

Origine et conséquences de la variabilité de la production de colostrum par la truie et de la consommation de colostrum par les porcelets

Nicolas DEVILLERS (1), Jean LE DIVIDICH (1), Chantal FARMER (2),
Anne-Marie MOUNIER (1), Michel LEFEBVRE (1), Armelle PRUNIER (1)

(1) Unité Mixte de Recherche sur le Veau et le Porc, INRA, 35590 Saint Gilles, France
(2) Agriculture et Agroalimentaire Canada, C.P 90, Lennoxville, Québec, J1M 1Z3 Canada

Origine et conséquences de la variabilité de la production de colostrum par la truie et de la consommation de colostrum par les porcelets

La production du colostrum est calculée sur 43 truies Landrace x Large White entre le début de la parturition (T_0) et 24 heures plus tard (T_{24}) par sommation des consommations de leurs 554 porcelets estimées à partir du gain de poids vif. Les concentrations des immunoglobulines G (IgG), d'hormones (progestérone, oestradiol-17 β , prolactine), des lipides et du lactose sont mesurées dans le colostrum à T_0 , T_2 , T_4 et T_{24} , celles du cortisol, du lactate et du glucose dans le plasma des porcelets à T_{24} , celles des IgG dans le plasma des porcelets à T_{24} et juste avant le sevrage à 4 semaines. La production de colostrum des truies varie de 1906 à 5309 g (3573 g \pm 143 g). La quantité et la qualité du colostrum varient peu avec les caractéristiques de la portée (taille et poids), de la truie (âge, poids vif) et de la mise bas (durée, fouille) mais la production semble réduite lorsque la mise bas est induite. La consommation de colostrum par les porcelets est de 297 \pm 6 g. Elle augmente avec le poids de naissance (+27 g/100 g de poids vif), est réduite chez les porcelets splayleg, dont le cordon est rompu ou dont la respiration est difficile à la naissance ($P < 0,05$). Cette consommation a des répercussions sur la glycémie, la concentration de lactate et de cortisol à T_{24} , d'IgG à T_{24} et au sevrage et la survie de T_{24} au sevrage. La survie de T_0 à T_{24} est améliorée quand la production de colostrum augmente.

Origin and consequences of the variability of colostrum production by the sows and of its intake by the piglets

Production of colostrum was calculated in 43 Landrace x Large White sows from the beginning of parturition (T_0) until 24 hours later (T_{24}) by adding piglets' intakes ($n = 554$) which were estimated from their weight gain. Concentrations of immunoglobulins G (IgG), hormones (progesterone, oestradiol-17 β , prolactin), lipids and lactose were measured in colostrum at T_0 , T_2 , T_4 and T_{24} , concentrations of cortisol, lactate and glucose in plasma of piglets ($n = 6$ /litter) at T_{24} , those of IgG in plasma of piglets at T_{24} and just before weaning at 4 weeks. Production of colostrum by the sows varied between 1906 g and 5309 g (3573 g \pm 143 g). Amount and quality of colostrum varied hardly with litter (size and live weight), sow (age, live weight) and farrowing (duration, extraction of piglets) characteristics, but production seemed to be lowered in sows when parturition was induced by prostaglandins. Colostrum intake by the piglets was 297 \pm 6 g. It increased with live weight (+27 g/100 g live weight), was lowered in splayleg piglets and in those whose umbilical cord was ruptured at birth or that had difficulty to breath ($P < 0.05$). Colostrum intake influenced significantly glycemia, concentrations of lactate and cortisol at T_{24} , concentrations of IgG at T_{24} and at weaning, and piglet survival between T_{24} and weaning. Survival between T_0 and T_{24} was improved in sows with higher production of colostrum ($P < 0.05$).

