais 2 et 3). La digestibilité fécale des protéines de l'extrait L est plus élevée que celle de la levure S (90,1 vs 77,5 %,  $P < 0,05$ ). La digestibilité standardisée iléale de chacun des acides aminés étudiés de l'extrait L est similaire ou supérieure ( $P < 0,05$ ) à celles de la levure S. Les teneurs en énergie digestible et en énergie nette sont similaires pour L et S. Dans l'essai 2, 192 porcelets sevrés ont reçu une combinaison de deux aliments 1<sup>er</sup> âge (successivement I et II, 14 jours chacun), supplémentés ou non avec l'extrait L : 0%-0% (T), 1%-0,5% (L1), 2%-1% (L2) ou 4%-2% (L3) puis un aliment 2<sup>ème</sup> âge standard (14 jours). Après 42 jours d'essai, même si les différences d'ingéré et d'indice de consommation (IC) ne sont pas significatives, la combinaison L2 a permis d'améliorer significativement la vitesse de croissance (L2 : 416 vs T : 371 g/j,  $P < 0,05$ ), et le poids final (23,43 vs 21,85 kg,  $P = 0,05$ ) comparativement au témoin T. L'étude 3 a permis de valider les performances obtenues dans l'étude 2 : aucune différence significative de performances (poids, ingéré, IC) n'a été observée entre les deux formules testées. Ces trois études ont montré que l'inclusion à 2% de l'extrait L permettrait d'améliorer les performances des porcelets offrant aux nutritionnistes une nouvelle source naturelle de protéines.

## Measuring digestibility of a protein-rich yeast extract and its effects on the growth performance of weaned piglets

Three studies of weanling piglets were performed, one to determine the digestible energy and net energy concentration, as well as standardized ileal digestibility, of 18 amino acids of a protein-rich bakery yeast extract L compared to brewer's yeast S (Study 1, 18 piglets), and the other two to evaluate the efficacy of yeast extract L compared to a feed formula with another protein source (soybean or plasma) (Studies 2 and 3) in field conditions. Yeast extract L had higher fecal digestibility than yeast S (90.1% vs. 77.5%,  $P < 0.05$ ). The standardized ileal digestibility of each amino acid studied for yeast extract L was similar to or greater than ( $P < 0.05$ ) those of yeast S. L and S had similar digestible energy and net energy. In study 2, 192 weaned piglets were fed a combination of two prestarter feeds successively (I and II, 14 days each), supplemented or not with the extract L: 0%-0% (C), 1%-0.5% (L1), 2%-1% (L2) or 4%-2% (L3), then a standard starter feed for 14 days. After 42 days, differences in feed intake (FI) and feed conversion ratio (FCR) were not significant, but the L2 combination significantly improved average daily gain (416 vs. 371 g, respectively) and final bodyweight (23.43 vs. 21.85 kg, respectively,  $P = 0.05$ ) compared to those of the control. Study 3 validated the performance obtained in study 2 without observing significant differences (weight, FI, FCR) between the two formulas tested. These three studies showed that inclusion of 2% of the yeast extract L improved the performance of weaned piglets, giving nutritionists a new natural source of highly digestible proteins.

## INTRODUCTION

Pour faire face au défi croissant de la demande en protéines dans l'alimentation humaine mais aussi dans l'alimentation du bétail, les acteurs de la filière porcine sont actuellement à la recherche de nouvelles alternatives à la fois écologiques, fonctionnelles et économiquement rentables. En parallèle, tant au niveau de la santé humaine que de la santé animale, le problème du développement des résistances bactériennes a contraint les organisations mondiales de la santé, telles que l'OIE (organisation mondiale de la santé animale) à prendre des mesures pour promouvoir l'usage responsable des antibiotiques en élevage.

Au niveau européen, l'usage des antibiotiques à doses « facteurs de croissance » est interdit depuis 2012 et l'usage de l'oxyde de zinc à visée thérapeutique sera également interdit d'ici 2022. En France, les différentes stratégies déjà mises en place (plans éco-antibio 1 et 2) donnent des résultats très satisfaisants grâce à tout le travail d'accompagnement et de suivi des éleveurs par l'ensemble des professionnels de la filière. Néanmoins, malgré tous les efforts déjà réalisés et les résultats obtenus, ces nouvelles contraintes font réapparaître des problèmes nutritionnels qui étaient partiellement contrôlés par les traitements antibiotiques. De même, les contraintes environnementales imposent dorénavant de nouvelles normes sur l'usage du cuivre dont on connaît les effets sur la croissance des porcelets.

