

Étude des relations entre les caractéristiques immunologiques, hématologiques et biochimiques du compartiment sanguin des porcs et l'appartenance familiale, la race et les performances zootechniques

## Rapport final

Juin 2004 – Décembre 2007

**Christian Klopfenstein <sup>1</sup>**

Collaborateurs :

Joël Rivest <sup>1</sup>, Frédéric Fortin <sup>1</sup>, Pramod Mathur <sup>2</sup>,  
Laurence Maignel <sup>2</sup>, Jenny Phipps <sup>3</sup> et Michel Phipps <sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ)

<sup>2</sup> Centre canadien pour l'amélioration des porcs inc. (CCAP)

<sup>3</sup> PharmaGap Inc.

## ÉQUIPE DE RÉALISATION

Répondant : Christian Klopfenstein

Responsable scientifique du projet : Christian Klopfenstein

Collaborateurs : Joël Rivest, Frédéric Fortin, Pramod Mathur, Laurence Maignel, Jenny Phipps et Michel Phipps

## ÉQUIPE DE RÉDACTION

Élise Gauthier, Monia Tremblay et Christian Klopfenstein, CDPQ

## SITE EXPÉRIMENTAL

Station de Deschambault, site du CDPQ

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Centre d'insémination porcine du Québec (CIPQ) et le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ) pour le financement de ce projet.

Les auteurs remercient Andréanne Caron, étudiante d'été au CDPQ, pour la réalisation des prises de sang sur les porcs et la collecte de données pour ce projet.

© **Centre de développement du porc du Québec inc.**

Dépôt légal 2007

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Bibliothèque et Archives Canada

ISBN 978-2-922276-11-4



# Table des matières

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>2. DESCRIPTION DU PROJET .....</b>	<b>3</b>
2.1 Objectif général .....	3
2.2 Objectifs spécifiques .....	3
<b>3. MATÉRIEL ET MÉTHODES .....</b>	<b>4</b>
3.1 Animaux .....	4
3.2 Mesures de performances.....	4
3.3 Prélèvements sanguins .....	5
3.4 Analyses de laboratoire.....	5
3.5 Traitement des données et analyses statistiques .....	6
<b>4. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>8</b>
4.1 Caractéristiques du compartiment sanguin associées à l'appartenance familiale .....	8
4.2 Effets reliés au sexe et à la race .....	9
4.3 Corrélation entre les caractères sanguins et les indicateurs de performances zootechniques .....	10
<b>5. CONCLUSION.....</b>	<b>11</b>
<b>6. GLOSSAIRE TERMINOLOGIQUE.....</b>	<b>17</b>
<b>7. RÉFÉRENCES .....</b>	<b>19</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b>	Description de la distribution, de la précision et des corrélations intra-portée (CIP) des caractéristiques mesurées sur une population de 144 porcs de 80 kg issus de 75 portées (1 mâle, 1 femelle).....	12
<b>Tableau 2 :</b>	Effets reliés au sexe et à la race sur la variabilité des caractéristiques mesurées sur une population de 144 porcs de 80 kg issus de 75 portées (1 mâle, 1 femelle).....	13
<b>Tableau 3 :</b>	Corrélations partielles <sup>1</sup> entre les caractères mesurés dans le sang sur une population de 144 porcs de 80 kg issus de 75 portées (1 mâle, 1 femelle) et les principaux caractères généralement inclus dans les schémas de sélection génétique - Les corrélations significatives ( $p < 0,05$ ) sont en gras. ....	14

## Liste des figures

<b>Figure 1 :</b>	Illustration de la corrélation entre les valeurs obtenues chez le porcelet 1 et le porcelet 2 de la même portée (corrélation intra-portée). ....	15
<b>Figure 2 :</b>	Illustration de la répétabilité de l'estimation de deux caractères du compartiment sanguin. ....	15
<b>Figure 3 :</b>	Proportion moyenne de lymphocytes CD4+ pour les trois races de porcs.....	16
<b>Figure 4 :</b>	Proportion moyenne de lymphocytes CD8+ pour les trois races de porcs.....	16

## Abréviations

CCAP	Centre Canadien pour l'Amélioration des Porcs Inc.
CDAQ	Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec
CDPQ	Centre de développement du porc du Québec inc.
CD4	Marqueurs des surfaces cellulaires (Cluster of differentiation 4(CD4))
CD8	Marqueurs des surfaces cellulaires (Cluster of differentiation 8(CD8))
CIP	Coefficient de corrélation intra-portée
DDD	Porcs de race Duroc
DRAP	Disease Resistance Assay for Pigs
ED	Énergie digestible
EDTA	Acide éthylène-diamine-tétraacétique (EthyleneDiamineTetraacetic Acid)
FMV	Faculté de médecine vétérinaire
GMQ	Gain moyen quotidien
IC	Indice de conversion alimentaire (rapport aliment/gain)
IPL	Indice de prolifération lymphocytaire
LLL	Porcs de race Landrace
MANOVA	Analyse de variance multivariée (Multivariate Analysis of Variance)
PGAP	PharmaGap
REP	Répétabilité de la procédure d'estimation
SRRP	Syndrome reproducteur et respiratoire porcin
STIM(A-E)	Substances immunostimulantes A-E
YYY	Porcs de race Yorkshire



# 1. INTRODUCTION

---

Les problèmes sanitaires des porcs sont encore très fréquents dans les élevages commerciaux québécois et canadiens. Les méthodes de production intensives et la sélection d'animaux de plus en plus performants sont souvent décrits comme des facteurs qui favorisent la susceptibilité des animaux aux maladies (Merlot, 2005). La sélection génétique des porcs se fait de plus en plus dans des structures de production assainies, c'est-à-dire exemptes de la plupart des agents pathogènes présents dans les élevages commerciaux. Dans ces élevages, il n'est plus possible de mesurer la résistance et/ou la tolérance des animaux aux maladies communes car les animaux ne sont jamais exposés aux agents bactériens ou viraux responsables de ces maladies. Par conséquent, il est impératif de trouver des outils ou des méthodes de travail qui permettront de vérifier la résistance générale ou spécifique des animaux en sélection aux maladies porcines.

Phénotypiquement, la résistance et la tolérance des animaux aux maladies sont appréciées par la capacité à survivre à des maladies jugées mortelles (ex. : fièvre aphteuse) ou à présenter moins de morbidité lors de l'exposition aux pathogènes bactériens ou viraux plus communs (ex. : circovirus porcin type II). La résistance ou la tolérance des animaux à certaines maladies est un concept reconnu par la communauté scientifique (cf. revue de Ducos et Martineau, 2004). Plusieurs reconnaissent que cette résistance et cette tolérance pourraient avoir un déterminisme génétique.

Dans tout le débat scientifique, il faut apporter une précision concernant la différence entre le concept de résistance et celui de tolérance aux maladies. Le centre de recherche Roslin Institute d'Édimbourg définit la résistance comme la « capacité de l'animal à réduire la quantité de pathogènes dans son environnement » alors que la tolérance serait définie par « la capacité de l'animal à accepter la présence d'agents pathogènes sans être sévèrement affecté ». L'observation phénotypique de la survie ou d'une plus grande tolérance à un agent pathogène ne permet pas de distinguer le concept de tolérance de celui de la résistance.

