

Description par une approche méta-analytique des réponses d'ingestion et de croissance de porcelets sevrés soumis à une infection bactérienne digestive

Hélène PASTORELLI (1,2), Jaap VAN MILGEN (1,2), Paulo Alberto LOVATTO (3), Lucile MONTAGNE (1,2)

(1) INRA, UMR1079 SENAH, F-35590 Saint-Gilles, France

(2) Agrocampus Ouest, UMR1079 SENAH, F-35000 Rennes, France

(3) Universidade Federal de Santa Maria, Campus Camobi, Santa Maria, RS, 97105-900, Brésil

montagne@agrocampus-ouest.fr

Description par une approche méta-analytique des réponses d'ingestion et de croissance de porcelets sevrés soumis à une infection bactérienne digestive

La perturbation de la santé diminue l'ingestion volontaire et la croissance des animaux. Les objectifs de ce travail sont de décrire en fonction du temps, par méta-analyse, la baisse d'ingestion et de croissance observée chez des porcelets sevrés soumis à des infections bactériennes digestives. La base de données utilisée regroupe les valeurs de consommation moyenne journalière et de gain moyen quotidien de porcelets expérimentalement infectés, issues de 29 essais publiés. Les réponses en fonction de la durée de la période de mesure, sont modélisées à l'aide des fonctions linéaire- ou curvilinéaire-plateau. L'analyse de la corrélation entre croissance et ingestion permet de quantifier la baisse de croissance non liée à la baisse d'ingestion. L'amplitude maximale de la réponse est plus importante pour la croissance que pour l'ingestion (-85% vs -15% de différence entre animaux infectés et témoins en % des témoins). L'ingestion des animaux perturbés recouvre celle des témoins plus de 40 jours après le début de l'infection. Le plateau est atteint plus rapidement pour la croissance (15 jours), mais la vitesse de croissance des animaux ayant subi l'infection reste inférieure de 8%. La réduction de la croissance non expliquée par la baisse d'ingestion, dépend du temps de la mesure. Pour conclure, ce travail peut être un préalable à la prise en compte de phases de perturbation de la santé, dans des modèles de prédiction de la croissance des porcs.

Description, using meta-analysis approach, of the change in voluntary feed intake and growth in weaned piglets following a gastrointestinal bacterial infection

An upset or disruption in animal health negatively affects voluntary feed intake and growth. The aim of this study was to describe, using meta-analysis, the impact of a gastrointestinal bacterial infection on the dynamic response of feed intake and growth in weaned piglets. The database consisted of 29 experiments published in peer-reviewed journals. It contained data on average daily feed intake and growth rate of piglets infected experimentally, mainly by *Escherichia coli*. The dynamic response was modelled using linear- or curvilinear-plateau functions. Correlation analyses between feed intake and growth made it possible to quantify the decrease in growth rate that was not directly due to the decrease in feed intake. The magnitude of the response following the challenge was greater for growth than for feed intake; the reduction in growth observed (expressed relative to the control treatment) was 85% whereas the reduction in feed intake was 15%. Feed intake of infected piglets returned to that measured in control piglets 40 days after the beginning of the infection. The return to higher growth rates took less time (15 days) but the growth rate of infected piglets was 8% lower than that of the control groups. The decrease in growth rate that was not explained by a decrease in feed intake was affected to the time of the measurements. These results are a step forward in quantifying the impact of health upsets in predictive growth models of pigs.

INTRODUCTION

Immédiatement après le sevrage, l'immaturation et la fragilité du système digestif du porcelet accroît le risque d'infections bactériennes (Lallès *et al.*, 2007). Ces dernières contribuent au phénomène d'anorexie, au ralentissement de la croissance et aux diarrhées souvent associés à cette période critique de l'élevage du porc. L'impact technico-économique de ce type de perturbation de la santé suscite l'intérêt d'intégrer le facteur santé dans les modèles de prédiction de la croissance des porcs pour à terme, être capable de prédire les conséquences d'un problème de santé sur l'ingestion et la croissance.