L'utilisation des lignées de truies hyperprolififiques engendre la production de porcelets plus petits au sevrage et donc plus fragiles. Or il n'est plus à démontrer que le sevrage est l'une des périodes les plus critiques pour les jeunes porcelets, les stress auxquels ils sont confrontés engendrant des modifications physiologiques dont les conséquences peuvent être considérables (Campell *et al.*, 2013 ; Heo *et al.*, 2013) : troubles digestifs d'intensité et de durée variables, réduction de l'ingéré durant 2 à 3 jours (Brooks *et al.*, 2001 ; Bruininx *et al.*, 2002), altérations de la muqueuse intestinale (Marion *et al.*, 2002), ralentissement du transit intestinal et paresse gastrique (Lallès *et al.*, 2004). La flore intestinale s'en trouve déstabilisée permettant aux agents pathogènes de s'installer, de se multiplier et de traverser la muqueuse puis la paroi digestive. Ainsi, outre la mise en place d'un microbiote stable et varié grâce par exemple à l'apport de levures probiotiques (Pinloche *et al.*, 2002 données internes ; Kiroso *et al.*, 2018), un des défis majeurs du sevrage est de favoriser la consommation d'aliment, le plus rapidement et le plus efficacement possible. L'apport d'aliments solides dès le plus jeune âge est l'un des premiers leviers, un autre est de formuler des aliments pour porcelets avec des matières premières de qualité, hautement digestibles, sans facteurs antinutritionnels, sans antibiotiques et enfin appétents. Ainsi, les aliments riches en protéines jouent un rôle important en tant que source d'acides aminés (AA). Les porcelets ayant un tractus gastro-intestinal immature, la digestibilité iléale apparente (DIA) de la protéine brute pour un aliment donné est plus faible à ce stade que chez les porcs en croissance. Les protéines ou AA qui ne sont pas digérés à l'extrémité de l'iléon atteignent le gros intestin et sont fermentés, ils ne peuvent alors pas être utilisés pour la production de protéines ou comme source d'énergie par le porc. En outre, la fraction azotée non digestible peut être utilisée comme substrat pour la fermentation bactérienne, par ex. *E. coli* ou d'autres agents pathogènes, ce qui augmente le risque de diarrhée en post-sevrage et peut avoir un effet négatif

sur les performances de croissance (Molist *et al.*, 2014). Par conséquent, connaître le coefficient de digestibilité (CD) et la digestibilité iléale standardisée (DIS) des AA est important pour évaluer l'efficacité de la digestion des AA, et comme éventuel indicateur potentiel de la santé intestinale des porcelets. De plus, connaître la valeur énergétique de l'ingrédient est également important pour l'incorporer dans la formule.

L'utilisation de protéines fonctionnelles dans les régimes de post-sevrage montre des résultats prometteurs, notamment en ce qui concerne l'apport de protéines issues d'extraits de levures sélectionnés. Ainsi, afin de valider l'efficacité de la supplémentation en extraits de levure dans l'alimentation des porcelets après le sevrage, trois études ont été réalisées, l'une pour mesurer les teneurs en énergie digestible, l'énergie métabolique, l'énergie nette et la digestibilité iléale standardisée de 18 AA d'un extrait de levure de boulangerie L riche en protéines (63% du poids frais), comparé à une levure de brasserie S (teneur en protéines : 44% du poids frais), les deux autres pour évaluer et valider la dose permettant d'optimiser les performances zootechniques après sevrage.

## 1. MATERIEL ET METHODES

Trois essais ont été réalisés afin d'évaluer la digestibilité (essai 1), la dose effective (essai 2) et les effets sur les performances zootechniques de porcelets sevrés (essai 3) d'un extrait de levure de boulangerie riche en protéines (Prosaf<sup>®</sup>, Phileo by Lesaffre, France).

### 1.1. Dispositif expérimental et aliments expérimentaux

#### 1.1.1. Essai de digestibilité (essai 1)

L'essai 1 a été réalisé dans la station expérimentale du Schothorst Feed Research (Pays-Bas). Afin de définir les coefficients de digestibilité des protéines, en énergie ainsi que celui des AA de l'extrait de levure de boulangerie L, 18 porcelets croisés Topigs L20 x Tempo ont été placés individuellement dans des cages métaboliques au sevrage (26 jours d'âge, poids moyen : 7,9 kg).