La variation de la réponse des animaux soumis à un agent pathogène s'explique par l'activité de diverses cellules du système immunitaire localisées dans certains organes spécifiques ou en circulation dans le système sanguin. Les principales cellules sanguines impliquées dans la fonction immunitaire sont les lymphocytes, les macrophages, les neutrophiles et les éosinophiles. De plus, la fonction immunitaire dépend également d'interactions complexes avec les hormones, les cytokines, les chimiokines et les autres composantes du système sanguin « protéines, énergie (i.e. glucose) et autres cofacteurs ». Par conséquent, la variation de la réponse des animaux à un agent pathogène s'explique probablement par une variation correspondante de la quantité et/ou de la réponse d'une ou de plusieurs populations cellulaires du système immunitaire.

Plusieurs caractéristiques cellulaires et biochimiques du compartiment sanguin (globules blancs, globules rouges, lymphocytes, monocytes, etc.) peuvent être mesurées par des méthodes de laboratoire de routine disponibles dans divers laboratoires médicaux (ex. : laboratoire de la Faculté de médecine vétérinaire de Saint-Hyacinthe (FMV)). De plus, la compagnie PharmaGap d'Ottawa (PGAP) a développé une méthode de travail novatrice et originale qui permet de mesurer *in vitro* la réponse immunitaire blastogénique des lymphocytes porcins en présence de cinq substances immuno-stimulantes<sup>1</sup>. Toutes ces composantes du système immunitaire, mesurables en laboratoire, sont certainement associées à la fonction immunitaire des porcs.

La variabilité des caractéristiques de la fonction immunitaire entre les individus (phénotype « P ») s'explique par des facteurs génétiques « G » et environnementaux « E ». Les principaux facteurs environnementaux sont ceux qui dépendent de la diversité, la quantité et la temporalité de l'exposition aux antigènes qui affectent la fonction immunitaire. Finalement, les conditions de régie, de logement, de transport (Merlot, 2005) et certains facteurs nutritionnels tels que, par exemple, les bêta-glucanes (Hiss et Sauerwein, 2003; Hurnik et coll., 2004) ou l'acide ascorbique (Schwager et Schultze, 1997), peuvent également moduler la fonction immunitaire. Les caractéristiques sanguines qui varient avec les facteurs génétiques sont les plus susceptibles d'être modifiées par le croisement des races et par la sélection génétique (Henryon et coll., 2002).

Les corrélations entre les caractéristiques du système immunitaire et les performances zootechniques pourraient être indépendantes, favorables (corrélation positive) ou défavorable (corrélation négative). Des travaux canadiens suggèrent que les porcs plus résistants pourraient également présenter des performances zootechniques accrues (Wilkie et Mallard, 1999).

Tous les collaborateurs de ce projet pensent que la mesure de certaines caractéristiques du système immunitaire pourrait permettre de prédire la résistance ou la tolérance des animaux aux maladies porcines. Les caractéristiques du système immunitaire les plus intéressantes, dans un contexte de sélection génétique, sont celles qui présentent le plus de variation entre les races et entre les individus de différentes lignées d'une même race.

---

<sup>1</sup> Disease Resistance Assay for Pigs (DRAP)

## **2. DESCRIPTION DU PROJET**

---

### **2.1 Objectif général**

Étudier les relations entre, d'une part, les caractéristiques immunologiques, hématologiques et biochimiques du compartiment sanguin des porcs et, d'autre part, l'appartenance familiale, la race et les performances zootechniques.

### **2.2 Objectifs spécifiques**

Les objectifs spécifiques de ce projet de recherche étaient les suivants:

- Identifier les indices de prolifération lymphocytaire et les caractéristiques hématologiques et biochimiques basales du sang des porcs qui sont associées à l'appartenance familiale (voir tableau 1);
- Comparer les indices de prolifération lymphocytaire et les caractéristiques hématologiques et biochimiques basales du compartiment sanguin entre les porcs de races Duroc, Landrace et Yorkshire (voir tableau 2);
- Décrire la corrélation entre, d'une part, les indices de prolifération lymphocytaire (PhG DRAP) et les caractéristiques hématologiques et biochimiques du sang des porcs et, d'autre part, les performances zootechniques (gain moyen quotidien, épaisseur de gras dorsal, indice de conversion alimentaire) (voir tableau 3);
- Décrire les corrélations entre les indices de prolifération lymphocytaire et les autres caractéristiques du compartiment sanguin.

## 3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

---

### 3.1 Animaux

Les caractéristiques sanguines de 150 porcs (1 mâle entier et 1 femelle/portée) de trois races pures (Duroc, DDDD, 19 portées; Landrace, LLLL, 20 portées; Yorkshire, YYYY, 36 portées) issus de 56 verrats ont été estimées en fin de période de croissance et finition ( $83 \pm 11$  kg). Ces 75 portées ont été sélectionnées aléatoirement parmi un lot de 92 portées qui provenaient de 20 fermes canadiennes. Tous ces animaux ( $n = 264$ , 2-3 porcelets par portée - 1 mâle, 1 femelle et 1 castrat) ont été sevrés en bas âge (10-14 jours) et transférés dans le local de pouponnière de la station d'évaluation du Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ) au mois d'avril 2004. Après la phase de pouponnière, tous les porcs ont été transférés dans le local de croissance et finition. Les porcs ont été répartis de façon à obtenir environ onze sujets de même sexe par parc et un nombre équilibré de sujets par race à l'intérieur de chacun des 24 parcs utilisés. L'épreuve a débuté après une période d'adaptation de six jours, les porcs ayant alors un poids moyen de  $26,0 \text{ kg} \pm 4,6 \text{ kg}$ .

Les porcs ont reçu un aliment « début » (18,9 % protéine, 3500 kcal ED/kg), un aliment « croissance » (17,6 % protéine, 3500 kcal ED/kg), et un aliment « finition » (16,7 % protéine, 3374 kcal ED/kg) entre, respectivement 25-50 kg, 50-75 kg, 75 kg et l'abattage ( $\approx 105$  kg). La formulation de la ration surpassait les normes nutritionnelles nord-américaines (National Research Council 1998) pour maximiser les performances de croissance des animaux et ainsi permettre la pleine expression de leur potentiel génétique.

Ces porcs provenaient de fermes présentant un bon contrôle des maladies (mortalités faibles en maternité, pouponnière et engraissement) mais avec divers statuts sanitaires en regard du syndrome reproducteur et respiratoire porcin (SRRP). Les porcs de ce lot ont été contaminés par ce virus (sérologie positive vers 80 kg) et ont montré des signes d'infections bactériennes secondaires associés à la prolifération de la bactérie *Streptococcus suis*. Tous les porcelets ont été vaccinés en fin de pouponnière avec un vaccin pour *Mycoplasma hyopneumoniae*<sup>2</sup>. La mortalité en pouponnière et en engraissement a été, respectivement, de 5,32 % et 5,68 %.

Un second groupe de quatre porcs croisés (troupe YL avec un vertrat DD) de même âge-poids a servi de témoin afin d'évaluer la répétabilité de l'estimation des diverses caractéristiques du compartiment sanguin.

### 3.2 Mesures de performances

Le poids, l'épaisseur du gras dorsal à la dixième côte (variable « Gras ») et l'épaisseur de l'œil de longe (variable « Muscle ») ont été mesurés à chaque changement de régime alimentaire ( $\approx 25$  kg,  $\approx 50$  kg,  $\approx 75$  kg), vers 90 kg et avant l'envoi à l'abattoir. La consommation d'aliment a été enregistrée en temps réel pour chaque porc par un système de distribution automatisé<sup>3</sup>. Ces mesures ont permis d'estimer les caractéristiques suivantes : le poids des porcs le jour du prélèvement, le gain moyen quotidien (GMQ) et l'indice de conversion alimentaire (IC) (rapport aliment/gain) entre 40 et 90 kg.

