

# Déterminants de la flore microbiologique de la soupe et ses conséquences sur les porcs charcutiers en engraissement

MaëliSS BRUNON (1), Claudio TROMBANI (2), Mélanie ROPARS (1), Morgane LE ROUX (3), Solène LAUNAY (1)

(1) EVEL'UP, ZA du Vern, 29400 Landivisiau, France

(2) BREIZHPIG SCOP SAS, Rue du Pontic, 29400 Landivisiau, France

(3) LABOCEA, 7 rue du Sabot, CS 30054, 22440 Ploufragan, France

[m.brunon@evelup.fr](mailto:m.brunon@evelup.fr)

## Déterminants de la flore microbiologique de la soupe et ses conséquences sur les porcs charcutiers en engraissement

En France, l'alimentation liquide est le mode de distribution le plus courant en engraissement. Composée d'un mélange d'eau et de matières premières, la soupe constitue un milieu propice au développement de micro-organismes, pathogènes ou non, qui peuvent impacter les performances zootechniques et la santé des animaux. L'objectif de l'étude est d'affiner la qualification de la flore microbiologique des soupes, d'étudier si certains facteurs intrinsèques à l'élevage peuvent l'influencer et d'évaluer s'il existe des typologies de flore associées à des problématiques rencontrées en élevage. Une base de données a été construite à partir de l'analyse laboratoire de 134 échantillons de soupe d'aliment engraissement et de présoupe. Les soupes présentent une forte variabilité sur le pH et sur l'ensemble des paramètres microbiologiques analysés, à savoir les bactéries lactiques mésophiles (BLM), les entérobactéries (ENT), les levures (LEV) et les moisissures (MO). Les BLM sont présentes de façon majoritaire (moyenne de  $9,4 \cdot 10^9$  UFC/g). Les soupes fabriquées à partir d'une présoupe sont plus riches en BLM mais leur niveau de levures est également plus élevé. Lorsque le maïs est conservé en silo couloir, les soupes présentent un niveau de LEV supérieur ( $6,02$  vs  $5,96 \log_{10}$  UFC/g) que lorsque le maïs est conservé dans un silo tour. Les soupes issues d'un aliment FAF contiennent davantage de moisissures que celles préparées à partir d'un aliment de type mélange (céréales et aliment complémentaire). Les MO et les LEV se développent davantage dans les soupes dont le circuit de distribution fonctionne en recyclage, comparativement au système cuve de reste. Ces résultats permettent de mettre en évidence des points de vigilance selon les installations en place en élevage. Un lien entre une diminution du ratio BLM/ENT et une augmentation des problèmes digestifs a été établi. La flore microbiologique de la soupe est donc un paramètre important à analyser, en plus de ceux couramment étudiés (courbe d'alimentation, formulation, caractérisation et qualité des matières premières, etc.).

## Factors determining microbiological flora in liquid feed and its consequences on fattening pigs

In France, feed in pig fattening units is distributed most often in liquid form. Liquid feed consists of water mixed with raw ingredients, in which microorganisms and pathogens can easily develop, thus impacting zootechnical performances and animal health. The aim of this study was to determine the microbiological flora of liquid feed to investigate whether certain intrinsic factors of the farm could influence it and to evaluate whether a given kind of flora could be associated with a kind of problem encountered on the farm. A database was developed from lab analysis of 134 liquid feed samples taken from fattening units, as well as samples of a mixture of water and maize (the first step in preparing liquid feed). The samples had great variability in pH and all microbiological parameters analyzed: mesophilic lactic bacteria (MLB), enterobacteria (ENT), yeasts (YE), and mold (MO). MLB were the most common, with a mean of  $9.4 \cdot 10^9$  UFC/g. When liquid feed was prepared from a mixture of water and maize, it was richer in MLB but also had a higher risk of YE development. Also, when maize was stored in a bunker silo, the liquid feed had more YE. Liquid feed prepared from an on-farm manufactured feed contained more MO than a liquid feed prepared from a mixture of cereals and supplementary feed. YE and MO were more likely to develop when residual liquid feed stagnated in the distribution circuit than when it was flushed out with a rinse-water tank system. These results allow us to highlight critical points depending on a farm's equipment. A relation between a decrease in the MLB: ENT ratio and an increase in digestive problems was observed. The microbiological flora in liquid feed is thus an important parameter to be analyzed, in addition to those currently studied (e.g. feed curve, formulation, characterization and quality of raw ingredients).

## INTRODUCTION

La maîtrise de l'hygiène dans les élevages et notamment celle de l'alimentation est une des préoccupations principales de la filière porcine. En France, l'alimentation liquide est le mode de distribution le plus courant en engraissement (environ 70% des porcs) (Martineau *et al.*, 2008). Composée d'un mélange d'eau et de matières premières, la soupe constitue un milieu propice au développement de micro-organismes, pathogènes ou non.