Dans une formule de référence 1<sup>er</sup> âge utilisée comme témoin (T), ont été inclus 20% de l'extrait L (énergie brute : 21,6 MJ/kg) ou 25% d'une levure de brasserie standard S (énergie brute : 18,4 MJ/kg). La teneur en protéines des aliments T, L et S était, respectivement, de 13,1, 23,3, et 19,2% du poids frais. Ces trois aliments (T, L et S) contenaient 0,5% de dioxyde de titane servant de marqueur inerte. Après 4 jours d'alimentation sous la mère, chacun des trois aliments expérimentaux a été distribué sous forme de granulés à six porcelets pendant 10 jours (période d'adaptation aux aliments) puis les fèces et urines des porcelets ont été totalement collectées individuellement, deux fois par jour pendant les 9 jours suivants, afin de déterminer les coefficients de digestibilité apparente de la matière sèche, des protéines, ainsi que calculer l'énergie nette (selon les tables néerlandaises CVB, 2016) des deux produits levuriens. Au dernier jour de l'essai, les porcelets ont été sacrifiés et le contenu de leur iléon a été prélevé afin de déterminer la DIS des AA des deux produits testés, en utilisant, pour chaque AA, les pertes endogènes basales indiquées par les tables néerlandaises CVB (2016).

#### 1.1.2. Détermination de la dose efficace (essai 2)

L'essai 2 a été mené dans la station expérimentale du Akei Animal Research (Brésil). Cent-quatre-vingt-douze porcelets sevrés croisés Camborough x Ag 337, âgés de 23 jours et de

poids moyen 6,1 kg, ont été bouclés individuellement et répartis dans 32 cases sur caillebotis intégral (2,55 m<sup>2</sup>/porc) de six porcelets. L'aliment était distribué *ad libitum* dans une mangeoire de 100 cm et les animaux avaient accès à des pipettes d'eau. La température et l'humidité étaient relevées quotidiennement. Chaque groupe (n = 8 répétitions) a reçu l'une des combinaisons suivantes d'aliment 1<sup>er</sup> âge I (14 jours) puis 1<sup>er</sup> âge II (14 jours suivants) supplémentés en extrait de levure L : 0%-0% (T), 1%-0.5% (L1), 2%-1% (L2), 4%-2% (L3). Les formules étaient isocaloriques (énergie métabolisable

théorique : 3,50 Mcal/kg), isoprotéiques (20,0% du poids frais), et formulées suivant les recommandations nutritionnelles régulièrement utilisées au Brésil (Tableau 1). A l'issue de ces deux périodes de supplémentation (1<sup>er</sup> âge I et II), tous les porcelets ont reçu un aliment 2<sup>ème</sup> âge standard, sans adjonction d'extrait de levure jusqu'à la fin de la période de post-sevrage (14 jours). Les performances zootechniques des porcelets tel que le gain moyen quotidien (GMQ), l'ingéré et l'indice de consommation (IC) ont été mesurés ou calculés pour chacune des périodes.

**Tableau 1** – Composition des aliments expérimentaux (essai 2)

Période	1 <sup>er</sup> âge I (14 j)				1 <sup>er</sup> âge II (14 j)			
	T	L1	L2	L3	T	L1	L2	L3
<b>Aliments</b>								
<b>Matières premières, %</b>								
Maïs	38,1	39,3	39,6	40,1	41,2	41,4	41,5	41,7
Tourteau de soja	14,1	14,1	14,0	13,9	24,4	24,3	24,3	24,3
Protéines de blé	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Farine de poisson	4,0	4,0	4,0	4,0	-	-	-	-
Levure	0,0	1,0	2,0	4,0	0,0	0,5	1,0	2,0
Concentré de soja	5,0	4,0	3,0	1,0	4,0	3,5	3,0	2,0
Huile de Soja	1,14	0,96	0,78	0,42	1,35	1,26	1,17	0,99
<b>Valeurs nutritionnelles, /kg<sup>1</sup></b>								
MG, g	59	57	56	53	46	46	45	43
CB, g	19	19	19	18	25	25	25	25
Protéines dig., g	180	179	179	178	184	183	183	183
Lysine dig., g	15,2	15,2	15,2	15,2	13,3	13,3	13,3	13,3
EM, kcal	3,50	3,50	3,50	3,50	3,40	3,40	3,40	3,40

<sup>1</sup>Valeurs théoriques ou calculées, MG : matières grasses, CB : cellulose brute, dig. : digestibilité fécale (protéines) ou iléale standardisée (lysine), EM : énergie métabolisable.