---

<sup>2</sup> Ingelvac M.Hyo<sup>MC</sup> vendu par la compagnie Boehringer Ingelheim

<sup>3</sup> Insentec<sup>MC</sup>

### 3.3 Prélèvements sanguins

Les prélèvements sanguins ont été réalisés une fois par semaine sur une période de quatre semaines. Les paires d'animaux (1 mâle et 1 femelle) provenant des 75 portées de race pure ont été assignées aléatoirement à l'un des quatre jours de prélèvement. Les quatre porcs croisés du groupe témoin ont subi, pour leur part, des prélèvements en double chaque semaine. Les tubes des quatre porcs témoins ont été mélangés avec les tubes des autres porcs et ils ont été identifiés avec des faux numéros d'étiquette afin que les travaux de laboratoire soient réalisés à l'aveugle.

Les prélèvements ont débuté une semaine après le changement de l'aliment « croissance » vers l'aliment « finition ». À chaque prélèvement, trois tubes de sang (7,5 ml/tube) ont été prélevés dans la veine jugulaire des porcs de race pure (1 tube avec de l'EDTA, 1 tube avec de l'héparine de sodium et un tube sec). Le tube « héparine » a été emballé et envoyé par courrier express au laboratoire PGAP à Ottawa. Les deux autres tubes (EDTA et sec) ont été envoyés par courrier express au laboratoire de la FMV de Saint-Hyacinthe. Pour préserver la viabilité des cellules, les tubes ont été emballés dans des boîtes isolées et réfrigérées par un bloc de glace. Dès l'arrivée au laboratoire de PGAP (~ 24 h après le prélèvement), les lymphocytes ont été isolés et congelés. Les caractéristiques hématologiques basales (tube EDTA) ont été estimées dès l'arrivée au laboratoire de la FMV, soit moins de 7 heures après le prélèvement. Après centrifugation des tubes secs, le sérum a été retiré et congelé pour des analyses ultérieures.

### 3.4 Analyses de laboratoire

**Les caractéristiques hématologiques basales** (globules rouges ( $10^{E9}$ c./L); hémoglobine (g/L); hématocrite (%); volume globulaire moyen (fL); concentration globulaire moyenne en hémoglobine (g/L); thrombocytes ou plaquettes ( $10^{E9}$ c./L); protéines totales plasmatiques (g/L); leucocytes ( $10^{E9}$ c./L); neutrophiles ( $10^{E9}$ c./L); éosinophiles ( $10^{E9}$ c./L); basophiles ( $10^{E9}$ c./L); monocytes ( $10^{E9}$ c./L); lymphocytes ( $10^{E9}$ c./L)) ont été quantifiées par un auto-analyseur<sup>4</sup> (Cell-Dyn, modèle 3500) dans le laboratoire d'hématologie de la FMV. La proportion (%) des différents lymphocytes du sang périphérique (Lymphocytes B; Lymphocytes T CD4+; Lymphocytes T CD8+; Lymphocytes T CD4+/CD8+) présents au temps zéro a été estimée par cytométrie de flux par PGAP. Finalement, les caractéristiques suivantes ont été calculées : la concentration basale ( $10^{E9}$ c./L) des quatre sortes de lymphocytes (comptage total x proportion).

**Les caractéristiques biochimiques basales** (protéines totales sériques (g/L); albumines (g/L); azote uréique (mmol/L); glucose (mmol/L); cholestérol (mmol/L); triglycérides (mmol/L)) ont été quantifiées par un auto-analyseur<sup>5</sup> dans le laboratoire de biochimie de la FMV. Finalement, la concentration (g/L) du sérum en globulines (protéines totales - albumines) et celle du plasma en fibrinogène (protéines totales plasmatiques - protéines totales sériques) ont été calculées.

---

<sup>4</sup> Cell-Dyn<sup>MC</sup>, modèle 3500

<sup>5</sup> Beckmann<sup>MC</sup>

**La prolifération des lymphocytes** en présence de cinq substances immuno-stimulantes (Stim A-E) a été estimée *in vitro* par le test laboratoire PGAP<sup>6</sup>. Brièvement, la technique consistait à estimer la prolifération d'un nombre constant de lymphocytes placés dans les puits d'une plaque sur une période de 96 heures. Finalement, pour chaque immuno-stimulant, un indice de prolifération lymphocytaire (IPL (Stim. x)) a été calculé par la méthode suivante :

$$\text{IPL (Stim. x)} = (\text{TPC96x} / \text{TPC0}) / (\text{TPC96} / \text{TPC0}) = \text{TPC96x} / \text{TPC96} \quad \text{Équation 1}$$

- TPC0            Taille de la population cellulaire dans les puits au temps zéro
- TPC96        Taille de la population cellulaire après 96 heures d'incubation sans stimulant
- TPC96x       Taille de la population cellulaire après 96 heures d'incubation en présence du stimulant x

### 3.5 Traitement des données et analyses statistiques

Les résultats des animaux avec des problèmes de santé majeurs (n = 6) ont été retirés des données. La normalité de la distribution de fréquence de chaque caractéristique estimée dans ce projet a été vérifiée. Pour les calculs des tendances centrales et des diverses corrélations, toutes les distributions asymétriques ont été normalisées par une transformation logarithmique.

Chaque caractéristique mesurée sur les porcs a été analysée par le modèle général suivant :

$$Y_{ijklmn} = JP_n + R_k + S_l + F_m + P + g_{j(km)} + e_{ijkmn} \quad \text{Équation 2}$$

$$\text{Var}(Y_{i(j)}) = \sigma_e^2$$

dans lequel  $Y_{ijklmn}$  représente la caractéristique « Y », de l'individu « i », de la portée « j », de la race « k », du sexe « l » en provenance d'une ferme « m », évalué le jour « n ». Le poids des porcs « P » le jour du prélèvement a également été inclus comme co-variable dans le modèle. Les effets reliés au jour du prélèvement « JP », de la ferme « F », de la race « R », du sexe « S » et du poids « P » ont été considérés comme des effets fixes « **XB** » et les effets reliés à la portée «  $g_{j(km)}$  » et au résiduel «  $e_{ijkmn}$  » comme des effets aléatoires « **Zu** ». Les paramètres de ce modèle «  $Y = \mathbf{XB} + \mathbf{Zu} + e$  » ont été estimés par la procédure « MIXED » du logiciel SAS (Littell et coll. 1996). L'importance des effets de race et de sexe a été évaluée par ce modèle avec un seuil de précision de 5 %.

Des corrélations partielles ont été calculées entre, d'une part, le résiduel du même modèle (équation #2) sans la variable « P » et, d'autre part, les variables généralement incluses dans les schémas de sélection génétique : GMQ, IC, Gras, Muscle. Les corrélations significatives (seuil de 5 %) sont présentées dans la section des résultats.