INTRODUCTION

Le colostrum joue un rôle important pour la survie du porcelet en lui fournissant notamment de l'énergie pour sa thermorégulation (NOBLET et LE DIVIDICH, 1981 ; LE DIVIDICH et al, 1998) et des anticorps pour sa protection immunitaire (BOURNE et CURTIS, 1973 ; ROOKE et BLAND, 2002). La consommation de colostrum par le porcelet est déterminée à la fois par son aptitude à accéder à la mamelle puis à en extraire le colostrum, et par celle de la truie à produire du colostrum. L'étendue du gain de poids des porcelets au cours du premier jour de vie (de -136 à 233 g ; THOMPSON et FRASER, 1988) suggère que la prise individuelle de colostrum est très variable. Pourtant, très peu d'études ont recherché les causes de la variabilité de l'ingestion de colostrum par les porcelets et les conséquences qui en résultent en termes de survie et d'immunité. Quelques études ont cherché à mesurer la production de colostrum des truies et ont donné des résultats variables (2,85 à 3,90 kg selon LE DIVIDICH et NOBLET, 1981 ; 5,86 kg selon CHIANG et al, 1990). A notre connaissance, aucune étude n'a recherché les facteurs de variation de cette production qui peuvent être liés à la parité et à l'état d'engraissement des truies, à leur état hormonal, à la taille et au poids de la portée, ou encore à la façon dont la mise bas s'est déroulée (durée, induction, fouille).

L'objectif de la présente étude est d'estimer la consommation et la production de colostrum, d'identifier des facteurs de variation et de déterminer les conséquences pour la survie des porcelets et l'acquisition de l'immunité passive. Pour cela, nous avons estimé la prise de colostrum de tous les porcelets d'une portée par une méthode basée sur leur prise de poids pendant les 24 premières heures de vie (DEVILLERS et al, 2004a) puis nous avons sommé ces consommations pour estimer la production de colostrum par les truies. De plus, des mesures biochimiques ont été réalisées sur le colostrum des truies (IgG, hormones) et le plasma des porcelets (IgG, métabolites énergétiques, cortisol) à différents moments au cours de la mise bas ou de la période post-natale.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Animaux et mesures zootechniques

Cette expérimentation a été réalisée sur 22 truies primipares et 21 truies multipares de race Large White x Landrace inséminées avec de la semence Piétrain (en 6 bandes de 3 à 13 truies) et leurs 554 porcelets. Les loges de maternité sont un sol en béton plein recouvert de paille et sont équipées de 2 lampes à infrarouge (250 W). Pendant la gestation, les truies sont nourries quotidiennement à raison de 1,1 kg/100 kg de poids vif avec un aliment contenant 13,3 % de protéines, 0,49 % de lysine et 3090 kcal d'énergie digestible/kg. Pendant la lactation, les truies sont nourries avec un aliment contenant 17,3 % de protéines, 0,8 % de lysine et 3190 kcal d'énergie digestible/kg. Les truies reçoivent 2 kg d'aliment le jour de la mise bas. Cette quantité augmente progressivement de 1,0 kg/jour jusqu'à ce que les truies soient nourries à volonté. L'eau est disponible à volonté pendant toute l'expérience.

Les truies sont pesées lors de leur transfert en maternité, une semaine avant la date présumée de mise bas. Si la mise bas n'a pas eu lieu, elles reçoivent le matin du 114^{ème} jour de gestation, une injection de prostaglandines (1 ml d'Alphabédyl®, CEVA Santé Animale, Libourne, France) pour induire la mise bas (63 % des truies ont reçu cette injection). Toutes les mises bas sont surveillées. Les interventions sont le plus possible réduites et sont toutes enregistrées (fouille, injections). La naissance du premier (T_0) et du dernier porcelet marquent le début et la fin de la mise bas. Les porcelets sont pesés et identifiés dès la naissance. L'heure et les conditions de naissance (cordon ombilical rompu ou non, difficulté ou non à respirer, présence ou pas des enveloppes) sont enregistrées. Les porcelets naissant dans leurs enveloppes en sont débarrassés et réanimés si nécessaire, mais aucun autre soin ne leur est prodigué. A T_{24} (24 heures après la naissance du premier porcelet de la portée), tous les porcelets sont examinés pour vérifier s'ils présentent ou non le caractère splayleg et sont pesés afin de d'estimer la consommation de colostrum. Aucune adoption n'a lieu avant la pesée à T_{24} .