Les installations d'alimentation en soupe dans les élevages porcins ont fait l'objet de progrès constants depuis les premiers équipements des années 1970. Les améliorations ont porté sur la qualité et la précision de la distribution, mais aussi sur l'hygiène et la facilité de nettoyage des équipements (Royer *et al.*, 2004). Il est probable que certains paramètres, tels que le système de distribution, la présence ou non d'une présoupe, le type de fabrication des aliments ou le moyen de conservation des matières premières puissent influencer la flore microbiologique de la soupe. L'un des objectifs de cette étude est de définir l'impact de ces différents éléments sur la flore microbiologique de la soupe.

Plusieurs numérations de flores totales de soupe ont déjà été réalisées (Hansen, 1987 ; Touarin, 1994 ; Geary, 1997 ; Hansen, 1998). La contamination d'une soupe distribuée est de l'ordre de  $10^7$  à  $10^8$  unités formant colonies (UFC). Néanmoins, le choix de la flore totale comme seul indicateur de contamination n'apparaît pas suffisant pour évaluer la qualité microbiologique de la soupe (Royer *et al.*, 2002).

Il paraît donc pertinent d'affiner la caractérisation de la flore. Elle est composée principalement de bactéries lactiques dont la présence est jugée bénéfique grâce à son effet flore de barrière (Royer *et al.*, 2003). D'autres flores comme les levures, les moisissures et les entérobactéries peuvent servir de bio-indicateurs témoins de l'hygiène et du risque de l'apparition de problèmes en élevage.

Un effet favorable de la soupe sur le plan sanitaire a été mis en évidence, notamment quand celle-ci a un pH bas (Hansen *et al.*, 1998 ; Van Der Wolf *et al.*, 2001). En effet, plusieurs études (Mikkelsen *et al.*, 1998) montrent une moindre prévalence des pathologies digestives sur les animaux recevant une soupe dont le pH avoisine 4. Le pH semble donc être un paramètre intéressant à mesurer.

En engraissement, le lien entre l'alimentation liquide et la prévalence des entérotoxémies a été identifié (Martineau *et al.*, 2008). De plus, Drochner *et al.* (1983) relèvent que des teneurs en levures supérieures à  $10^6$  UFC/g correspondent dans plusieurs cas à des tympanismes sévères, des diarrhées et parfois des mortalités. Aussi, des moisissures nuisibles toxigènes peuvent se développer dans différents substrats tels que les céréales et les fourrages, et y produire dans certaines conditions de température et d'humidité, des molécules toxiques dénommées mycotoxines. Des métabolites, dont l'alcool (éthanol) et l'acide acétique, peuvent également impacter le goût et l'appétence de l'aliment (Boudra *et al.*, 2002).

La présente étude vise à mettre en évidence un lien éventuel entre une flore microbiologique de soupe et des problématiques d'élevage.

## 1. MATERIEL ET METHODES

### 1.1. Dispositif expérimental

Des échantillons de soupes ont été collectés de décembre 2014 à avril 2019 dans 49 élevages naisseurs-engraisseurs ou engraisseurs repartis sur l'ensemble des départements bretons, dans le cadre d'un suivi technique et sanitaire régulier des élevages. Au total, 134 prélèvements ont été analysés et les résultats ont été compilés au sein d'une base de données. Les échantillons concernent exclusivement des soupes prélevées en engraissement à l'auge et des présoupes (préfabrication d'une soupe de maïs) prélevées au niveau de la cuve. Les échantillons ont été prélevés dans une auge d'une case en milieu de distribution à proximité des descentes de soupe. Les échantillons étaient conservés à  $3^\circ\text{C} \pm 2$  jusqu'à analyse et arrivaient au laboratoire (Labocéa - Ploufragan (22)) dans les 6 heures maximum après prélèvement. Pour chaque échantillon, plusieurs paramètres ont été analysés : les bactéries lactiques mésophiles (BLM) selon la méthode NF ISO 15214, les entérobactéries (ENT) selon la méthode NF V 08-054, les levures (LEV) et les moisissures (MO) selon la méthode NF V 08-059 et le pH selon la méthode de potentiométrie.