La corrélation intra-portée (CIP), de chaque caractéristique du compartiment sanguin, a été estimée par une « MANOVA » en utilisant la procédure GLM de SAS avec une correction pour les effets JP, R et F. La répétabilité de l'estimation de chaque caractéristique du sang a été calculée par :

---

<sup>6</sup> Disease Resistance Assay for Pigs (DRAP)

$$r = \frac{\sigma_e^2 - \sigma_f^2}{\sigma_e^2}$$

**Équation 3**

dans laquelle  $\sigma_e^2$  représente la composante de variance associée à la variabilité des porcelets dans la portée (Équation 2) et  $\sigma_f^2$  indique la composante qui estime une combinaison de la variabilité intra-individuelle et de la variabilité associée à l'imprécision de l'ensemble de la procédure d'estimation. Cette dernière composante de variance  $\sigma_f^2$  est obtenue à partir des mesures répétées sur les quatre animaux témoins par

$$Y_{ino} = JP_n + e_{in} + f_{ino}$$

**Équation 4**

dans laquelle  $Y_{ino}$  représente la caractéristique « Y » de l'individu « i », obtenue le jour « n » sur le prélèvement « o ». Le jour du prélèvement (JP) a été considéré comme un effet fixe et les effets de l'animal « e » comme un effet aléatoire. L'effet résiduel de ce modèle, représenté par la composante «  $\sigma_f^2$  », estime la différence entre les deux estimations effectuées sur le même individu le même jour.

## 4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

### 4.1 Caractéristiques du compartiment sanguin associées à l'appartenance familiale

La description de la distribution de fréquence (médiane, 5<sup>e</sup> et 95<sup>e</sup> rangs percentiles), la corrélation intra-portée et la répétabilité de l'estimation des caractères évalués dans le compartiment sanguin des porcs sont présentés au tableau 1.

Quatre caractères mesurés dans le compartiment sanguin des porcs sont influencés par l'appartenance familiale « CIP  $\neq$  0,  $p < 0,05$  » soit : le volume globulaire moyen « CIP = 0,64 », la concentration globulaire moyenne en hémoglobine « CIP = 0,55 », la concentration en thrombocytes « CIP = 0,41 » et le nombre de leucocytes « CIP = 0,31 » (tableau 1). Les corrélations intra-portée de certains de ces caractères sanguins sont même supérieures aux corrélations intra-portée des caractères de performances zootechniques tels que l'indice de conversion alimentaire « CIP = 0,41 » et l'épaisseur de longe « CIP = 0,47 » (tableau 1 et figure 1). Il est reconnu que ces deux derniers caractères sont héréditaires. Par conséquent, l'importance des corrélations intra-portée de quatre caractères sanguins suggère un déterminisme génétique. Toutefois, d'autres analyses seront nécessaires avant de conclure qu'ils sont héréditaires.

Les variations du volume globulaire moyen et du nombre de globules rouges sont fortement et inversement associés. Les portées de porcelets avec de gros globules rouges ont moins de globules et ceux avec des plus petits globules rouges en ont plus. La relation inverse entre ces deux caractères est tellement forte que l'hématocrite<sup>7</sup> est similaire entre les porcelets des différentes portées « CIP = 0 ». D'autres études seront nécessaires pour comprendre la signification exacte de cette observation et les conséquences éventuelles sur la réponse immunitaire et/ou les performances zootechniques.

La variabilité de la concentration des thrombocytes (plaquettes) entre les portées est particulièrement intéressante. Les thrombocytes jouent un rôle central pour protéger les tissus lors de la libération de toxines bactériennes. Il est possible de penser que la quantité de thrombocytes permette de moduler la réponse immunitaire des animaux en présence de certaines maladies bactériennes (p. ex. : *Actinobacillus pleuropneumoniae*).

---

<sup>7</sup> L'hématocrite estime la quantité totale de globules dans le sang (nombre x volume)

La répétabilité de l'estimation des caractères sanguins varie de très bonne « REP > 90 % » à moyenne « REP < 50 % » (tableau 1). La plus faible répétabilité de l'estimation de certains caractères peut s'expliquer par une combinaison de la variabilité intra-individuelle<sup>8</sup> et de la variabilité associée à l'imprécision des procédures d'estimation<sup>9</sup>. La méthodologie utilisée dans ce protocole ne permet pas de faire la distinction entre ces deux sources potentielles de variabilité. Toutefois, les connaissances en physiologie animale et la compréhension des techniques de laboratoire permettent de penser que cette imprécision s'explique par une combinaison de ces deux sources de variation. D'une part, on sait que le stress associé aux prises de sang peut modifier les valeurs de certains caractères du compartiment sanguin (Dubreuil et coll. 1993). D'autre part, la nécessité de congeler les lymphocytes avant de réaliser les tests de prolifération lymphocytaire pourrait avoir affecté la répétabilité de la procédure. D'autres travaux seront nécessaires pour mieux comprendre les sources de variabilité qui affectent la répétabilité de l'estimation de certains caractères sanguins.

La répétabilité de l'estimation d'un caractère affecte la capacité du protocole à identifier la présence de corrélation intra-portée significative. Une faible répétabilité de l'estimation d'un caractère atténue l'ampleur de la corrélation observée (Charles 2005; Liu 1988). Cette réalité est bien connue et généralement formalisée par l'équation :

$$\hat{r} = \rho z \quad \text{Équation 5}$$

dans laquelle « r » représente la corrélation observée, « ρ » la corrélation réelle et « z » le facteur d'atténuation. Dans ce projet, le facteur d'atténuation de la corrélation intra-portée est égal à la répétabilité. Par conséquent, il n'est pas possible de conclure à l'absence de corrélation intra-portée pour les caractères qui ont une faible répétabilité telle que celle observée pour les indices de prolifération lymphocytaire avec les stimulants C, D et E.

## 4.2 Effets reliés au sexe et à la race

Les effets du sexe et de la race sur les caractères évalués dans le compartiment sanguin des porcs sont présentés au tableau 2 et aux figures 3 et 4.

La moitié des caractères sanguins (15/31) était, en moyenne, différente entre les trois races étudiées (tableau 2). Ces observations suggèrent que les différentes fonctions physiologiques représentées par ces caractères varient entre les races. Il est particulièrement intéressant de constater que la race Duroc se distingue souvent des deux autres races à plusieurs niveaux :

- Les porcs Duroc ont plus de globules rouges, plus d'hémoglobine, un hémocrite sanguin plus élevé et les titres sérologiques plus importants au regard du SRPP suggèrent une réponse immunitaire plus importante (tableau 2).
- Les indices de prolifération lymphocytaire sont toujours ordonnés de la même façon pour les trois races Duroc < Yorkshire < Landrace (tableau 2). La réponse aux mitogènes est toujours moins importante chez les animaux Duroc.
- La tendance à la moindre réponse des animaux Duroc au mitogène D serait particulièrement intéressante (tableau 2 et figure 4) car une réponse importante à ce mitogène indique des animaux plus susceptibles aux réponses inflammatoires et aux maladies auto-immunes.

<sup>8</sup> Variation réelle de la valeur du caractère entre la collecte du premier et du deuxième tube

<sup>9</sup> Variation associée à une combinaison des différentes étapes nécessaires à l'obtention de la valeur réelle sur l'animal (transport, préparation des échantillons, congélation, etc.)

- Il est intéressant de constater que la proportion moyenne de cellules CD4+ pendant les 96 heures d'incubation dans les puits témoins (CT96 vs CT0) demeure stable chez les animaux Landrace et Yorkshire alors qu'elle augmente chez les animaux Duroc (figure 3).
- Les animaux Landrace ont moins de lymphocytes B que les deux autres races mais une quantité similaire de lymphocytes T (tableau 2). Cette différence numérique se traduit par une plus grande proportion de lymphocytes T (CD4 et CD8) chez ces animaux (voir CT0 aux figures 3 et 4).

L'ensemble des observations suggère que les animaux Duroc et Landrace se distinguent particulièrement les uns des autres. Les observations de cette étude suggèrent qu'il soit possible de moduler plusieurs caractères sanguins associés à la fonction du système immunitaire par le croisement des races. D'autres études seront nécessaires pour vérifier si la mesure des paramètres sanguins permet de prédire la résistance des animaux aux maladies.