Les mécanismes responsables de la réduction de l'ingestion lors d'une perturbation de la santé ne sont pas clairement définis. Cette réduction peut être une conséquence de l'exposition au pathogène avec un effet direct sur l'appétit de l'animal perturbé (Kyriazakis *et al.*, 1998).

Une part de la réduction d'ingestion peut également être associée à une stratégie de défense de l'hôte, à travers la stimulation de son système immunitaire (Sandberg *et al.*, 2006). En effet, lors d'une exposition à un pathogène, plusieurs composés sont sécrétés par l'animal lors de la réponse immunitaire, tels que des cytokines qui sont fortement anorexigènes (Balaji *et al.*, 2002).

La réduction de croissance résulte pour une part, directement de la réduction de l'ingestion, et pour une autre part d'une réduction de l'efficacité alimentaire. Cette baisse d'efficacité en lien avec les dommages provoqués par le pathogène, peut être la conséquence d'une réduction de la capacité digestive de l'hôte, ainsi qu'une augmentation des besoins pour l'entretien et la réponse immunitaire (Sandberg *et al.*, 2007). Ces conséquences sur l'ingestion et la croissance ne sont pas fixes, mais évoluent dans le temps.

Des modèles ont été proposés pour prédire les effets d'une perturbation de la santé sur l'ingestion et la croissance du porc (Sandberg *et al.*, 2006 ; Kyriazakis et Doeschl-Wilson, 2009). Chacun admet la présence d'une phase aigüe qui correspond à la réduction maximale de la réponse, suivie d'une phase progressive de récupération.

Cependant, il existe un manque important dans la littérature en termes d'intégration des données et de description quantitative en fonction du temps des réponses d'ingestion et de croissance d'animaux perturbés.

Les objectifs de ce travail sont de décrire en fonction du temps, d'une part la baisse d'ingestion et de croissance de porcelets sevrés soumis à une infection bactérienne digestive et d'autre part la relation entre baisse d'ingestion et baisse de croissance.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Construction d'une base de données

1.1.1. Choix des données

Une base de données initialement constituée de 87 essais publiés (Lovatto *et al.*, 2009) a été complétée depuis à 122 essais parus entre 1968 et 2009.

Ces essais rapportent les résultats de consommation moyenne journalière (CMJ) et de gain moyen quotidien (GMQ) de porcelets sevrés soumis expérimentalement à différents types de perturbation de la santé, telle qu'une infection bactérienne ou virale, une infestation parasitaire, une intoxication alimentaire par des mycotoxines, une inflammation ou une dégradation des conditions sanitaires de logement.

La sélection des essais à intégrer dans la base a reposé sur deux principaux critères : 1) essais testant l'effet d'au moins une des 6 perturbations sur les deux variables dépendantes à étudier, soit le GMQ et la CMJ ; 2) essais contenant un traitement témoin c'est-à-dire un lot d'animaux ne subissant pas la perturbation expérimentale.

Toutes les informations disponibles liées à l'animal (nombre par traitement, âge initial, poids vif, sexe...) et aux conditions expérimentales (durée de l'essai, type de logement, composition et valeur nutritive de l'aliment, stade physiologique, température ambiante des bâtiments...) ont été renseignées dans la base de données.

1.1.2. Gestion des données

Chaque essai de la base est encodé selon la méthode de Sauvart *et al.* (2008).

Dans la base de données plusieurs essais ont étudié en plus de l'effet d'un type de perturbation de la santé, l'effet concomitant d'un ou plusieurs facteurs expérimentaux et principalement des facteurs alimentaires (régime riche ou pauvre en fibres par exemple...).

Au sein d'un même essai, il peut ainsi y avoir plusieurs traitements « témoins » et « perturbés ».

Par ailleurs, pour tous les essais, les traitements sont systématiquement étudiés sur une période de mesure moyenne entre le début de la perturbation et la mesure de poids vif et de consommation finale.

Parmi ces essais certains étudient en plus de cette période qualifiée de période expérimentale totale, des périodes de mesures successives. Celles-ci correspondent à l'effet intra-expérience c'est-à-dire que dans chaque essai, chaque traitement possède un propre codage réitéré pour chaque période de mesure.