### 1.2. Description de la base de données

Une caractérisation des élevages, des installations et des échantillons de soupe a été effectuée. Les données collectées étaient les suivantes :

- Le type d'aliment : complet, mélange (utilisation d'un complémentaire 25 à 50% et de céréales), FAF (fabrication d'aliment à la ferme : mélange à la ferme de céréales, de tourteaux, d'un prémélange de vitamines et d'oligo-éléments, d'acides aminés, de phosphate et de carbonate),
- Le mode de conservation du maïs : en grains entiers inertés en silo tour ou broyés à la récolte dans un silo couloir,
- La nature de l'échantillon : présoupe, soupe issue d'une présoupe, soupe non issue d'une présoupe,
- Le système de distribution de soupe : présence d'une cuve de reste (permet la séparation des menus, ce qui signifie que la canalisation principale est remplie d'eau entre les repas) ou présence d'un système de recyclage (présence de soupe dans la canalisation principale entre les repas).

A partir de la littérature et des expériences terrain, une liste de constats en élevage potentiellement en lien avec la flore de la soupe a été établie : baisse des performances zootechniques (dégradation des croissances et baisse de la consommation en engraissement), problèmes digestifs (torsion, entérotoxémie, diarrhée ou œdème), comportements socio-négatifs (cannibalisme, agressivité/bagarre), mortalité anormalement élevée (augmentation du taux de pertes en engraissement) ou animaux d'apparence saine (absence des problèmes cités précédemment). Ces constats ont été réalisés pour les éléments chiffrables (croissance, consommation, taux de pertes) à partir de l'analyse de la gestion technico-économique (GTE) de l'élevage sur une période de 6 mois ou 1 an ou à partir d'observations du vétérinaire, du technicien ou de l'éleveur pour les autres constats (comportements, problèmes digestifs, animaux sains). Pour chaque échantillon prélevé, l'absence (modalité « non ») ou la présence (modalité « oui ») de ces constats en élevage a été renseignée.

### 1.3. Analyses statistiques

Les données microbiologiques (bactéries lactiques mésophiles, levures, moisissures et entérobactéries) ont été transformées en logarithme décimale afin d'obtenir une distribution proche de la normalité. Le ratio bactéries lactiques mésophiles sur entérobactéries a été créé comme indicateur de l'équilibre entre les deux populations bactériennes (BLM/ENT).

Un échantillon constitue l'unité expérimentale. Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R (version 3.6.0). Dans un premier temps, les corrélations entre les différents paramètres microbiologiques et le pH ont été évaluées à partir d'une analyse en composantes principales (ACP) et leur significativité statistique a été vérifiée à l'aide d'un test de corrélation de Pearson. Une analyse de la variance (ANOVA) a permis d'évaluer l'impact des caractéristiques d'élevage sur le pH. Une analyse de la covariance (ANCOVA) a été réalisée afin de déterminer l'effet de ces mêmes caractéristiques d'élevage sur les paramètres microbiologiques, en considérant le pH comme covariable. Ces analyses ont été effectuées sur un groupe d'échantillons réduit (N=124) : les soupes issues d'un aliment complet (N=10) ont été retirées. Cette suppression a été motivée par le faible nombre de données disponibles pour cette catégorie et par le fait que les variables « type de conservation du maïs » et « présence d'une présoupe » ne pouvaient être testées sur ces soupes. Un test de Tukey a permis de comparer les moyennes deux à deux. Un modèle linéaire généralisé (GLM) a été établi à partir de l'ensemble des échantillons (N=134) afin de déterminer l'impact de la flore microbiologique sur la probabilité d'effectuer les constats mentionnés dans le point 1.2 en élevage. Les différences ont été considérées comme significatives pour une p-value ≤ 0,1.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Caractérisation de la flore microbiologique

Tableau 1 – Description des paramètres microbiologiques analysés

	Paramètres analysés <sup>1</sup>					
	pH	BLM (UFC/g)	ENT (UFC/g)	BLM/ENT	LEV (UFC/g)	MO (UFC/g)
<b>Moyenne</b>	4,83	9,4 10 <sup>9</sup>	7,2 10 <sup>4</sup>	3,5 10 <sup>6</sup>	3,5 10 <sup>6</sup>	8,6 10 <sup>4</sup>
<b>Ecart-type</b>	0,50	4,1 10 <sup>10</sup>	1,7 10 <sup>5</sup>	1,8 10 <sup>7</sup>	4,8 10 <sup>6</sup>	4,2 10 <sup>5</sup>
<b>Médiane</b>	4,82	2,5 10 <sup>8</sup>	1,1 10 <sup>4</sup>	2,2 10 <sup>4</sup>	1,0 10 <sup>6</sup>	1,0 10 <sup>4</sup>

<sup>1</sup> BLM : bactéries lactiques mésophiles, ENT : entérobactéries, LEV : levures, MO : moisissures

L'analyse de la base de données a permis de caractériser plus précisément la flore microbienne des soupes et des présoupes. La description des différents paramètres est résumée dans le tableau 1. Les résultats confirment la présence majoritaire de bactéries lactiques dans l'alimentation liquide comme mis en évidence par Martineau *et al.* (2008).