### 1.1.3. Essai en élevage de production (essai 3)

L'objectif de l'essai 3 était de tester un aliment 1<sup>er</sup> âge (distribué pendant 14 jours) formulé sans protéines animales, isoprotéique et de coût comparable à une formule contenant du plasma sanguin.

Dans un élevage de production morbihannais naisseur-engraisseur (170 truies génétique Adenia, inséminées par des verrats Piétrain Axiom), environ 1000 porcelets (trois bandes consécutives) âgés de 21 jours, de poids moyen de 5,9 kg ont été répartis dans deux groupes homogènes, l'un des groupes recevant un aliment 1<sup>er</sup> âge contenant la levure (L) (n = 484) ou du plasma (P) (n = 503). Les animaux du groupe (L) ont reçu un aliment 1<sup>er</sup> âge contenant 1,5% d'extrait de levure L tandis que les porcelets du groupe (P) ont reçu un aliment 1<sup>er</sup> âge sans extrait de levure L mais contenant 2% de plasma sanguin. Après 15 jours de supplémentation, les animaux des deux groupes ont reçu le même aliment 2<sup>ème</sup> âge sans adjonction d'extrait de levure ou de plasma.

Des pesées par case ont été réalisées au sevrage, à 37 et à 65 jours d'âge. La consommation alimentaire a été notée lors de la transition alimentaire 1<sup>er</sup>-2<sup>ème</sup> âge et en fin de période d'essai. L'indice de consommation (IC) ainsi que le la vitesse de croissance (GMQ) ont été calculés.

### 1.2. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du programme R Studio, version 3.5.0 (2018-04-23). Dans l'essai 1,

les données de digestibilité ont été comparées à l'aide du test de Student, considérant l'animal comme unité expérimentale. Dans les essais 2 et 3, l'effet de l'aliment a été évalué par une ANOVA puis la comparaison des moyennes de chaque groupe a été effectuée par le test de Tukey, considérant la case comme unité expérimentale. L'ensemble des analyses a été réalisé au seuil de confiance 5%.

## 2. RESULTATS

### 2.1. Composition analytique de l'extrait de levure et de la levure de brasserie et coefficients de digestibilité chez le porcelet (essai 1)

L'essai 1 a montré une meilleure digestibilité fécale ( $P = 0,005$ ) du contenu en protéines de l'extrait de levure L (90,1%) comparé à la levure de brasserie S (77,5%, Tableau 2).

L'extrait de levure L présentait une meilleure digestibilité fécale du contenu en matière sèche ( $P = 0,014$ ). La teneur en énergie nette mesurée était similaire pour les deux levures (Tableau 2).

En ce qui concerne les coefficients DIS des AA indispensables chez le porcelet, ceux de l'extrait de levure L variaient entre 68,5 et 87,2% alors que ceux de la levure S variaient entre 23,5 et 55,9%. Considérés individuellement les coefficients de DIS des AA indispensables étaient tous nettement plus élevés pour l'extrait de levure L comparé à la levure S ( $P < 0,05$ ), sauf pour l'histidine dont le coefficient de digestibilité était similaire pour les deux levures étudiées.

**Tableau 2** – Coefficients d'utilisation digestive apparente fécale (CUDA) de la matière sèche et des protéines, énergie nette et coefficients de digestibilité iléale standardisée (DIS) des acides aminés de l'extrait de levure L et de la levure S