1.2. Prélèvements et analyses

Des prélèvements de colostrum de 100 ml au maximum sont réalisés par traite manuelle à T_0 , T_2 , T_4 et T_{24} sur l'ensemble des tétines. Pour stimuler l'éjection de colostrum, une injection intraveineuse d'ocytocine (0,5 ml d'Ocytoven®, CEVA Santé Animale, Libourne, France) est réalisée uniquement pour le prélèvement T_{24} . Le colostrum est filtré sur de la gaze et stocké à 4°C. Dans les 24 heures suivant le prélèvement, le colostrum est réchauffé et homogénéisé à 38°C, aliquoté et 5 ml de colostrum sont ultracentrifugés deux fois pendant 1 h à 50 000 g à 0°C. Le lactosérum est décanté et congelé à -20°C avec les aliquotes de colostrum. Les concentrations de progestérone, oestradiol-17 β , immunoglobulines G (IgG), lactose et lipides sont mesurées dans le colostrum et celles de prolactine dans le lactosérum selon les méthodes précédemment décrites (DEVILLERS et al, 2004b).

Un prélèvement de 5 ml de sang est réalisé par ponction dans la veine jugulaire sur 6 porcelets/portée (les deux premiers et les deux derniers nés, et deux porcelets de rang de naissance intermédiaire) à T_{24} (n = 262) et au sevrage, à 4 semaines d'âge (n = 229). Le sang est prélevé sur héparine et centrifugé pendant 10 min à 3000 g à 4°C. Le plasma est prélevé et conservé à -20°C jusqu'aux dosages. Les concentrations de lactate, glucose et cortisol sont mesurées sur les échantillons prélevés à T_{24} , et celles des IgG à T_{24} et au sevrage. Ces dernières sont dosées par méthode ELISA (DEVILLERS et al, 2004b), la sensibilité du dosage est de 23 ng/ml. Le cortisol est dosé par RIA (Immunotech RIA kit, 13276 Marseille, France, Ref. 2466), la sensibilité du dosage est de 1,9 ng/ml. Le lactate et le glucose sont dosés à l'aide de kits enzymatiques commerciaux (L-lactic acid test combination, Ref. 139084 et D-glucose/D-fructose test combination, Ref.139106 : Boehringer Mannheim, Allemagne).

La prise de colostrum est estimée pour tous les porcelets vivants d'une portée en utilisant l'équation développée par

DEVILLERS et al (2004a) : $-217,4 + 0,217 \times t + 1861019 \times PVT_{24} / t + PVN \times (54,8 - 1861019 / t) \times 0,987949$ où PVT_{24} est le poids vif (kg) mesuré à T_{24} , PVN est le poids vif (kg) mesuré à la naissance et t est le temps écoulé (min) entre la naissance et T_{24} . L'intervalle de temps entre la naissance et la première tétée (T_{FS}) est estimé égal à 30 min pour tous les porcelets. Les consommations individuelles des porcelets d'une portée sont sommées pour calculer la production de colostrum par chaque truie. Cette production est probablement sous estimée car la consommation des porcelets morts avant T_{24} n'a pas pu être prise en compte, l'heure de la mort étant la plupart du temps inconnue. Le nombre de ces porcelets est de $0,5 \pm 0,2$ par portée (moyenne \pm écart-type de la moyenne) et leur variation de poids entre la naissance et la mort est de -14 ± 12 g ($n = 22$) contre $+ 80 \pm 4$ g ($n = 516$) entre la naissance et T_{24} pour les autres.

1.3. Analyses statistiques

Toutes les analyses sont réalisées avec le logiciel SAS (version 8.01). Afin d'identifier les facteurs de variation de la production de colostrum et ses conséquences, les truies sont classées en deux groupes selon qu'elles produisent relativement beaucoup (niveau H, $n = 21$) ou peu (niveau B, $n = 22$) de colostrum, la limite entre les 2 groupes étant la valeur médiane (3432 g). La comparaison entre les deux groupes est réalisée par analyse de variance en utilisant un modèle mixte (procédure « mixed », effet aléatoire = la bande, effet contrôlé = niveau de production de colostrum) pour toutes les variables sauf le nombre de mort-nés et le nombre de morts entre T_0 et T_{24} pour lesquels, une analyse logistique (procédure « genmod » avec le nombre de mort-nés rapporté au nombre de nés totaux, et le nombre de morts entre T_0 et T_{24} rapporté au nombre de nés vivants). Les comparaisons des concentrations entre moments successifs sont réalisées par tests t appariés.