Pour l'ensemble des paramètres analysés, l'écart-type est conséquent, au minimum de 10<sup>5</sup> pour les moisissures. Cette forte variabilité qui existe au sein de chaque population microbienne explique le passage nécessaire en logarithme décimal (log 10) pour la suite de l'étude.

### 2.2. Corrélation entre les paramètres analysés

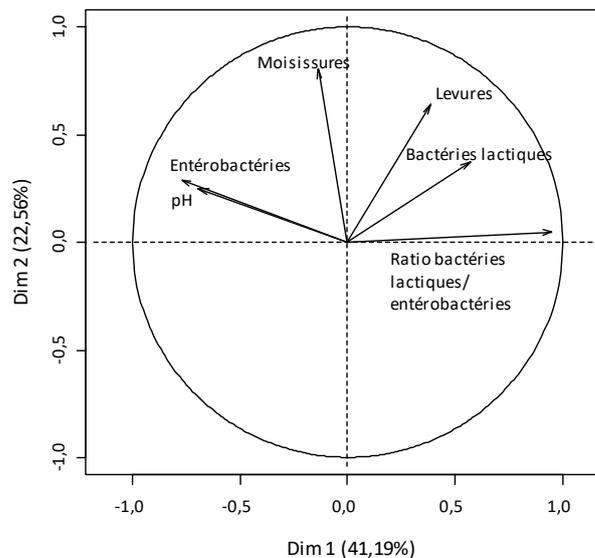


Figure 1 – Représentation des paramètres analysés en laboratoire dans l'ACP

Tableau 2 – Corrélation entre les différents paramètres analysés<sup>1</sup>

	BLM	ENT	BLM/ENT	LEV	MO	pH
<b>BLM</b>	1	-0,167 †	0,688 ***	0,185 *	0,030 NS	-0,167 †
<b>ENT</b>	-0,167 †	1	-0,729 ***	-0,183 *	0,163 †	0,499 ***
<b>BLM/ENT</b>	0,688 ***	-0,729 ***	1	0,260 **	-0,098 NS	-0,477 ***
<b>LEV</b>	0,185 *	-0,183 *	0,260 **	1	0,296 **	-0,165 †
<b>MO</b>	0,030 NS	0,163 †	-0,098 NS	0,296 **	1	0,167 †
<b>pH</b>	-0,167 †	0,499 ***	-0,477 ***	-0,165 †	0,167 †	1

<sup>1</sup> Coefficient de corrélation de Pearson ; † : p-value < 0,1 ; \* : p-value < 0,05 ; \*\* : p-value < 0,01 ; \*\*\* p-value < 0,001 ; NS : non significatif

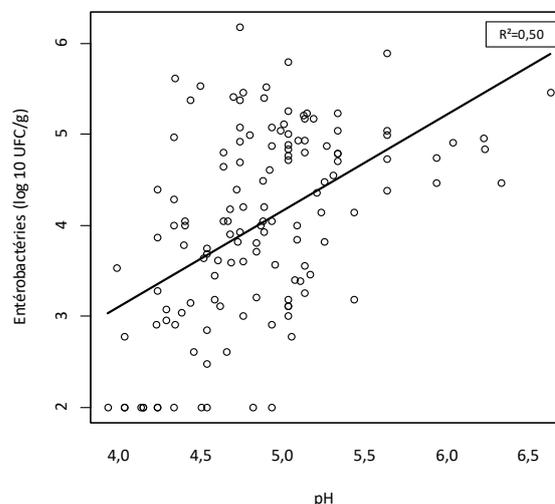


Figure 2 – Relation entre le niveau d'entérobactéries et le pH

**Tableau 3** – Effet de la nature de l'échantillon prélevé et des caractéristiques d'élevage sur le pH et la flore microbiologique<sup>1</sup>

Facteurs <sup>2</sup>	Effectifs par groupe	pH	Bactéries lactiques (log 10 UFC/g)	Entérobactéries (log 10 UFC/g)	Bactéries lactiques / Entérobactéries	Levures (log 10 UFC/g)	Moisissures (log 10 UFC/g)
<b>Nature de l'échantillon</b>		***	***	***	*	***	NS
Présoupe	21	4,32 <sup>a</sup>	7,81 <sup>a</sup>	2,77 <sup>a</sup>	5,04 <sup>b</sup>	6,37 <sup>b</sup>	4,00
Soupe issue d'une présoupe	49	5,02 <sup>b</sup>	8,60 <sup>b</sup>	4,03 <sup>b</sup>	4,57 <sup>ab</sup>	6,24 <sup>b</sup>	4,20
Soupe non issue d'une présoupe	54	4,80 <sup>b</sup>	8,33 <sup>ab</sup>	4,35 <sup>b</sup>	3,98 <sup>a</sup>	5,61 <sup>a</sup>	3,83
<b>Mode de fabrication de l'aliment</b>		†	*	NS	†	NS	**
Mélange	51	4,86	8,43	4,07	4,36	5,96	3,71
FAF	73	4,77	8,29	3,88	4,42	6,01	4,21
<b>Mode de conservation du maïs</b>		†	**	NS	*	***	NS
Silo couloir	55	4,72	8,11	4,03	4,09	6,02	3,84
Silo tour	69	4,87	8,54	3,90	4,64	5,96	4,13
<b>Mode de distribution de la soupe</b>		†	NS	NS	NS	*	*
Cuve de reste	55	4,86	8,15	3,87	4,29	5,86	3,81
Recyclage	69	4,76	8,51	4,03	4,48	6,09	4,15