	Levure		P <sup>2</sup>
	L <sup>1</sup>	S	
<b>CUDA, %<sup>3</sup></b>			
Matière sèche	89,8 ± 2,7	83,7 ± 2,8	0,014
Protéines	90,1 ± 2,3	77,5 ± 4,5	0,005
Energie	88,4 ± 5,5	81,6 ± 3,0	0,008
<b>Energie nette, MJ/kg<sup>4</sup></b>	9,4 ± 0,2	9,2 ± 0,4	0,3
<b>DIS, %<sup>5</sup></b>			
Lysine	87,2 ± 6,0	52,5 ± 16,3	0,003
Méthionine	81,2 ± 6,9	53,6 ± 23,3	0,022
Méthionine + Cystéine	55,5 ± 11,0	36,8 ± 17,0	0,1
Thréonine	68,5 ± 13,0	23,5 ± 16,7	0,019
Tryptophane	72,9 ± 11,6	32,8 ± 21,0	0,011
Valine	76,4 ± 12,2	39,9 ± 18,3	0,015
Isoleucine	78,0 ± 11,7	36,6 ± 19,5	0,007
Leucine	75,2 ± 14,0	38,1 ± 19,4	0,014
Arginine	81,9 ± 11,2	54,2 ± 16,3	0,037
Phénylalanine	74,9 ± 13,6	42,3 ± 20,2	0,020
Histidine	74,7 ± 5,5	55,9 ± 23,8	0,035

<sup>1</sup>Extrait de levure de boulangerie utilisé dans les essais 1, 2 et 3.

<sup>2</sup>P-value du test de Student. L'écart-type résiduel est de 2,8% pour le CUDA de la matière sèche, 3,5% pour celui des protéines, 2,8 MJ/kg pour l'énergie digestible et 0,3 MJ/kg pour l'énergie nette.

<sup>3</sup>Mesuré.

<sup>4</sup>Equation de calcul de la teneur en énergie nette (EN; CVB, 2016):  $EN (MJ/kg) = (11,7 \times \text{protéines brutes digestibles} + 35,74 \times \text{lipides} + 14,14 \times \text{amidon} + 0,9 \times \text{sucres}) + 9,6 \times \text{NSP digestible} / 1000$ ; NSP = Matières organiques – protéines brutes – lipides – amidon – sucres  $\times CF_{DI}$  où  $CF_{DI}$ : facteur de correction de masse pour calculer les équivalents glucose de la teneur en disaccharide dans les aliments pour animaux.

<sup>5</sup>Les valeurs endogènes ont été estimées selon les tables CVB (2016).

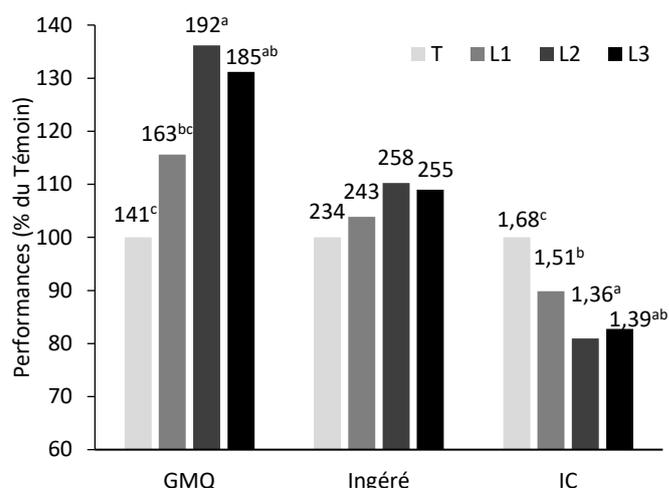
## 2.2. Détermination de la dose efficace (essai 2)

Bien que les aliments expérimentaux n'aient été donnés aux animaux que pendant 28 jours, les performances des porcelets ont été suivies pendant toute la période de post-sevrage (42 jours). Ainsi, en considérant toute cette phase de croissance (J1-J43), la combinaison L2 a permis d'obtenir significativement un meilleur GMQ (416 vs 371, 385 et 394 g/j, respectivement pour T, L1 et L3,  $P = 0,03$ ) tandis que les écarts d'ingéré (846 vs 788, 818 et 830 g/j,  $P = 0,43$ ), d'IC (1,91 vs 1,99, 1,96 et 1,98, respectivement,  $P = 0,69$ ) comparativement au groupe témoin et aux autres groupes levure, ne sont pas significatifs.

En analysant chaque période séparément, c'est lors de la phase 1<sup>er</sup> âge I (J1-J14) que des différences entre les groupes ont été les plus marquées avec notamment un GMQ significativement amélioré ( $P = 0,023$ ) et un meilleur IC ( $P < 0,001$ ) pour les porcelets nourris avec la combinaison L2 comparativement aux autres groupes (Figure 1).

Lors de la phase 1<sup>er</sup> âge I (J1-J14), ainsi que pour la phase 1<sup>er</sup> âge II (J15-J28), les différences d'ingestion entre les groupes n'étaient pas statistiquement significatives.