Afin d'identifier les facteurs de variation de la consommation de colostrum, des analyses de covariance sont réalisées en utilisant un modèle mixte (effet aléatoire = la portée, effets contrôlés = le sexe, le rang de naissance, le caractère splayleg et les caractéristiques des porcelets à la naissance (cordon rompu, respiration difficile, animal né dans les enveloppes ou non)) et en introduisant le poids de naissance comme covariable. Concernant le rang de naissance, les porcelets sont répartis en 4 classes : 1^{er}, 2nd, 3^{ème} et 4^{ème} quartile. Lorsqu'un effet n'est pas significatif, il est retiré du modèle et de nouvelles analyses sont réalisées. Le même type de modèle est utilisé pour identifier les facteurs de variation de la température rectale et des concentrations plasmatiques de glucose, lactate, cortisol, IgG mesurées chez les porcelets à T_{24} mais en introduisant la quantité de colostrum ingérée comme covariable. Concernant la concentration en IgG au sevrage, le gain de poids entre T_{24} et le sevrage est ajouté en covariable. Enfin, les porcelets sont classés en deux catégories : morts ou non entre T_{24} et le sevrage. La comparaison de la température rectale et des concentrations mesurées à T_{24} est réalisée en utilisant un modèle mixte (effet aléatoire = la portée, effet contrôlé = mort ou non) et en introduisant ou non la quantité de colostrum ingérée comme covariable.

2. RÉSULTATS

2.1. Variabilité de la production de colostrum entre les truies

La production moyenne de colostrum entre T_0 et T_{24} est de 3573 ± 143 g par truie (moyenne \pm écart-type de la moyenne). Comparées aux truies faiblement productrices, les truies fortement productrices ont une gestation plus courte ($P < 0,05$) alors que le poids de la portée à la naissance (calculé sur les nés vivants) et celui à T_{24} sont plus élevés ($P < 0,05$), (tableau 1). Ceci est associé à un pourcentage plus faible de mises bas induites et à une réduction de la mortalité des porcelets entre T_0 et T_{24} . Les autres caractéristiques des truies (âge, poids vif, prolificité, températures rectales) et des mises bas (durée, fouille) ne diffèrent pas significativement entre les truies (tableau 1). Les caractéristiques du colostrum diffèrent peu entre les deux groupes de truies. Cependant, les concentrations d'oestradiol 17β et de prolactine à T_{24} et, de lactose à T_2 sont plus faibles chez les truies les plus productrices alors que celles de lipides à T_{24} sont plus élevées ($P < 0,05$).

Toutes les concentrations mesurées dans le colostrum sont très fortement corrélées ($P < 0,001$) aussi bien entre T_0 et T_2 qu'entre T_2 et T_4 alors que les corrélations entre T_4 et T_{24} sont beaucoup plus faibles et deviennent non significatives pour l'oestradiol et les IgG (tableau 2). Toutes ces concentrations varient significativement entre T_2 et T_{24} , celles des hormones et des IgG diminuant mais celles du lactose et des lipides augmentant (tableau 1).

2.2. Variabilité de la consommation de colostrum entre les porcelets d'une même portée

La consommation de colostrum est de 297 ± 6 g par porc ($n = 516$). Cette consommation n'est pas influencée par le sexe, le rang de naissance et le fait de naître dans les enveloppes ($P > 0,1$, tableau 3). Par contre, elle augmente avec le poids de naissance ($+ 27$ g de colostrum/100 g de poids vif, $P < 0,0001$). Elle diminue chez les porcelets atteints de splayleg ($P = 0,002$), ayant le cordon rompu ($P = 0,05$) ou des difficultés à respirer à la naissance ($P = 0,005$), (figure 1). Ramenée au kg de poids vif, la consommation de colostrum est de 214 ± 4 g. Les facteurs de variation mis en évidence précédemment conservent un effet significatif mais l'augmentation de la consommation avec le poids de naissance est évidemment moins élevée ($+ 6$ g de colostrum/100 g de poids vif, $P < 0,0001$).