Finalement, l'unité expérimentale de la base de données est la ligne qui correspond à un lot d'animaux de même âge subissant un même traitement sur une même période de temps dans un essai donné.

Ce présent travail concerne un sous ensemble de la base de données qui rassemble les essais étudiant l'effet d'une infection bactérienne digestive sur des porcelets sevrés. Par ailleurs seule la période expérimentale totale et la première période de mesure après le début de l'infection, qualifiée de période immédiate, sont étudiées ici.

Les réponses d'ingestion ($\Delta\text{CMJ}\% \text{Control}$) et de croissance ($\Delta\text{GMQ}\% \text{Control}$) ont été calculées intra-expérience comme la différence de CMJ et de GMQ entre le traitement perturbé et le traitement témoin respectif rapportée en pourcentage de ce dernier. Cette expression permet de standardiser la réponse par rapport au poids vif en limitant le biais lié à l'âge de l'animal et ainsi prendre en compte une part importante de la variabilité inter-expérience.

1.2. Méta-dispositif et analyses statistiques du sous ensemble sélectionné

1.2.1. Description de la sous base

Les principales caractéristiques des essais de la sous base sont présentées dans le tableau 1. Les statistiques descriptives de chacune de ces caractéristiques ont été obtenues à l'aide du logiciel Minitab v.15 (2007).

La sous base sélectionnée rassemble 29 essais, dont 12 ont étudié en plus de la période expérimentale totale, des périodes de mesures successives et par conséquent une période immédiate. Au total, la sous base est constituée de 135 unités expérimentales correspondant aux 90 traitements présents (dont 39 traitements témoin), parmi lesquels 45 (dont 17 traitements témoin), ont été mesurés sur les deux périodes étudiées.

La perturbation digestive est principalement obtenue avec une infection expérimentale par *Escherichia coli* et dans une moindre mesure *Salmonella typhimurium* (3 essais). A l'exception d'un essai réalisé en début de croissance à un poids vif de 40 kg, l'ensemble des mesures est réalisé durant la phase de post-sevrage à un poids vif moyen de 9,5 kg. L'âge au début de l'essai coïncide à deux jours près avec celui du sevrage. La période expérimentale totale est en moyenne de 17 jours, contre 8 jours pour la période immédiate. La composition nutritive des aliments est faiblement renseignée à l'exception de la teneur en énergie digestible (précisée dans 52% des traitements) et de la teneur en protéines brutes (67%). Les performances des animaux témoins correspondent à des valeurs attendues pour le post-sevrage. La forte variabilité et l'importante étendue dans les données des caractéristiques expérimentales soulignent l'importance des différences inter-expériences.

1.2.2. Analyses statistiques des réponses d'ingestion et de croissance

Les réponses d'ingestion et de croissance ont dans un premier temps été modélisées en fonction de la durée de la période expérimentale totale à partir des fonctions linéaire- plateau (1) et curvilinéaire-plateau (2) à l'aide de la procédure NLIN du logiciel de statistique SAS v.8. Les paramètres L, a et T1 correspondent respectivement à la valeur au plateau, à la différence entre l'ordonnée à l'origine et le plateau et à la durée nécessaire pour atteindre le plateau. L'hypothèse du plateau nul a été testée pour chacune des réponses avec un test de Fisher par comparaison du modèle avec un L différent de 0 et du même modèle mais avec un L nul.

$$(1) y = (\text{durée} > T1) * L + (\text{durée} \leq T1) * ((-a/T1) * (\text{durée} - T1) + L)$$

$$(2) y = (\text{durée} > T1) * L + (\text{durée} \leq T1) * (a + (-2 * a/T1) * \text{durée} + (a/T1 ** 2) * \text{durée} ** 2 + L)$$

La relation entre les deux réponses a ensuite été étudiée pour les deux types de période de mesures (totale et immédiate) à l'aide de la procédure GLM du logiciel Minitab.

La réponse d'ingestion ($\Delta\text{CMJ}\% \text{Control}$) a été utilisée comme co-variable et le type de période comme facteur fixe, en incluant l'interaction entre réponse d'ingestion et période de mesure. Le test de Tukey a été utilisé pour la comparaison des paramètres de la régression.