<sup>1</sup>Moyennes brutes ; Les valeurs non suivies d'une même lettre sont différentes pour le test de Tukey ( $p$ -value < 0,05)

<sup>2</sup>La significativité du modèle est indiquée par † :  $p$ -value < 0,1 ; \* :  $p$ -value < 0,05 ; \*\* :  $p$ -value < 0,01 ; \*\*\* :  $p$ -value < 0,001 ; NS : non significatif

L'ACP (Figure 1) met en évidence une corrélation positive entre le pH et le niveau d'entérobactéries ( $r = 0,50$ ,  $P < 0,01$ ), alors que le ratio bactéries lactiques/entérobactéries est négativement corrélé au pH ( $r = -0,48$ ,  $P < 0,01$ ). L'ensemble des corrélations et leur significativité sont indiqués dans le tableau 2. La modulation du pH de la soupe ou de la présoupe apparaît donc comme intéressante pour réguler le niveau d'entérobactéries (figure 2).

### 2.3. Déterminants de la flore microbiologique de la soupe

Le tableau 3 présente les effets de la nature de l'échantillon prélevé et des caractéristiques d'élevage sur le pH et sur la flore microbiologique des soupes.

#### 2.3.1. Effet de la présence d'une présoupe

D'une manière générale, les aliments à base de maïs présentent une acidité supérieure en relation avec une teneur en acide lactique élevée (Castaing et Coudure, 1999). Les présoupes constituant la base de données étant exclusivement fabriquées à base de maïs et d'eau, il est cohérent que les présoupes soient plus acides que les soupes.

Le pH et les entérobactéries sont significativement et positivement corrélés, comme vu précédemment. Ainsi, le faible pH des présoupes participe à limiter le développement des entérobactéries.

Cette acidité plus marquée et la plus faible présence d'entérobactéries ne sont pas retrouvées au niveau des soupes fabriquées à partir d'une présoupe. Ceci s'explique probablement par l'incorporation de matières premières autres que le maïs au niveau de la machine à soupe, potentiellement plus propices au développement des entérobactéries (acidité moindre). De plus, les échantillons de présoupe n'ont pas été en contact de canalisations, contrairement à la soupe qui peut subir une contamination par l'intermédiaire des biofilms présents dans les canalisations et les descentes. En effet, les descentes apparaissent comme le maillon le plus contaminant du circuit, influençant directement la qualité microbiologique de la soupe (Royer *et al.*, 2004).

Ces résultats supposent que la mise en place d'une présoupe en élevage ne constitue pas une sécurité suffisante contre la présence d'entérobactéries dans la soupe, les soupes issues d'une présoupe contenant autant d'entérobactéries que les autres. Aussi, en cas de mise en place d'un protocole de traitement des entérobactéries et au vu des résultats

précédents, il serait plus pertinent d'agir au niveau de la machine à soupe et non de la cuve de présoupe.

Les bactéries lactiques sont présentes en plus grandes quantités dans les soupes fabriquées à partir d'une présoupe que dans les présoupes elles-mêmes. Avant fabrication de la soupe, la présoupe reste stockée sur une période plus ou moins longue (jusqu'à une voire deux journées). Ce temps de stockage est susceptible de favoriser le développement de bactéries lactiques, qui suit généralement une courbe de croissance caractéristique des populations bactériennes comportant une phase de développement exponentiel, comme expliqué par Delhalle *et al.* (2012).

Les présoupes et les soupes fabriquées à partir d'une présoupe présentent un niveau de levures plus important. Les levures se développent préférentiellement dans des substrats riches en sucre : le maïs constitue donc un support favorable à leur développement (AFSSA, 2004). De plus, une fois désilé, le maïs se retrouve en conditions aérobies au niveau de la présoupe durant une durée plus ou moins longue selon le temps de stockage, et la présence d'oxygène accentue le développement de levures (AFSSA, 2004).