2.3. Effets de la quantité de colostrum ingérée sur les paramètres physiologiques des porcelets et sur leur survie

La température rectale et les concentrations plasmatiques de glucose, de lactate, de cortisol et d'IgG mesurées à T_{24} sont influencées de manière significative par la quantité de colostrum ingérée (tableau 4). Ainsi, la température rectale augmente de $0,2^\circ\text{C}/100$ g de colostrum ingéré. La glycémie ($+94$ mg glucose/ml pour 100 g de colostrum) et la concentration d'IgG ($+26$ mg IgG pour 100 g de colostrum) aug-

Tableau 1 - Comparaison des caractéristiques des truies et des portées et, des concentrations mesurées dans le colostrum en fonction du niveau de production de colostrum estimé entre T_0 et T_{24} (moyennes \pm écart-types de la moyenne, valeurs minimales et maximales entre parenthèses)

	Niveau de production de colostrum			Ensemble des truies
	Bas	Haut	P	
Effectif	22	21		43
Production de colostrum à T_{24} ¹ (g)	2813 \pm 94	4370 \pm 129	0,0001	3573 \pm 143 (1906-5309)
Parité	2,7 \pm 0,5	2,3 \pm 0,4	> 0,1	2,5 \pm 0,3 (1-11)
Nombre de tétines	14,3 \pm 0,2	14,2 \pm 0,2	> 0,1	14,3 \pm 0,1 (13-16)
Poids d'entrée en maternité (kg)	259 \pm 9	264 \pm 7	> 0,1	261 \pm 6 (206-354)
Durée gestation (jours)	114,5 \pm 0,1	113,8 \pm 0,3	0,04	114,1 \pm 0,2 (112-116)
Durée de la mise bas (minutes)	198 \pm 22	176 \pm 16	> 0,1	187 \pm 14 (76-513)
Nombre total de porcelets nés	12,4 \pm 0,8	13,4 \pm 0,6	> 0,1	12,9 \pm 0,5 (4-20)
Nombre de porcelets mort-nés	0,4 \pm 0,2	0,3 \pm 0,1	> 0,1	0,3 \pm 0,1 (0-3)
Nombre de porcelets nés vivants	12,0 \pm 0,8	13,1 \pm 0,6	> 0,1	12,5 \pm 0,5 (4-19)
Nombre de porcs morts de 0 à T_{24}	0,9 \pm 0,3	0,1 \pm 0,1	0,001	0,5 \pm 0,2 (0-6)
Taille de la portée à T_{24}¹	11,1 \pm 0,7	13,0 \pm 0,6	0,04	12,0 \pm 0,5 (4-18)
Poids de la portée à la naissance (kg)²	15,5 \pm 1,0	18,3 \pm 0,7	0,03	16,9 \pm 0,6 (7,7-27,1)
Poids de la portée à T_{24} (kg)	15,1 \pm 1,0	19,7 \pm 0,8	0,0003	17,4 \pm 0,7* (8,7-30,3)
Truies induites (%)	77	48	0,05	63
Truies fouillées (%)	23	19	> 0,1	21
Truies avec porcelets momifiés (%)	23	5	> 0,1	14
Truies avec porcelets splayleg (%)	41	29	> 0,1	35
Température rectale à T_4 (°C)	39,2 \pm 0,1	39,1 \pm 0,2	> 0,1	39,2 \pm 0,1 (36,6-40,8)
Température rectale à T_{24} (°C)	38,9 \pm 0,2	38,8 \pm 0,1	> 0,1	38,8 \pm 0,1* (37,8-40,9)
Prolactine à T_2 (ng/ml)	118 \pm 9	108 \pm 8	> 0,1	113 \pm 6 (41-204)
Prolactine à T_{24} (ng/ml)	46 \pm 7	36 \pm 4	0,02	41 \pm 4* (11-112)
Oestradiol 17 β à T_2 (pg/ml)	2263 \pm 361	2361 \pm 289	> 0,1	2310 \pm 230 (753-8290)
Oestradiol 17β à T_{24} (pg/ml)	754 \pm 152	468 \pm 60	0,04	621 \pm 85* (133-3135)
Progesterone à T_2 (ng/ml)	25 \pm 2	27 \pm 2	> 0,1	26 \pm 1 (13-50)
Progesterone à T_{24} (ng/ml)	10 \pm 1	9 \pm 1	0,08	9 \pm 1* (4-26)
Lactose à T_2 (mg/ml)	29 \pm 1	26 \pm 1	0,04	27 \pm 1 (14-38,5)
Lactose à T_{24} (mg/ml)	37 \pm 1	37 \pm 1	> 0,1	37 \pm 2* (22-45)
Lipides à T_2 (mg/ml)	58 \pm 5	59 \pm 2	> 0,1	58 \pm 3 (19-105)
Lipides à T_{24} (mg/ml)	59 \pm 4	78 \pm 4	0,001	68 \pm 3* (22-130)
IgG à T_2 (mg/ml)	57 \pm 3	67 \pm 5	> 0,1	62 \pm 3 (3-101)
IgG à T_{24} (mg/ml)	16 \pm 3	15 \pm 2	> 0,1	15 \pm 2* (2-53)