Au vu de l'hétérogénéité dans les essais, la valeur de significativité tolérée dans ce travail est de 10%.

Tableau 1 - Principales caractéristiques des essais utilisés dans la sous base.

	N ¹	Moyenne ±ET	Min	Max
Caractéristiques du protocole				
Nombre d'animaux	90	14±12	4	72
Age au sevrage (j)	88	30±11	17	49
Age initial (j)	88	32±11	18	49
Durée expérimentale totale (j)	90	17±9	2	39
Durée de la période immédiate (j)	45	8±4	3	13
Poids vif initial (kg)	72	9,5±5,9	5,8	38,2
Température ambiante (°C)	42	22,5±0,9	20,8	24,5
Caractéristiques des aliments²				
Energie digestible	47	14,9±0,5	14,5	16,0
Energie nette	21	8,8±1,0	7,7	10,5
Protéines brutes	67	20,2±2,0	12,0	23,3
Lysine totale	28	1,33±0,15	1,10	1,60
Calcium	22	0,76±0,06	0,69	0,90
Phosphore digestible	18	0,42±0,05	0,37	0,50
Performances des animaux témoins et réponses des animaux infectés				
CMJ (kg) ³	39	0,70±0,41	0,13	1,89
GMQ (kg) ⁴	39	0,43±0,26	0,05	1,10
$\Delta\text{CMJ}\% \text{Control}$ ⁵	51	-8±12	-48	+15
$\Delta\text{GMQ}\% \text{Control}$ ⁵	51	-15±25	-75	+58

¹Nombre de traitements où la caractéristique est renseignée ; ²Exprimées en % de l'aliment exceptées pour l'énergie exprimée en MJ/kg ; ³Consommation moyenne journalière ; ⁴Gain moyen quotidien ; ⁵Différence de CMJ et de GMQ entre le traitement perturbé et le traitement témoin en % de la valeur du témoin.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

En moyenne une infection bactérienne digestive conduit à une baisse d'ingestion de 8% et à un retard de croissance de 15%, comparativement aux porcelets non infectés (Tableau 1).

Ces résultats soutiennent le postulat qu'une part de la baisse de croissance observée lors d'une perturbation de la santé ne s'explique pas uniquement par la baisse d'ingestion (Sandberg *et al.*, 2007). Ce qui sous entend une modification dans l'utilisation et la répartition des nutriments entre les fonctions de croissance et d'entretien (voir partie 2.2).

Les réponses d'ingestion et de croissance s'étendent de manière importante (-48% à +15% et -75% à +58%, respectivement) traduisant de fortes variabilités inter-expériences, liées aux différentes conditions expérimentales (logement, animal...), mais également intra-expériences, liées aux différences de traitements principalement alimentaires (régimes enrichis en fibres ou en protéines...).

Par ailleurs, une valeur positive dans les réponses d'ingestion et surtout dans les réponses de croissance peut être associée à des performances moindres chez les animaux du traitement témoin.

2.1. Effet de la durée de la période expérimentale totale

2.1.1. Sur la réponse d'ingestion (figure 1a)

La réduction maximale de l'ingestion est d'environ 15% (tableau 2) au début de l'infection. Celle-ci est estimée de manière relativement similaire entre les deux modèles (-14% pour le modèle linéaire-plateau et -15% pour le modèle curvilinéaire-plateau). De même pour les deux modèles, la valeur estimée du plateau n'est pas significativement différente de 0 ($P > 0,10$). Ceci reflète une récupération totale pour les porcelets perturbés, du niveau d'ingestion des porcelets témoins. En revanche, l'estimation du temps nécessaire aux porcelets perturbés pour recouvrer une ingestion semblable à celle des porcelets témoins diffère de plus de 20 jours, suivant le modèle. Néanmoins, quel que soit le modèle, ce délai d'atteinte du plateau est très long (39 et 62 jours, respectivement pour le modèle linéaire-plateau et le modèle curvilinéaire-plateau). Cette durée ne coïncide pas avec la cinétique de développement de l'anorexie proposée par Kyriazakis et Doeschl-Wilson (2009) lors d'une infection par des microorganismes tels que des bactéries digestives. En effet, les caractéristiques de l'anorexie sont très dépendantes du type de pathogène. Pour les bactéries, elle apparaît rapidement, de l'ordre de quelques heures après le début de l'infection et ne dure que quelques jours. L'absence dans l'ajustement proposé ici de l'observation d'une anorexie transitoire et d'une récupération rapide suggère que les modèles ne sont pas optimaux dans l'estimation de la réponse d'ingestion. Ce qui peut être relié au manque de données disponibles pour des durées de mesure inférieures à 7 jours.