En élevage, les présoupes apparaissent intéressantes pour favoriser le développement des bactéries lactiques dont les effets bénéfiques sur le plan digestif ont été démontrés (Raibaud et Ducluzeau, 1989), sous réserve que toutes les précautions soient prises pour limiter le développement des levures (entretien des installations, gestion des fonds de cuve de présoupe et des quantités fabriquées, qualité du stockage, suivi de la qualité microbiologique des matières premières, etc.).

#### 2.3.2. Effet du mode de fabrication de l'aliment

Les soupes issues d'un aliment FAF présentent une contamination en moisissures supérieure à une soupe issue d'un aliment de type mélange. Pour l'aliment FAF, les tourteaux de protéagineux sont stockés sur l'exploitation et donc sur une durée plus longue que ceux stockés chez le fabricant de l'aliment complémentaire. Il est possible que cette durée de stockage impacte le développement des moisissures. Cette hypothèse serait à vérifier par des analyses mycologiques sur les tourteaux.

#### 2.3.3. Effet du mode de conservation

Le niveau de levures des soupes est plus important lorsque le maïs a été conservé en silo couloir. Ce mode de stockage implique nécessairement qu'une partie du maïs, le front

d'attaque, soit en contact direct avec l'air, contrairement au silo tour qui est en principe en anaérobiose totale. Afin de limiter le développement de ces levures, la qualité de confection du silo couloir est primordiale pour assurer une conservation anaérobiose : qualité du broyage, qualité du tassage, étanchéité du silo. Aussi, un avancement rapide du front d'attaque est nécessaire pour éviter que le maïs soit au contact de l'air trop longtemps (Roy, 2004).

Lorsque le maïs est conservé en silo couloir, les soupes présentent un niveau de bactéries lactiques plus faible. Ce résultat est étonnant étant donné le principe de fonctionnement du silo couloir : la conservation se fait par fermentations lactiques induisant une acidification de la masse alors qu'en silo tour, la stabilisation du maïs se fait via le gaz carbonique (Castaing et Coudure, 2000).

#### 2.3.4. Effet du système de distribution de la soupe

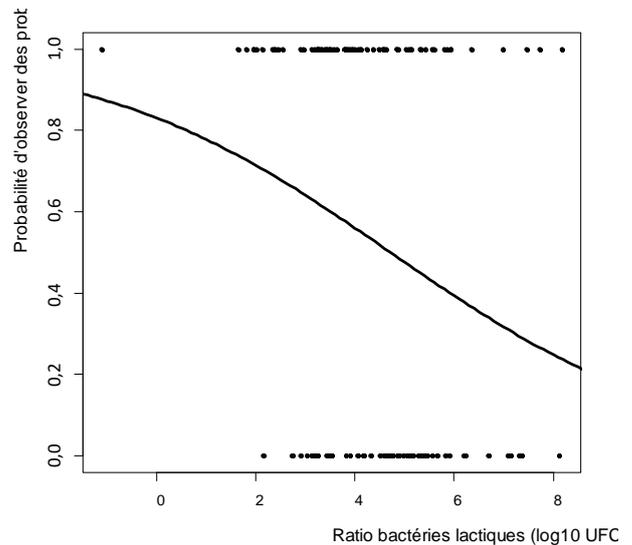
La soupe prélevée dans les élevages équipés d'une cuve de reste présente des niveaux de levures et de moisissures plus faibles que les élevages disposant d'un système de recyclage. Royer *et al.* (2005) expliquait le principe de contamination en continu de la soupe liée à la présence de liquide résiduel dans les canalisations. En système recyclage, le liquide résiduel étant de la soupe, il est probable que la présence plus importante de matière organique contribue à un développement plus conséquent des levures et moisissures. Indépendamment du système de distribution, l'hygiène des circuits et des descentes est à surveiller pour éviter toute contamination de la soupe.

#### 2.4. Impact de la flore microbologique et du pH de la soupe sur les constats effectués en élevage

Les résultats du modèle linéaire généralisé sont présentés dans le tableau 4.

Le modèle n'a pas permis de mettre en évidence une typologie de flore microbologique plus propice à des animaux d'apparence saine. De la même façon, aucun lien n'a pu être établi entre la flore microbologique et de potentielles baisses de performances sur les animaux (baisse des croissances et de la consommation). Ces résultats sont en contradiction avec la littérature qui énonce que les moisissures peuvent être à l'origine de métabolites, dont l'alcool et l'acide acétique, pouvant impacter le goût et l'appétence de l'aliment (Boudra *et al.*, 2002). D'autre part, les entérobactéries dégradent les protéines en ammoniac et autres métabolites (toxines et amines biogènes) ceci pouvant également impacter l'odeur et le goût de l'aliment induisant une ingestion réduite (Jakob et Eugter, 2016). Cet impact n'a pas été retrouvé dans cette étude.