Plusieurs caractères sanguins (11/27) étaient, en moyenne, différents entre les deux sexes (tableau 2). La différence des caractères sanguins est probablement un reflet des différences de performances zootechniques qui sont bien connues et documentées pour les mâles et les femelles.

### **4.3 Corrélation entre les caractères sanguins et les indicateurs de performances zootechniques**

Les corrélations entre les caractères mesurés dans le sang et les principaux caractères généralement inclus dans les schémas de sélection génétique sont présentées au tableau 3. Dans l'ensemble, on constate qu'il y a peu de corrélations significatives ( $p < 0,05$ ) entre ces deux catégories de caractères. Les quelques corrélations significatives sont intéressantes :

- Les animaux qui croissent plus vite (GMQ) ont un hémocrite et un volume globulaire moyen plus élevés, moins de monocytes, plus de lymphocytes B, plus d'albumines et moins de globulines, plus d'azote uréique et plus de glucose. Toutes ces corrélations concordent avec un métabolisme plus intense.
- Les corrélations partielles entre les caractères sanguins et l'indice de conversion alimentaire (IC) sont essentiellement les mêmes que celles observées avec le GMQ mais avec un signe inversé. Cette observation va dans le même sens que celle décrite pour le GMQ car les animaux les plus performants ont un IC plus faible.
- On remarque que la plupart des indices de prolifération lymphocytaire (IPL A,B,C et E) sont positivement corrélés avec l'indice de conversion alimentaire. Cette observation suggère une relation entre la fonction immunitaire et l'efficacité alimentaire.

Les corrélations entre les caractères sanguins et les caractères de performance zootechnique sont intéressantes mais elles ne permettent pas de dire si la variation du caractère sanguin est la cause ou la conséquence des meilleures performances zootechniques.

Les corrélations entre les performances zootechniques et les caractères sanguins présentés au tableau 3 ne doivent pas être considérés indépendants car il existe des corrélations entre ces paramètres. La compagnie Pharmagap utilise la technique mathématique des composantes principales pour distinguer les différents facteurs inclus dans les 5 indices de prolifération lymphocytaire. Cette technique est intéressante mais elle n'a pas été développée dans ce rapport.

## **5. CONCLUSION**

---

Ce projet a montré que plusieurs caractéristiques sanguines varient avec la race, le sexe et la portée de naissance. Les observations obtenues par ce projet permettent de mieux cibler les caractères sanguins qui permettraient d'expliquer et, éventuellement de prédire, la réponse immunitaire des animaux aux maladies. Les thrombocytes, le couple « volume globulaire moyen et nombre de globules rouges », et les indices de prolifération lymphocytaire sont certainement des caractères sanguins qui méritent plus d'attention. Des travaux complémentaires seront nécessaires pour comprendre les relations entre ces caractères du compartiment sanguin et la susceptibilité des animaux aux maladies.

Ce travail constitue une première étape dans l'identification de marqueurs sanguins qui pourraient être utilisés pour sélectionner les animaux les plus résistants aux maladies. Toutes les mesures proposées sont faciles à réaliser car elles ne nécessitent qu'une simple prise de sang.

**Tableau 1 :** Description de la distribution, de la précision et des corrélations intra-portée (CIP) des caractéristiques mesurées sur une population de 144 porcs de 80 kg issus de 75 portées (1 mâle, 1 femelle)

<b>Caractéristiques</b>	<b>N</b> <sup>1</sup>	<b>Méd.</b>	<b>5%</b>	<b>95%</b>	<b>CIP</b> <sup>2</sup>	<b>REP</b> <sup>3</sup>
Conversion alimentaire (A/G)	144	2,38	2,13	2,71	0,41	<del>XXXXXX</del>
Oeil de longe (mm)	144	55,1	48,6	62,8	0,47	<del>XXXXXX</del>
Épaisseur du gras dorsal (mm)	144	11,3	8,7	15,5	N.S.	<del>XXXXXX</del>
Gain moyen quotidien (g)	144	849	711	1008	N.S.	<del>XXXXXX</del>
Globules rouges (10 <sup>E9</sup> /L)	144	7,3	6,2	8,2	0,34	96%
Hémoglobines (g/L)	144	122,0	107,0	136,0	N.S. <sup>4</sup>	94%
Hématocrite (%)	144	39%	34%	43%	N.S.	92%
Volume globulaire moyen (fL)	144	54	50	59	0,64	98%
Conc. Glob. Moy. Hémo. (g/L)	144	309	294	319	0,55	89%
Thrombocytes (10 <sup>E9</sup> /L)	143	494	318	733	0,41	88%
Fibrinogène (g/L)	144	5,7	2,8	9,3	N.S.	<del>XXXXXX</del>
Leucocytes (10 <sup>E9</sup> /L)	144	19,1	12,7	27,2	0,31	79%
Neutrophiles (10 <sup>E9</sup> /L)	144	5,3	2,1	10,4	N.S.	87%
Éosinophiles (10 <sup>E9</sup> /L)	144	0,6	0,2	1,6	N.S.	53%
Basophiles (10 <sup>E9</sup> /L)	144	0,0	0,0	0,5	N.S.	60%
Monocytes (10 <sup>E9</sup> /L)	143	1,1	0,2	2,1	N.S.	51%
Lymphocytes (10 <sup>E9</sup> /L)	144	11,6	7,5	17,3	N.S.	74%
Lymphocytes B (10 <sup>E9</sup> /L)	70	7,1	4,4	12,9	<del>XXXXXX</del>	<del>XXXXXX</del>
Lymphocytes T CD4+ (10 <sup>E9</sup> /L)	70	1,4	0,4	2,3	<del>XXXXXX</del>	<del>XXXXXX</del>
Lymphocytes T CD8+ (10 <sup>E9</sup> /L)	70	2,7	1,1	4,6	<del>XXXXXX</del>	<del>XXXXXX</del>
Lymph. T CD4/CD8+ (10 <sup>E9</sup> /L)	70	0,6	0,2	1,0	<del>XXXXXX</del>	<del>XXXXXX</del>
IPL (Stim. A)	144	2,0	1,2	5,2	N.S.	63%
IPL (Stim. B)	144	1,9	1,0	6,4	N.S.	69%
IPL (Stim. C)	144	1,4	0,9	2,9	N.S.	37%
IPL (Stim. D)	144	1,2	0,8	1,7	N.S.	45%
IPL (Stim. E)	144	3,3	1,7	7,4	N.S.	33%
Protéines sériques (g/L)	144	66,5	58,9	75,7	N.S.	99%
Albumines (g/L)	144	37,7	32,1	44,9	N.S.	98%
Globulines (g/L)	144	28,4	21,5	39,4	N.S.	98%
Azote uréique (mmol/L)	144	4,0	2,5	6,2	N.S.	99%
Glucose (mmol/L)	144	4,7	3,7	5,5	N.S.	99%
Cholestérol (mmol/L)	144	2,5	1,9	3,1	N.S.	99%
Triglycérides (mmol/L)	144	0,2	0,1	0,5	N.S.	95%
Titre SRRP (Rapport S/P)	140	1,8	0,7	3,1	N.S.	<del>XXXXXX</del>
Titre circovirus	140	65536	4096	262144	N.S.	<del>XXXXXX</del>

<sup>1</sup> La différenciation lymphocytaire a été effectuée sur les échantillons des mâles seulement.