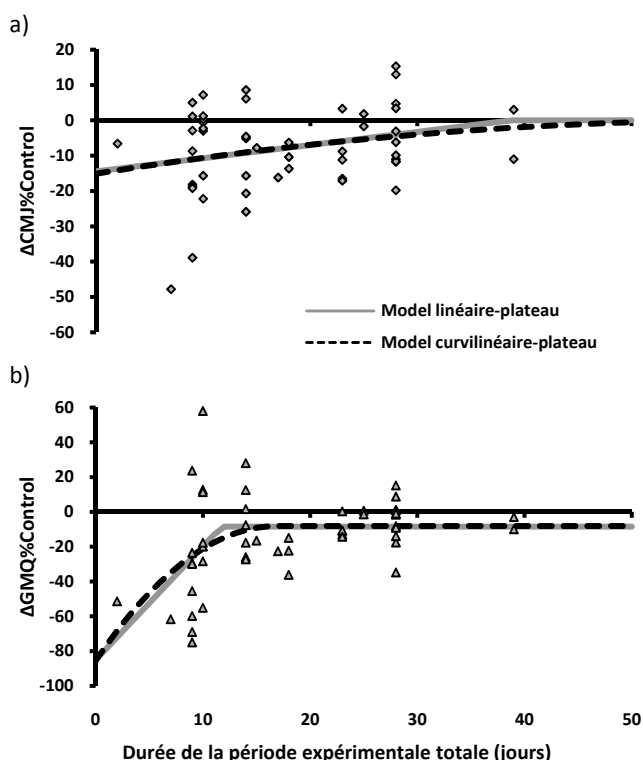


Figure 1 - Ajustement par un modèle linéaire- ou curvilinéaire-plateau des réponses d'ingestion (a) et de croissance (b) en fonction de la durée de la période expérimentale totale de porcelets sevrés soumis à une infection bactérienne digestive

2.1.2. Sur la réponse de croissance (figure 1b)

L'estimation par les modèles linéaire- et curvilinéaire-plateau ($P < 0,01$), de l'ensemble des paramètres est très proche et la

réponse de croissance semble correctement ajustée par les deux modèles (57% et 55% de la variabilité expliquée par les modèles linéaire- et curvilinéaire-plateau, respectivement). La vitesse de croissance des porcelets perturbés est fortement réduite au début de l'infection avec un maximum de 85% par rapport à celle des porcelets témoins. Puis après une quinzaine de jours (12 jours pour le modèle linéaire-plateau et 17 jours pour le modèle curvilinéaire-plateau) les porcelets perturbés récupèrent mais leur vitesse de croissance reste inférieure de 8% ($P < 0,01$) de celle des porcelets témoins.

L'ajustement proposé ici avec une réduction forte de la croissance, rapidement suivi d'une reprise progressive concorde avec le concept d'arrêt de croissance transitoire durant la phase aigüe de l'infection et de récupération durant la phase de post-infection (Sandberg *et al.*, 2007).

La récupération non totale avec un écart de la vitesse de croissance qui se maintient à 8% entre porcelets perturbés et porcelets témoins soutient la notion de retard de croissance lors d'une perturbation par un pathogène, qui se poursuit au delà de la phase d'infection.

En effet, le potentiel de croissance du porc qui correspond, selon la représentation par un modèle linéaire-plateau d'Emmans et Fisher (1986), à une limite supérieure pour la croissance, serait nécessairement réduit durant l'exposition à un pathogène (Escobar *et al.*, 2004).