En revanche, la probabilité d'observer des problèmes digestifs (diarrhée, torsion, œdème) augmente avec la dégradation du ratio bactéries lactiques/entérobactéries (Figure 4). Ce constat est en adéquation avec la littérature. En effet, la fonction principale de la flore lactique semble être la protection de l'hôte contre l'invasion de son tractus digestif par des bactéries entéro-pathogènes (Raibaud et Ducluzeau, 1989). Le modèle fait également ressortir une baisse de la mortalité et des problèmes digestifs parallèlement à l'augmentation du niveau de levures. Donc, la relation entre un niveau de levures élevé et des problèmes digestifs (tympanismes sévères, diarrhées voire mortalité) établie par Drochner *et al.* (1983) n'est pas vérifiée dans cette étude.



**Figure 4** – Probabilité d'observer des problèmes digestifs selon le ratio bactéries lactiques/entérobactéries (ajustement du modèle GLM)

Aussi, une mortalité accrue en élevage (toutes causes confondues) est associée à une baisse du pH de la soupe ou de la présoupe. Pourtant, un effet favorable de la soupe sur le plan sanitaire et une moindre prévalence des pathologies digestives a été mise en évidence, en particulier quand celle-ci a un pH avoisinant 4 (Hansen *et al.*, 1998, Mikkelsen *et al.*, 1998 et Van Der Wolf *et al.*, 2001).

La probabilité d'observer des comportements agressifs et du cannibalisme augmente avec l'augmentation du ratio bactéries lactiques/entérobactéries.

Ces derniers résultats inattendus et l'absence de lien entre la baisse de performances et la flore microbologique sont probablement liés au caractère multifactoriel des problématiques en question, pour lesquelles la flore microbologique des soupes ne ressort pas comme l'unique prédicteur. Aussi, il est probable que le contexte d'élevage (sanitaire, bâtiment, conduite, etc.) impacte la sensibilité des animaux et module leur réaction face à un déséquilibre de la flore microbologique de la soupe.

#### CONCLUSION

Cette étude terrain a mis en évidence une grande variabilité des paramètres microbiologiques des soupes en élevage.

Le pH ressort comme un indicateur intéressant pour approcher l'équilibre de la flore microbologique, étant corrélé au niveau d'entérobactéries et plus largement au ratio bactéries lactiques/entérobactéries. L'acidification de la soupe semble ainsi être une sécurité vis-à-vis des entérobactéries.

Au vu des résultats de cette étude, il paraît nécessaire d'être vigilant quant à la gestion de la présoupe (fond de cuve, temps de stockage, entretien, etc.), la qualité du stockage des matières premières et l'hygiène des circuits de distribution de soupe afin de limiter le développement des levures, moisissures et entérobactéries. Ces résultats devraient être complétés par la prise en compte d'autres facteurs susceptibles d'influer sur la flore microbologique de la soupe tels que la longueur du circuit, la fréquence et méthode d'entretien des installations, la configuration du circuit de distribution de soupe (épi/boucle), etc.

Une relation entre les problèmes digestifs et la flore microbiologique de la soupe a été établie. La flore microbiologique est donc un paramètre nutritionnel important à analyser en élevage, en plus de ceux couramment étudiés (courbe d'alimentation, formulation, caractérisation et qualité des matières premières, etc.). Pour affiner le conseil en élevage, il serait intéressant de déterminer des seuils critiques pour le pH et pour les différents paramètres microbiologiques.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les éleveurs, les techniciens et les vétérinaires ayant participé à la collecte des données ainsi que Maela Kloareg (société Kuzulia) pour son appui sur les analyses statistiques.

**Tableau 4** – Impact de la flore microbiologique et du pH de la soupe sur les constats effectués en élevage<sup>1</sup>

Constats en élevage	Effectifs par groupe	pH	Bactéries lactiques / Entérobactéries	Levures (log 10 UFC/g)	Moisissures (log 10 UFC/g)
<b>Baisse de performances</b>		<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>
Oui	43	4,82	4,45	6,07	3,94
Non	91	4,84	4,30	5,86	3,97
<b>Problèmes digestifs</b>		<b>NS</b>	<b>*</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>
Oui	71	4,87	4,04	5,81	4,02
Non	63	4,79	4,70	6,06	3,90
<b>Mortalité accrue</b>		<b>*</b>	<b>NS</b>	<b>*</b>	<b>NS</b>
Oui	84	4,76	4,37	5,83	3,89
Non	50	4,96	4,30	6,09	4,10
<b>Agressivité et/ou cannibalisme</b>		<b>NS</b>	<b>†</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>
Oui	14	4,79	4,99	6,28	4,34
Non	120	4,84	4,27	5,89	3,92
<b>Animaux d'apparence saine</b>		<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>
Oui	19	4,97	4,09	6,04	3,90
Non	115	4,81	4,39	5,91	3,98