<sup>2</sup> Corrélation intra-portée avec des corrections pour les effets de la race, de la ferme d'origine et du jour d'analyse

<sup>3</sup> Répétabilité (en anglais reliability) de l'estimation

<sup>4</sup> Non significatif ( $p > 0,05$ )

**Tableau 2 :** Effets reliés au sexe et à la race sur la variabilité des caractéristiques mesurées sur une population de 144 porcs de 80 kg issus de 75 portées (1 mâle, 1 femelle)

Caractéristique	M <sup>1</sup>	Moy.	Sexe		Race			Prob.	
			F	M	DDDD	YYYY	LLLL	SEXE	RACE
Conversion (A/G)	A	2,38	2,46	2,30	2,37	2,37	2,40	0,000	N.S. <sup>3</sup>
Oeil de longe (mm)	A	55	56	54	55	54	56	XXX <sup>2</sup>	XXX <sup>2</sup>
Gras dorsal (mm)	G	11,9	12,5	11,4	12,6	11,3	11,9	0,000	0,044
Gain moyen quotidien (g)	A	863	865	861	861	871	856	N.S.	N.S.
Globules rouges (10 <sup>E9</sup> /L)	A	7,2	7,2	7,2	7,7	7,0	7,0	N.S.	0,000
Hémoglobines (g/L)	A	121,3	123,0	119,7	126,4	118,3	119,3	0,011	0,001
Hématocrite	A	39%	39%	38%	41%	38%	38%	0,022	0,000
Volume globulaire moyen (fL)	A	55	55	54	53	55	56	0,010	N.S.
Conc. Glob. Moy. Hém. (g/L)	A	308	309	307	307	309	308	0,007	N.S.
Thrombocytes (10 <sup>E9</sup> /L) <sup>2</sup>	G	452,7	453,9	451,5	431,7	477,9	449,7	XXX <sup>2</sup>	XXX <sup>2</sup>
Fibrinogène (g/L)	A	5,8	5,8	5,7	6,4	5,6	5,3	N.S.	N.S.
Leucocytes (10 <sup>E9</sup> /L)	A	18,6	17,2	20,0	18,4	20,4	17,0	0,000	0,004
Neutrophiles (10 <sup>E9</sup> /L)	A	5,3	4,6	6,0	5,5	5,5	4,8	0,003	N.S.
Éosinophiles (10 <sup>E9</sup> /L)	G	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	N.S.	N.S.
Basophiles (10 <sup>E9</sup> /L)	G	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	N.S.	N.S.
Monocytes (10 <sup>E9</sup> /L)	G	0,9	0,7	1,0	0,9	0,9	0,8	0,015	N.S.
Lymphocytes (10 <sup>E9</sup> /L)	A	11,5	11,1	12,0	11,0	13,0	10,5	N.S.	0,001
Lymphocytes B (10 <sup>E9</sup> /L)	A	7,6	<del>7,6</del>	7,6	7,2	8,8	6,8	<del>7,6</del>	0,023
Lymphocytes T CD4+ (10 <sup>E9</sup> /L)	A	1,3	<del>1,3</del>	1,3	0,9	1,5	1,5	<del>1,3</del>	N.S.
Lymphocytes T CD8+ (10 <sup>E9</sup> /L)	A	2,5	<del>2,5</del>	2,5	1,9	3,0	2,7	<del>2,5</del>	0,021
Lymph. T CD4+/CD8+ (10 <sup>E9</sup> /L)	A	0,5	<del>0,5</del>	0,5	0,6	0,6	0,5	<del>0,5</del>	N.S.
IPL (Stim. A)	G	1,8	2,2	1,8	1,4	2,3	2,4	0,008	0,000
IPL (Stim. B)	G	2,1	2,2	2,0	1,5	2,3	2,5	N.S.	0,002
IPL (Stim. C)	G	1,5	1,5	1,4	1,3	1,5	1,6	N.S.	N.S.
IPL (Stim. D)	G	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,3	N.S.	N.S.
IPL (Stim. E)	G	3,2	3,4	3,0	3,0	3,2	3,4	N.S.	N.S.
Protéines sériques (g/L)	A	65,9	66,0	65,8	64,0	67,5	66,4	N.S.	0,018
Albumines (g/L)	A	37,8	38,2	37,3	36,5	36,9	39,9	N.S.	0,001
Globulines (g/L)	A	28,2	27,9	28,5	27,5	30,6	26,5	N.S.	0,002
Azote uréique (mmol/L)	A	4,1	4,5	3,7	3,8	4,4	4,1	0,000	N.S.
Glucose (mmol/L)	A	4,6	4,5	4,6	4,5	4,7	4,5	N.S.	N.S.
Cholestérol (mmol/L)	A	2,5	2,7	2,4	2,5	2,5	2,6	0,000	N.S.
Triglycérides (mmol/L)	A	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	N.S.	0,008
Titre SRRP (Rapport S/P)	A	1,91	1,89	1,93	2,33	1,49	1,91	N.S.	0,000
Titre circovirus	G	49448	53321	45857	63749	45930	41293	N.S.	N.S.

<sup>1</sup> Méthode de calcul pour l'estimation de la moyenne : Arithmétique « A » ou Géométrique « G »

<sup>2</sup> Interaction entre le sexe et la race significative pour le diamètre de l'œil de longe et les thrombocytes

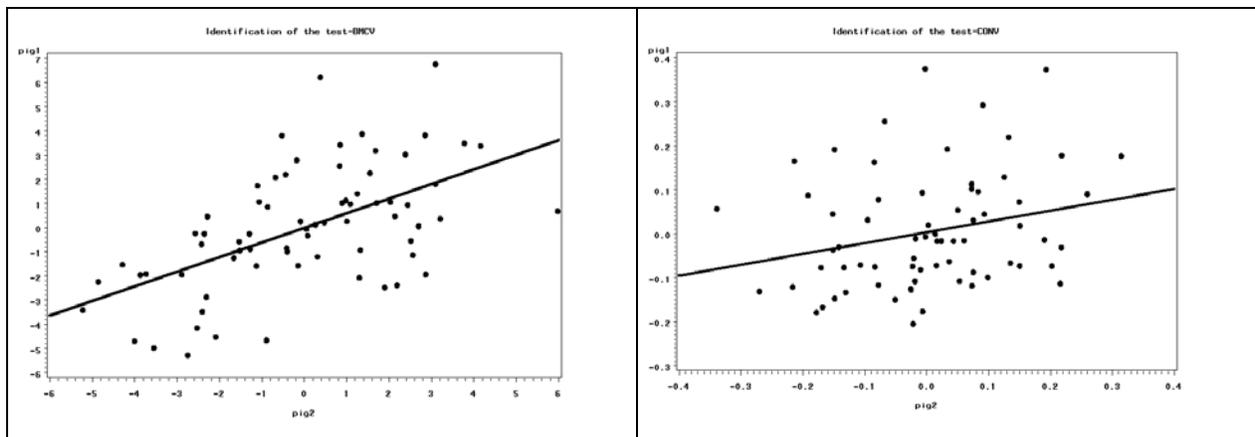
<sup>3</sup> Non significatif (p > 0,05)

**Tableau 3 :** Corrélations partielles<sup>1</sup> entre les caractères mesurés dans le sang sur une population de 144 porcs de 80 kg issus de 75 portées (1 mâle, 1 femelle) et les principaux caractères généralement inclus dans les schémas de sélection génétique - Les corrélations significatives (p < 0,05) sont en gras.