Par ailleurs, l'ampleur de la différence de croissance entre animaux perturbés et témoins lors de la phase de post-infection serait directement liée à la durée de l'arrêt de croissance transitoire lors de la phase aigüe (Sandberg *et al.*, 2007). Ces conséquences sur la croissance étant très dépendantes du type de pathogène (dose, virulence) et de la capacité de l'hôte à résister et à se défendre (Sandberg *et al.*, 2006).

Ainsi, la durée nécessaire à la récupération partielle de cette croissance, peut refléter une adaptation métabolique de l'animal naïf dans l'acquisition puis l'expression de l'immunité qui est fonction du temps de développement du pathogène (Coop et Kyriazakis, 1999).

Tableau 2 - Estimations pour les réponses d'ingestion et de croissance des paramètres obtenus pour les modèles linéaire-plateau (LP) et curvilinéaire-plateau (CLP).

Paramètres	Ingestion $\Delta CMJ\%Control^1$		Croissance $\Delta GMQ\%Control^1$	
	LP	CLP	LP	CLP
L	0	0	-8,5	-8,1
a	-14,4	-15,1	-76,6	-77,3
T1	38,8	61,9	11,7	17,0
Ordonnée à l'origine ²	-14,4	-15,1	-85,1	-85,5
P regression ³	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01
R carré ⁴	50%	50%	57%	55%
ETR ⁵	12	12	23	23

¹ Différence de CMJ et de GMQ entre le traitement perturbé et le traitement témoin en % de la valeur du témoin ; ² Calculée par la somme de L et a ; ³ Probabilité d'estimation de la régression ; ⁴ Coefficient de détermination de l'ajustement du modèle calculé comme la différence de la somme des carrés expliquée par le modèle et la somme des carrés totaux ; ⁵ Ecart-type résiduel calculé par la racine carré du carré moyen des erreurs (ou variance résiduelle).

Les conséquences d'une infection bactérienne digestive sont plus importantes sur la croissance que sur l'ingestion en termes de réduction maximale (-85% vs -15%, respectivement) et de niveau de récupération (-8% vs 0%, respectivement). Cette différence d'amplitude peut en partie expliquer que la variabilité résiduelle, c'est à dire non expliquée par le modèle, de la réponse de croissance (23%) soit supérieure à celle de l'ingestion (12%), indépendamment des deux types d'ajustement (linéaire-et curvilinéaire-plateau).

Au delà des facteurs interférents inter- et intra-expériences, liés au type de pathogène, au degré de résistance de l'hôte, au protocole expérimental de chaque essai (Sandberg *et al.*, 2007), cette forte variabilité de la réponse de croissance peut également résulter de la variabilité liée à la réponse d'ingestion cumulée à celle de la réponse métabolique.

2.2. Effet des périodes totale et immédiate sur la baisse de croissance non liée à la baisse d'ingestion

L'ajustement de la relation entre la réponse d'ingestion et la réponse de croissance de porcelets soumis à une infection bactérienne digestive est linéaire sur les deux périodes de mesure étudiées (figure 2). Le modèle de variance-covariance proposé ici explique 50% de la variabilité.

D'après les valeurs moyennes estimées par le modèle (LSmean) pour chacune des périodes, la réduction moyenne de la croissance est significativement plus forte ($P=0,01$) sur les premiers jours de l'infection (-20%), que sur l'ensemble de la période expérimentale (-9%).

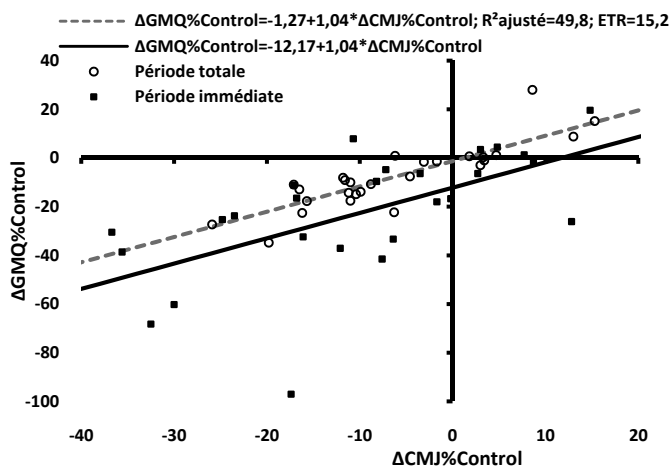


Figure 2 - Régression linéaire de la réponse de croissance en fonction de la réponse d'ingestion pour chacune des périodes (totale et immédiate)