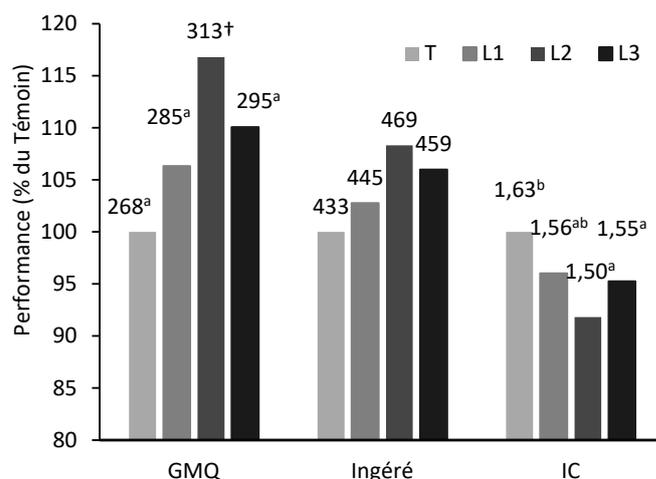
En revanche, le GMQ tendait à être plus élevé ( $P = 0,07$ ) et l'IC était statistiquement plus faible ( $P = 0,03$ ) pour le groupe L2 en comparaison des autres groupes (Figure 2).



**Figure 1** – Performances zootechniques selon le groupe<sup>1</sup> lors de la phase 1<sup>er</sup> âge I (J1-J14)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Voir Tableau 1.

<sup>2</sup>Des lettres différentes indiquent des différences significatives entre les traitements  $P < 0,05$ .



**Figure 2** – Performances zootechniques selon le groupe<sup>1</sup> lors de la phase 1<sup>er</sup> âge I et II (J1-J29)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Voir Tableau 1.

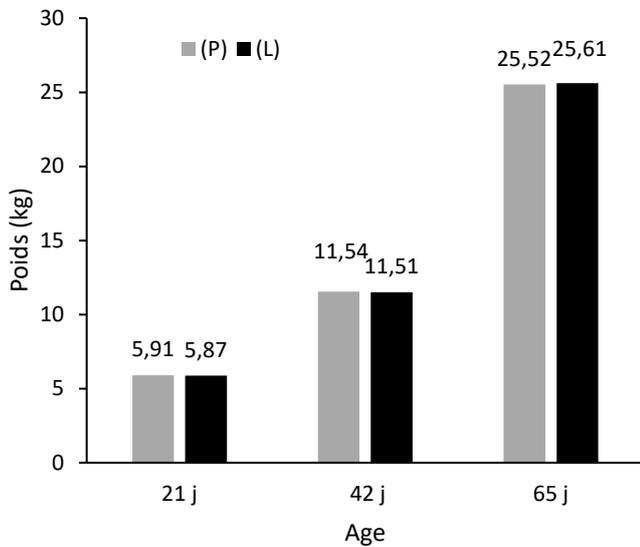
<sup>2</sup>Des lettres différentes indiquent des différences significatives entre les traitements  $P < 0,05$ , † indique une tendance ( $P = 0,07$ ).

En fin de période d'essai, les poids moyens des porcelets montrent une différence significative pour la combinaison L2 et L3 (23,42 kg et 22,57 kg, respectivement) comparativement au lot témoin et à la combinaison L1 (21,85 kg vs 22,45 kg respectivement,  $P = 0,05$ ).

## 2.3. Performances zootechniques (essai 3)

L'essai 3 mené dans un élevage commercial a permis de valider l'intérêt de l'ajout de l'extrait de levure L dans une formule 1<sup>er</sup> âge, incorporé à une dose proche de celle identifiée dans l'essai 2, les résultats étant similaires à une formule avec plasma sanguin.

Aucune différence significative n'a été observée entre le groupe (L) et le groupe (P) tant sur le poids moyen à 42 jours d'âge ( $P = 0,88$ , écart type :  $\pm 1,3$ ) qu'à 65 jours d'âge correspondant à la fin de l'essai ( $P = 0,82$ , écart type :  $\pm 3,3$ ) (Figure 3).