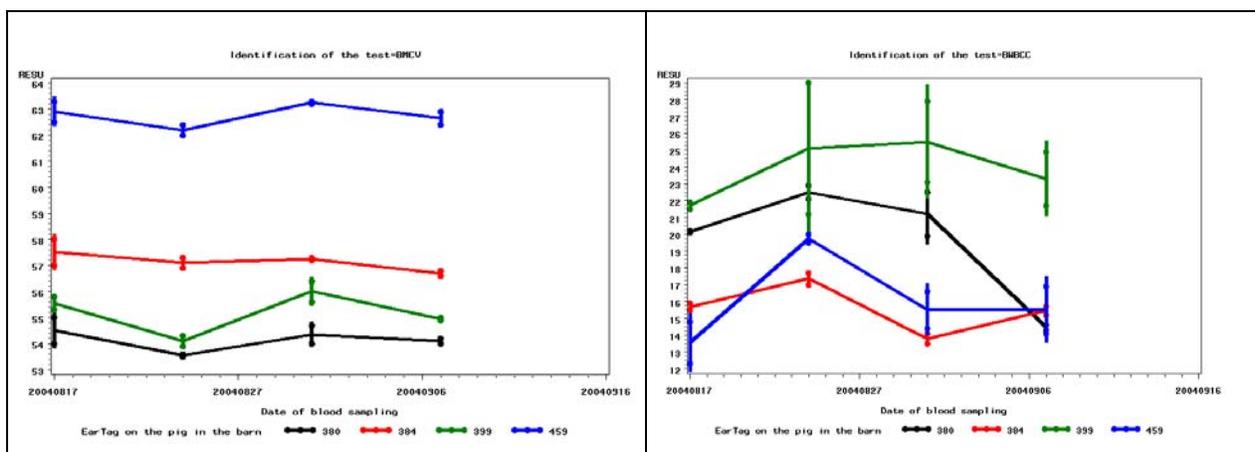
Caractéristique	GMQ <sup>2</sup>	IC <sup>2</sup>	Gras <sup>2</sup>	Muscle <sup>2</sup>
Globules rouges (10 <sup>E9</sup> /L)	-0,07	0,13	-0,12	-0,05
Hémoglobines (g/L)	0,12	0,02	0,03	-0,02
Hématocrite (%)	<b>0,19</b>	0,02	0,02	0,02
Volume globulaire moyen (fL)	<b>0,29</b>	<b>-0,28</b>	0,11	0,09
Conc. glob. moy. hém.(g/L)	0,16	0,12	<b>0,31</b>	-0,11
Thrombocytes (10 <sup>E9</sup> /L)	-0,13	0,14	-0,08	-0,03
Fibrinogène (g/L)	0,03	-0,04	-0,04	0,20
Leucocytes (10 <sup>E9</sup> /L)	-0,14	0,17	0,03	-0,01
Neutrophiles (10 <sup>E9</sup> /L)	-0,16	0,11	-0,12	0,05
Éosinophiles (10 <sup>E9</sup> /L)	-0,15	0,13	0,04	-0,08
Basophiles (10 <sup>E9</sup> /L)	-0,07	-0,01	0,00	0,16
Monocytes (10 <sup>E9</sup> /L)	<b>-0,20</b>	<b>0,24</b>	0,12	0,04
Lymphocytes (10 <sup>E9</sup> /L)	0,07	0,05	0,12	-0,07
Lymphocytes B (10 <sup>E9</sup> /L)	<b>0,24</b>	-0,11	<b>0,23</b>	-0,01
Lymphocytes T CD4+ (10 <sup>E9</sup> /L)	-0,02	<b>0,24</b>	0,03	0,04
Lymphocytes T CD8+ (10 <sup>E9</sup> /L)	-0,12	0,12	-0,10	-0,09
Lymph. T CD4+/CD8+ (10 <sup>E9</sup> /L)	-0,04	-0,04	<b>-0,19</b>	0,08
IPL (Stim. A)	-0,08	<b>0,20</b>	0,03	-0,03
IPL (Stim. B)	-0,17	<b>0,27</b>	-0,03	-0,03
IPL (Stim. C)	-0,06	<b>0,20</b>	0,08	0,01
IPL (Stim. D)	-0,07	0,12	0,09	-0,04
IPL (Stim. E)	-0,08	<b>0,22</b>	0,00	-0,14
Protéines sériques (g/L)	-0,12	0,10	-0,03	-0,18
Albumines (g/L)	<b>0,31</b>	-0,10	0,14	-0,06
Globulines (g/L)	<b>-0,31</b>	0,16	-0,11	-0,11
Azote uréique (mmol/L)	<b>0,29</b>	0,04	<b>0,47</b>	-0,16
Glucose (mmol/L)	<b>0,19</b>	-0,06	0,03	-0,04
Cholestérol (mmol/L)	0,04	0,01	0,00	-0,02
Triglycérides (mmol/L)	0,11	-0,08	-0,03	0,03
Titre SRRP (Rapport S/P)	-0,08	0,10	-0,14	0,02
Titre circovirus	-0,01	-0,02	-0,04	-0,13

<sup>1</sup> Corrélation de Pearson calculée entre le résiduel de chaque caractère corrigé pour la ferme, le sexe, la race et le jour du prélèvement.

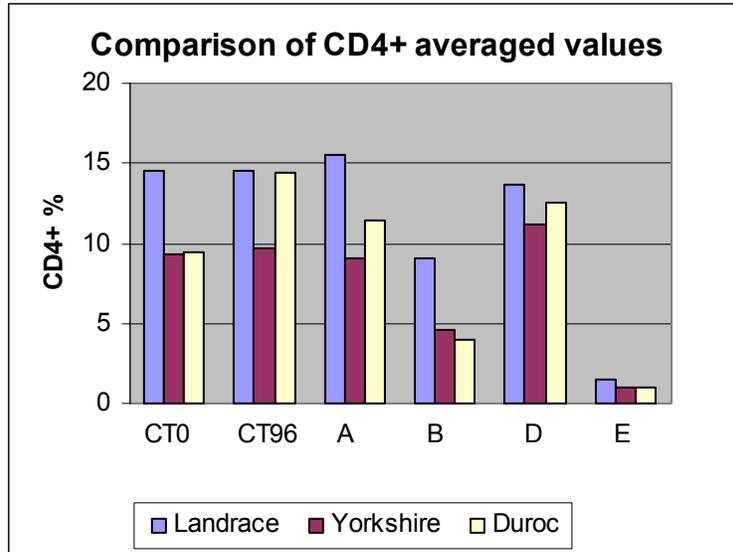
<sup>2</sup> Gain moyen quotidien – GMQ; Indice de conversion alimentaire – IC; Épaisseur du gras dorsal – Gras; Épaisseur de l'œil de longe – Muscle



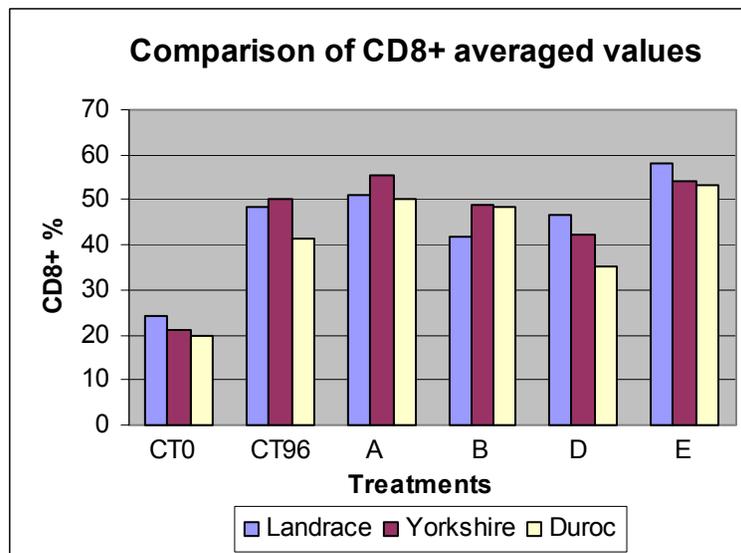
**Figure 1 :** Illustration de la corrélation entre les valeurs obtenues chez le porcelet 1 et le porcelet 2 de la même portée (corrélation intra-portée). La corrélation intra-portée était bonne pour le volume globulaire moyen (panneau de gauche,  $r = 0,64$ ) et un peu moindre pour l'indice de conversion alimentaire (panneau de droite,  $r = 0,41$ )