¹ : 24 heures après la naissance du 1^{er} né ² : Sur l'ensemble des porcelets nés vivants * Variation significative à $P < 0,05$ entre T_2 et T_{24}

Tableau 2 - Valeurs des coefficients de corrélation des concentrations d'hormones, de métabolites énergétiques et d'IgG mesurées sur deux prélèvements successifs de colostrum (n = 37 à 43 ; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$)

	T_0 - T_2	T_2 - T_4	T_4 - T_{24}
Prolactine	0,92***	0,93***	0,39*
Oestradiol	0,60***	0,64***	0,19
Progesterone	0,75***	0,60***	0,41**
Lactose	0,89***	0,93***	0,46**
Lipides	0,86***	0,62***	0,38*
IgG	0,91***	0,93***	0,23

Tableau 3 - Effets de certaines caractéristiques des porcs à la naissance (caractère splayleg, respiration difficile ou non, naissance dans les enveloppes ou non, cordon rompu ou non, rang relatif de naissance) sur la consommation de colostrum brute ou ramenée par kg de poids vif (valeurs de P)

Consommation de :	colostrum	colostrum/kg
Sexe	> 0,1	> 0,1
Splayleg	0,003	0,002
Cordon	0,04	0,06
Respiration	0,006	0,0001
Enveloppes	> 0,1	> 0,1
Rang de naissance	> 0,1	> 0,1
Poids vif	0,0001	0,0001

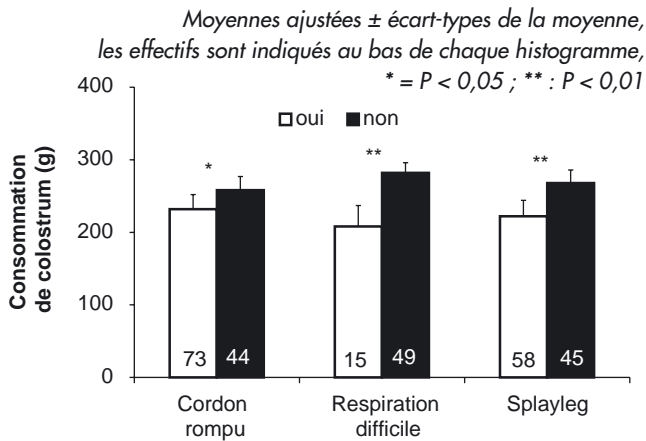


Figure 1 - Influence de l'état des porcelets à la naissance sur leur consommation de colostrum entre la naissance et 24 heures après la naissance du premier né de la portée (T_{24}).

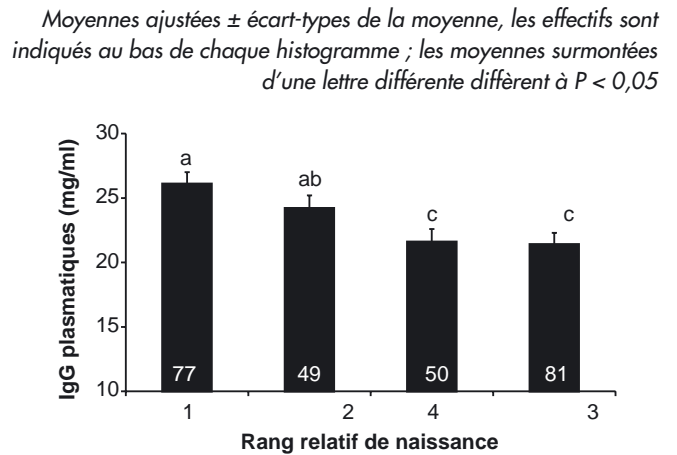


Figure 2 - Influence du rang relatif de naissance (1^{er}, 2nd, 3^{ème} et 4^{ème} quartile) sur la concentration plasmatique en IgG mesurée 24 heures après la naissance du premier né de la portée (T_{24})