**Figure 3** – Poids moyen des porcelets à 21, 42 et 65 jours d'âge selon le lot

Les résultats zootechniques obtenus sont également similaires pour le GMQ des lots (P) et (L) lors de la période 21 et 42 jours d'âge (268 pour le groupe (P) vs 269 g pour le groupe (L),  $P = 0,76$ ) et lors de la période 21 et 65 jours d'âge pour le GMQ (446 pour le groupe (P) vs 449 g pour le groupe (L),  $P = 0,78$ ) et lors de la période 21 et 42 jours d'âge pour l'IC (1,16 pour le groupe (P) vs 1,19 pour le groupe (L),  $P = 0,76$ ).

### 3. DISCUSSION

Une source de protéines fonctionnelles purifiée doit être avant tout agréable au goût et avoir une digestibilité élevée. Elle doit également encourager le développement rapide du tube digestif chez les jeunes et renforcer leur statut immunitaire. Dans ces études, l'extrait de levure utilisé a une teneur minimale en protéines de 63% du poids frais, une digestibilité élevée des acides aminés ainsi que des taux élevés en nucléotides totaux (7,7%) et d'acide glutamique (10,9%). L'étude a permis d'établir une digestibilité supérieure des acides aminés contenus dans l'extrait de levure L. Plusieurs auteurs (Molist *et al.*, 2014) ont démontré que l'absorption des dipeptides et des tripeptides était plus rapide que celle de leurs AA constitutifs. Ainsi l'efficacité de l'extrait de levure L s'expliquerait avant tout par sa composition peptidique, avec 26% d'AA libres et 38% d'AA de petit poids moléculaire (< 0,9 kDa) : les AA peuvent être transportés à travers la membrane de la bordure en brosse des cellules épithéliales intestinales, soit sous forme libre, soit sous forme de dipeptides et de tripeptides.

La teneur élevée en acide glutamique (10,9%) de l'extrait de levure L semble également jouer un rôle important, non seulement en ce qui concerne la palatabilité et l'acceptation du

goût des aliments 1<sup>er</sup> âge I et II mais également dans le développement de l'intestin et, par conséquent, ses performances (Wu, 1998 ; Soeters *et al.*, 2002). En effet, il a été montré que l'acide glutamique a un pouvoir appétant (goût umami : Roudot Algaron, 1996). Ainsi, les résultats obtenus avec l'extrait de levure L peuvent en partie s'expliquer par sa forte teneur en acide glutamique. L'apport de l'extrait L pourrait également apporter des bénéfices similaires à ceux du lait de truie. En effet, parmi les 20 AA libres contenus dans le lait de truie, l'acide glutamique est le plus abondant, représentant plus de 50% de la teneur totale en AA libres. La glutamine quant à elle est un nutriment essentiel pour l'intestin ; environ 30% de la glutamine totale sont utilisés dans les divers tissus intestinaux. Elle est liée à la promotion de la prolifération des entérocytes, à la régulation des jonctions serrées qui sont des protéines régulant la perméabilité de l'épithélium intestinal et est impliquée dans la suppression des voies de signalisation pro-inflammatoires afin de protéger les cellules contre l'apoptose et les stress cellulaires dans des conditions normales et pathologiques (Novak *et al.*, 2002 ; Bongers *et al.*, 2007). Les résultats de plusieurs études chez l'animal suggèrent que les nucléotides alimentaires pourraient affecter le tractus gastro-intestinal en favorisant une maturation plus rapide du tractus, en modulant le microbiote intestinal et en activant les cellules renforçant l'immunité. Bien que les nucléotides soient synthétisés par voie endogène, il a été suggéré qu'une supplémentation alimentaire en nucléotides pourrait avoir un impact bénéfique sur la croissance et le développement de l'intestin grêle, le métabolisme des lipides et la fonction hépatique (Carver *et al.*, 1991 ; Pickering *et al.*, 1998). Ainsi, même si les nucléotides présents dans l'extrait de levure sont présents sous forme d'ARN, leur présence pourrait expliquer en partie l'effet positif sur la croissance et l'efficacité alimentaire des porcelets.

### CONCLUSION

De manière générale, l'extrait de levure L utilisé avec la modalité L2 a donné de meilleurs résultats que les autres groupes L. C'est donc lorsqu'il est incorporé à 2% dans l'aliment 1<sup>er</sup> âge I utilisé pendant les 14 premiers jours et à 1% dans l'aliment 1<sup>er</sup> âge II utilisé pendant les 14 jours suivants qu'il est le plus efficace sachant tout de même que le programme d'inclusion dans les régimes dépendra du programme nutritionnel de l'élevage et que le meilleur bénéfice de la supplémentation en extrait de levure L est obtenu lorsque les porcelets sont capables de consommer entre 160 g et 200 g du produit au cours des 28 premiers jours de la phase de post sevrage.