**Figure 2 :** Illustration de la répétabilité de l'estimation de deux caractères du compartiment sanguin. La répétabilité de l'estimation du volume globulaire moyen (panneau de gauche) est très élevée (98 %) alors que celle de l'estimation du nombre de globules blancs (panneau de droite) est moins élevée (79 %)



**Figure 3 :** Proportion moyenne de lymphocytes CD4+ pour les trois races de porcs



**Figure 4 :** Proportion moyenne de lymphocytes CD8+ pour les trois races de porcs

## 6. GLOSSAIRE TERMINOLOGIQUE

---

**Albumines** : Substance azotée, visqueuse, blanchâtre, que l'on trouve dans le blanc d'œuf (attachée au jaune par des filaments appelés chalazes), dans le sérum du sang ainsi que dans tous les liquides et tissus animaux et végétaux.

**Anticorps** : Protéine sérique formée lors de l'immunisation contre un antigène; les anticorps sont généralement définis en fonction de leur spécificité de liaison à un antigène.

**Antigène** : Toute substance étrangère qui se lie à un anticorps ou un lymphocyte spécifique, ou toute substance utilisée pour créer une immunité. Les antigènes peuvent aussi être appelés immunogènes s'ils sont capables de provoquer une réponse immunitaire, ou haptènes sinon.

**Basophile** : Leucocyte qui possède un noyau plurilobé et dont le cytoplasme contient des granulations qui se colorent avec les colorants basiques.

**Blastogénèse** : Reproduction asexuée d'un organisme (cellule) par bourgeonnement.

**Éosinophile** : Leucocyte caractérisé par un noyau polylobé et la présence, dans le cytoplasme, de granulations faciles à colorer avec l'éosine.

**Fibrinogène** : Protéine plasmatique soluble synthétisée dans le foie, qui sert de substrat à l'action de la thrombine qui la transforme en fibrine.

**Globulines** : Toutes les protéines plasmatiques autres que les albumines. Elles précipitent en présence d'une solution à demi-saturation de sulfate d'ammonium. Elles peuvent être divisées en 3 groupes : 1) Alpha globulines (cette fraction contient les protéines qui transportent la thyroxine ou la vitamine A dans le sang); 2) Bêta globulines (cette fraction contient la protéine qui transporte le fer dans le sang : la ferritine); 3) Gamma globulines (cette fraction contient principalement les anticorps).

**Hématocrite** : Rapport, exprimé en pourcentage, du volume de globules rouges obtenu en centrifugeant un échantillon de sang total sur le volume de sang total contenu dans cet échantillon.

**Hémoglobine** : Hétéroprotéine constituée d'hème et de globine, qui se trouve dans les hématies, qui a pour fonction de transporter l'oxygène des poumons aux cellules et le dioxyde de carbone des cellules aux poumons, et qui est responsable de la coloration rouge du sang.

**Immunoglobuline (Ig)**: Terme général employé pour désigner tous les anticorps. Chaque unité Ig est constituée de 2 chaînes lourdes et de 2 chaînes et possède 2 sites antigéniques.

**Leucocytes** : Leucocyte mononucléaire présent dans le sang, la lymphe, la moelle osseuse et les organes lymphoïdes.

**Lymphocytes** : Leucocyte mononucléaire présent dans le sang, la lymphe, la moelle osseuse et les organes lymphoïdes.

**Monocyte** : Leucocyte mononucléaire formé dans la moelle osseuse à partir des monoblastes, présent dans le sang circulant, au noyau volumineux et réniforme, au cytoplasme contenant de fines granulations azurophiles, et dont la fonction principale est la phagocytose.

**Neutrophile** : Leucocyte qui se distingue par un noyau lobé et par la présence de granulations intracytoplasmiques sans affinité pour les colorants acides et basiques.

**Morbidité** : 1) Caractère de ce qui est malsain ou maladif; 2) Somme des maladies enregistrées pendant une période déterminée, au sein d'une population, s'exprimant sous forme d'incidence ou de prévalence.

**Thrombocytes** : Composant cellulaire anucléé du sang ayant la forme d'un bâtonnet fuselé, qui est responsable du déclenchement du processus de coagulation du sang.

## 7. RÉFÉRENCES

---

- Charles E.P., *The correction for attenuation due to measurement error: clarifying concepts and creating confidence sets*. Psychol Methods, 2005, 10:206-226.
- Dubreuil P., Farmer C., Couture Y., et Petitclerc D., *Hematological and biochemical changes following an acute stress in control and somatostatin-immunized pigs*. Can J Vet Res, 1993, 73:241-252.
- Ducos A. et Martineau G.P., *La génétique peut-elle influencer l'apparition ou la gravité des maladies?* Rencontres Internationales en Production Porcine (RIPP), Loudéac, 2004, 1-12.
- Edinburgh Roslin Institute. Annual Report 2000-2001.  
<http://epublications.roslin.ac.uk/0001annrep/variation.html> Dernière consultation 1/11/2007
- Henryon M., Juul-Madsen H., et BErg P., *Genetic variation for total and differentiel numbers of leucocytes exists in growing pigs*. 7th World Congress on Genetics Aplied to Livestock Production, August 19-23, Montpellier France, 2002, 13-17.
- Hiss S. et Sauerwein H., *Influence of dietary beta-glucan on growth performance lymphocyte proliferation, specific immune response and haptoglobin plasma concentrations in pigs*. J Anim Phys Anim Nutr, 2003, 87:2-11.
- Hurnik D., Foote K., Vanderstichel R., Phipps J., Patelakis S., et Van Lunenn T., *A description of the effect of a purified beta-glucan extract on the antibody response to PPRS virus vaccination and to lymphocyte proliferation od weaned pigs*. Procceding of the American Association of swine Practionner, 2004, 100-102.
- Littell R.C., Milliken G.A., Stroup W.W. et Wolfinger R.D.,. *SAS System for Mixed Models*, 1996, SAS Institute, Cary,N.C. 615 p.
- Liu K., *Measurement error and its impact on partial correlation and multiple linear regression analyses*. American Journal of epidemiology, 1988, 127:864-874.
- Merlot E., *Conséquences du stress sur la fonction immunitaire chez les animaux d'élevage*. INRA Production animale, 2005, 17:255-264.
- National Research Council, *Nutrient Requirements of Swine*, 10<sup>e</sup> édition. Édité par National Research Council, 1998, National Academy Press, Washington, D.C. 190 p.
- Schwager J. et Schultze J., *Influence of ascorbic acid on the response to mitogens an interleukin production of porcine lymphocytes*. Int J Vit Nutr Res, 1997, 67:10-16.
- Wilkie B. et Mallard B., *Selection for high immune response: an alternative approach to animal health maintenance?* Vet Immunol Immunopathol, 1999, 72:231-235.