<sup>1</sup>Les chiffres correspondent aux moyennes brutes observées dans chaque groupe ; La significativité du modèle linéaire généralisé est indiquée par † : p-value < 0,1 ; \* : p-value < 0,05 ; NS : non significatif

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFFSA, 2004. Bonnes pratiques de fabrication de l'ensilage pour une meilleure maîtrise des risques sanitaires. Andrieu J.P., Brunschwig P., Gaillard F., Griess D., Heuchel V., Paragon B.M., Piriou B., Valentin S., Weiss P., AFSSA, Maison-Alfort, 119 p.
- Boudra H., 2002. La contamination par les moisissures et les mycotoxines des fourrages conservés. Signification et prévention. Renc. Rech. Ruminants, 9, 17-23.
- Castaing J., Coudure R., 1999. Utilisation d'un mélange d'acides organiques non corrosifs pour la conservation du maïs grain humide inerté et effet de l'acidification de la ration chez le porc. Journées Rech. Porcine, 31, 231-237.
- Delhalle L., Daube G., Adolphe Y., Crevecoeur S., Clinquart A., 2012. Les modèles de croissance en microbiologie prévisionnelle pour la maîtrise de la sécurité des aliments (synthèse bibliographique). Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 16(3), 369-381.
- Drochner W., Scholz H., Hertrampf B., 1983. Untersuchungen über die Zusammensetzung von Mischfuttermitteln für Ferkel und Mastschweine sowie Einzelfuttermitteln in Problembeständen (ein Erfahrungsbericht). Dtsch. tierärztl. Wochenschr., 90, 121-128.
- Geary T.M., 1997. Improving the performance of weaned pigs through developments in liquid feeding. Thèse de doctorat. Univ. Plymouth, Plymouth, United Kingdom, 255 p.
- Hansen I.D., 1987. Beretning n° 139. Biotechnisk Institut Eds, Kolding, 57 p.
- Hansen I.D., 1998. Rapport n°98-10-01. Biotechnisk Institut Eds, Kolding, 28 p.
- Jakob E., Eugster E., 2016. Sécurité alimentaire du fromage : procédés de traitement du lait de fromagerie. Recherche Agronomique Suisse, 7, 476-483.
- Martineau G.P., Morvan H., Decoux M., 2008. Le syndrome de distension intestinale porcin (SDIP) (« l'entérotaxémie »). Journées Rech. Porcine, 40, 33-42.
- Mikkelsen L.L., Jensen B.B., 1998. Performance and microbial activity in the gastrointestinal tract of piglets fed fermented liquid feed at weaning. J. Anim. Feed Sci., 7, 211-215.
- Raubaud P., Ducluzeau R., 1989. Etude de la colonisation bactérienne du tractus gastro-intestinal à l'aide de modèles expérimentaux. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz., 8(2), 361-373.
- Roy H., 2004. Réussir son ensilage de maïs humide. Terra, 343, 42-43.
- Royer E., Moundy G., Albar J., Martineau G.P., 2002. Evaluations quantitatives de l'hygiène des différents maillons des machines à soupe. Proc. Symposium ISPAIA – SOGEVAL « De la démarche hygiène à la biosécurité », Ploufragan, France, pp, 39-53.
- Royer E., Moundy G., Albar J., Martineau G.P., 2003. Cinétique de la contamination microbiologique de la machine à soupe après nettoyage-désinfection. Techniporc, 26(4), 27-34.
- Royer E., Moundy G., Albar J., Martineau G.P., 2004. Analyse descriptive du degré d'hygiène microbiologique de la machine à soupe dans neuf élevages porcins : 1 - Influence des différents maillons du circuit. Revue Méd. Vét., 155, 609-618.
- Royer E., Moundy G., Albar J., Martineau G.P., 2005. Analyse descriptive du degré d'hygiène microbiologique de la machine à soupe dans neuf élevages porcins : 2 - Influence des soupes résiduelles et des aliments. Revue Méd. Vét., 156, 23-28.
- Touarin E., 1994. Evolution de la flore bactérienne des aliments pour porcs distribués sous forme liquide. Thèse de doctorat. Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes, Nantes, France, 111 pp.
- Van Der Wolf P.J., Lo Fo Wong D.M., Wolbers W.B., Elbers A.R., Van Der Heijden H.M., Van Schie F.W., Hunneman W.A., Willeberg P., Tielens M.J., 2001. A longitudinal study of salmonella enterica infections in high- and low-seroprevalence finishing swine herds in the Netherlands, Vet. Quarterly, 23, 116-121.