L'incorporation de l'extrait de levure L pourrait permettre aux nutritionnistes de formuler un aliment sans protéines animales tout aussi performant que ceux formulés avec des protéines de plasma. Ainsi, grâce à la combinaison de ses principes actifs fonctionnels, associés à une bonne palatabilité, au profil en acides aminés et à une digestibilité élevée des protéines et AA, l'extrait de levure L semble constituer une matière première novatrice à utiliser dans l'alimentation des porcelets après le sevrage.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bongers T., Griffiths R.D., McArdle A., 2007. Exogenous glutamine: The clinical evidence. *Crit. Care Med.*, 35, 545–552.
- Brooks P.H., Moran C.A., Beal J.D., Demeckova V., Campbell A., 2001. Liquid feeding for the young piglet. In: Varley M.A., Wiseman J. (Eds). *The Weaner Pig. Nutrition and Management*. Wallingford, Pays, CAB International, 151–178.
- Bruininx E.M., Schellingerhout A.B., Lensen E.G., 2002. Associations between individual food intake characteristics and indicators of gut physiology of group-housed weanling pigs differing in genotype. *Anim. Sci.*, 75, 103–113.
- Campbell J. M., Crenshaw J. D., Polo J., 2013. The biological stress of early weaned piglets. *J. Anim. Sci. Biotechnol.*, 4: 19.
- Carver J.D., Pimentel B., Cox W.I., Barness L.A., 1991. Dietary nucleotide effects upon immune function in infants. *Pediatrics*, 88, 359–63.
- CVB 2016. Chemical composition and nutritional values of feedstuffs. Wageningen: Federatie Nederlandse Diervoederketen, 629 pp.
- Heo J. M., Opapeju F.O., Pluske J.R., Kim J.C, Hampson D.J., Nyachoti C.M, 2013. Gastrointestinal health and function in weaned pigs: a review of feeding strategies to control post-weaning diarrhea without using in-feed antimicrobial compounds. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 97, 207–237.
- Kiros T.G., Derakhshani H., Pinloche E., R., Marshall J., Auclair E., Khafipour E., Van Kessel A., 2018. Effect of live yeast *Saccharomyces cerevisiae* (Acisaf® Sc 47) supplementation on the performance and hindgut microbiota composition of weanling pigs. *Scientific reports* 8: 5315.
- Lalles J.P., Konstantinov S., Rothkotter H.J., 2004. Bases physiologiques, microbiologiques et immunitaires des troubles digestifs du sevrage chez le porcelet : données récentes dans le contexte de la suppression des antibiotiques additifs alimentaires. *Journées Rech. Porcine*, 36, 139-150.
- Marion J., Biernat M., Thomas F., *et al.*, 2002. Small intestine growth and morphometry in piglets weaned at 7 days of age. Effect of level of energy intake. *Reprod. Nutr. Dev.*, 42, 339–354.
- Molist F., Van Oostrum M., Pérez J.F., Mateos G.G., Nyachoti C.M., Van der Aar, P.J., 2014. Relevance of functional properties of dietary fiber in diets for weanling pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 189, 1-10.
- Novak F., Heyland D.K., Avenell A., Drover J.W., Su X., 2002. Glutamine supplementation in serious illness: A systematic review of the evidence. *Crit. Care Med.*, 30, 2022–2029.
- Pickering L., Granoff D., Erickson JR., Masor M., Cordle C.T., Scheller J.P., Winship T.R., Paule C.L., Hilty M.D., 1998. Modulation of the immune system by human milk and infant formula containing nucleotides. *Pediatrics*, 101, 242–249.
- Roudot-Algaron F., 1996. Le goût des acides aminés, des peptides et des protéines : exemple de peptides sapides dans les hydrolysats de caséines. *Le Lait*, INRA Editions, 76, 313-348.
- Soeters P.B., Grecu I., 2012. Have we enough glutamine and how does it work? A clinician's view. *Ann. Nutr. Metab.*, 60, 17–26.
- Wu G., 1998. Intestinal mucosal amino acids catabolism. *J. Nutr.*, 128(8), 1249-1252.