La variabilité dans la réponse est également plus importante en période immédiate qu'en période totale. Ceci traduit un effet plus atténué de la réponse en période totale lié au biais créé lors de la mesure de CMJ et de GMQ sur cette période qui couvre la phase aigüe de l'infection et la phase de récupération.

L'écart significatif de 11% entre les valeurs moyennes de réduction de la croissance des périodes immédiate et totale reflète l'effet de la période de mesure sur l'ordonnée à l'origine. L'interaction entre la période de mesure et la réponse d'ingestion n'est pas significative : les pentes sont donc identiques entre les périodes et égales à 1,04.

D'un point de vue biologique la pente peut correspondre à un indicateur négativement lié à l'efficacité alimentaire, tandis

que l'ordonnée à l'origine correspond à la part de la baisse de croissance non liée à la baisse d'ingestion (c'est-à-dire pour une différence d'ingestion nulle entre animaux perturbés et animaux témoins). En période immédiate, cette part de baisse de croissance est presque dix fois supérieure à celle de la période totale. Cet écart peut s'expliquer par la perte d'eau que subit l'animal soumis à une perturbation digestive lors de diarrhées, ce qui diminue le poids vif des animaux et sous-estime la vitesse de croissance.

La baisse de croissance non liée à la baisse d'ingestion peut être exprimée en % de la baisse de croissance moyenne. Cette valeur est de 61% ($12,2/20 \times 100$) en période immédiate et de 14% ($1,3/9 \times 100$) en période totale.

Ainsi, seule 39% de la baisse de croissance peut être reliée à la baisse d'ingestion en période immédiate contre 86% en période totale. Ceci peut suggérer une adaptation de l'animal à travers l'évolution de l'infection, avec une modification des mécanismes métaboliques en lien avec la mise en place du système de défense de l'hôte.

La part de la baisse de croissance non liée à la baisse d'ingestion peut résulter en outre d'une perte de l'efficacité digestive de l'hôte. En effet, lors d'une perturbation de la santé par un pathogène qui cause des dommages du tractus gastro-intestinal, la capacité de l'hôte à digérer et à absorber la matière organique peut être altérée entraînant une réduction de la disponibilité des nutriments (Turk, 1972). Cette altération est probablement fonction de l'étendue des dommages causés par le pathogène.

Ces dommages entraînent des coûts importants, en termes de besoins nutritionnels, pour réparer les tissus et les cellules endommagés et pour remplacer les fluides perdus.

Par ailleurs, les besoins métaboliques en protéines et en énergie pour soutenir les fonctions de défense, la réponse inflammatoire et générer la fièvre sont accrus lors d'une perturbation de la santé (Le Floch *et al.*, 2004).

En effet, la réponse immunitaire conduit à des besoins spécifiques pour certains acides aminés indispensables à la production d'une importante quantité de certains composés azotés tels que des cytokines, des anticorps, des protéines de la phase aigüe ou encore des cellules spécifiques de l'immunité.

Ces coûts liés à l'expression de l'immunité peuvent également expliquer cette part de la baisse de croissance non expliquée par la baisse d'ingestion, même s'ils semblent être moins important que ceux associés aux dommages causés par le pathogène (Sandberg *et al.*, 2007).

Par conséquent, il est probable que lors d'une perturbation de la santé, les besoins d'entretien incluant le coût associé aux dommages causés par le pathogène soient couverts en priorité. Ainsi, lorsque les ressources en énergie et en protéine sont diminuées, une compétition s'installe quant à la répartition des ressources entre la couverture des besoins nécessaires à la fonction immunitaire et la couverture des besoins pour la croissance (Coop et Kyriazakis, 1999).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Lors d'une infection bactérienne digestive, la croissance des animaux est plus affectée que l'ingestion, quel que soit la phase de l'infection. Ainsi lors de la phase aigüe, les porcelets perturbés ont un retard de croissance maximal de 85%, tandis que la réduction maximale de leur ingéré n'est que de 15% en comparaison à celle des porcelets témoins.

De même durant la phase de post-infection, la récupération de l'ingestion est totale contrairement à la vitesse de croissance qui ne recouvre pas la valeur des témoins (-8%).

Néanmoins, le délai de récupération de l'ingestion est très lent (40 jours) alors que l'atteinte du plateau est plus rapide (15 jours) pour la croissance.

La réponse de croissance dépend linéairement de la réponse d'ingestion et la part de la baisse de croissance non expliquée par la baisse d'ingestion diffère en fonction de la période de mesure.

Cette part est beaucoup plus importante en début d'infection que sur l'ensemble de la période expérimentale soulignant une adaptation de l'animal face au pathogène en lien avec l'acquisition et l'expression de l'immunité.

Les réponses d'ingestion et de croissance de porcelets suite à une infection bactérienne digestive sont très dépendantes du temps. L'étude des mesures répétées de la base de données permettrait d'étudier plus finement les cinétiques de réponse.

De même que la réduction de l'échelle de temps des mesures lors de nouvelles expérimentations *in vivo* permettrait d'affiner ces réponses surtout lors de la phase aigüe.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Balaji R., Wright K.J., Turner J.L., Hill C.M., Dritz S.S., Fenwick B., Carrollt J.A., Zannelli M.E., Beausang L.A., Minton J.E., 2002. Circulating cortisol, tumor necrosis factor-alpha interleukin-1beta, and interferon-gamma in pigs infected with *Actinobacillus pleuropneumoniae*. J. Anim. Sci., 80, 202-207.
- Coop R.L., Kyriazakis I., 1999. Nutrition-parasite interaction. Vet. Parasito., 84, 187-204.
- Emmans G.C., Fisher, C., 1986. Problems of nutritional theory. In: C. Fisher, K.N. Boorman, Ed., Nutrient requirements of poultry and nutritional research, Butterworths, London, 9-39.
- Escobar J., Van Alstine W.G., Baker D.H., Johnson R.W., 2004. Decreased protein accretion in pigs with viral and bacterial pneumonia is associated with increased myostatin expression in muscle. J. Nutr., 134, 3047-3053.
- Le Floc'h N., Jondreville C., Melchior D., Sève B., Matte 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 Rech. Porcine, 36, 159-164.
- Kyriazakis I., Doeschl-Wilson A., 2009. Anorexia during infection in mammals: variation and its sources. In: D. Torrallardona, E. Roura, Ed., Voluntary feed intake in pigs, 307-321.
- Kyriazakis I., Tolkamp B.J., Hutchings M.R., 1998. Towards a functional explanation for the occurrence of anorexia during parasitic infections. Anim. Behav., 56, 265-274.
- Lallès J.P., Bosi P., Smidt H., Stokes C.R., 2007. Nutritional management of gut health in pigs around weaning. Proc. Nutr. Soc., 66, 260-268.
- Lovatto P., Van Milgen J., Kouba M., Andretta I., Montagne L., 2009. Étude méta-analytique de l'effet des challenges sanitaires sur la consommation d'aliment et la croissance du porc. Journées Rech. Porcine, 41, 89-94.
- Sandberg F.B., Emmans G.C., Kyriazakis I., 2006. A model for predicting feed intake of growing animals during exposure to pathogens. J. Anim. Sci. 84: 1552-1566.
- Sandberg F.B., Emmans G.C., Kyriazakis I., 2007. The effects of pathogen challenges on the performance of native and immune animals: the problem of prediction. Animal, 1, 67-86.
- Sauvant D., Schmidely P., Daudin J.J., St-Pierre N.R., 2008. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. Animal, 2, 1203-1214.
- Turk D.E., 1972. Protozoan parasitic infections of the chick intestine and protein digestion and absorption. J. Nutr., 102, 1217-1221.