Tableau 4 - Paramètres plasmatiques des porcelets (glucose et lactate en $\mu\text{g/ml}$, cortisol en ng/ml , IgG en mg/ml , moyennes \pm écart-types de la moyenne) et influence des facteurs de variation examinés (valeurs de P)

	Glucose à T_{24}	Lactate à T_{24}	Cortisol à T_{24}	Températ. rect. à T_{24}	IgG à T_{24}	IgG sevrage
Concentrations plasmatiques	1024 \pm 16	475 \pm 10	288 \pm 12	37,7 \pm 0,1	23,4 \pm 0,5	7,2 \pm 0,2
Effets des facteurs de variation						
Poids vif à la naissance	> 0,1	0,06	> 0,1	0,004	0,06	0,0003
Sexe	> 0,1	> 0,1	> 0,1	0,02	> 0,1	> 0,1
Splayleg	> 0,1	> 0,1	0,002	> 0,1	> 0,1	> 0,1
Cordon	> 0,1	> 0,1	> 0,1	> 0,1	> 0,1	> 0,1
Respiration	> 0,1	> 0,1	> 0,1	0,0001	> 0,1	> 0,1
Enveloppes	> 0,1	0,07	0,07	> 0,1	> 0,1	> 0,1
Rang de nais.	0,01	> 0,1	> 0,1	> 0,1	0,0001	> 0,1
Gain de poids T24-sevrage	-	-	-	-	-	0,0001
Consommation de colostrum	0,0001	0,04	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

Tableau 5 - Comparaison de l'ingestion de colostrum et des paramètres plasmatiques des porcelets à T_{24} entre porcelets morts entre T_{24} et le sevrage et les autres (moyennes ajustées \pm écart-types de la moyenne)

	Porcelets morts entre T_{24} et le sevrage (n = 33)	Porcelets survivants au sevrage (n = 229)	Valeur de P
Consommation colostrum (g)	234 \pm 24	348 \pm 14	0,0001
Consommation colostrum (g/kg)	174 \pm 15	240 \pm 8	0,0001
Température rectale à T_{24} ($^{\circ}\text{C}$)	37,5 \pm 0,1	37,9 \pm 0,1	0,002
Glucose à T_{24} ($\mu\text{g/ml}$)	873 \pm 46	1045 \pm 26	0,0001
Lactate à T_{24} ($\mu\text{g/ml}$)	569 \pm 30	461 \pm 15	0,0004
Cortisol à T_{24} (ng/ml)	400 \pm 33	273 \pm 18	0,0001
IgG à T_{24} (ng/ml)	18 \pm 1	24 \pm 1	0,0001

mentent tandis que celle de lactate (-19 mg lactate/ml pour 100 ml de colostrum) et de cortisol (-72 ng cortisol/ml pour 100 ml de colostrum) diminuent ($P < 0,001$). D'autres facteurs contribuent à expliquer la variabilité observée (tableau 4). Ainsi, la glycémie est plus élevée chez les animaux qui naissent dans le dernier quart que dans le premier (1069 ± 28 vs 968 ± 28 $\mu\text{g/ml}$, $P < 0,05$) les autres étant intermédiaires. La concentration en cortisol est plus forte chez les animaux splayleg que chez les autres (420 ± 40 vs 317 ± 26 ng/ml , $P < 0,05$) et surtout la concentration en IgG diminue avec le rang de naissance des porcelets (figure 2). La concentration en IgG au moment du sevrage est influen-

cée par le poids à la naissance (+2,0 mg/ml par kg ; $F_{1,182} = 10,94$; $P < 0,002$), la consommation de colostrum (+0,7 mg/ml pour 100 g de colostrum ; $F_{1,182} = 25,67$; $P < 0,0001$) et surtout le gain de poids entre T_{24} et le sevrage (-0,6 mg/ml par kg de poids ; $F_{1,182} = 43,93$; $P < 0,0001$) alors que le rang de naissance n'a plus d'effet significatif ($P = 0,46$).

La comparaison entre les porcelets qui meurent après T_{24} ou qui survivent jusqu'au sevrage montre une différence importante de consommation de colostrum et des modifications significatives de la température rectale et des paramètres

sanguins mesurés à T_{24} (tableau 5). Lorsque la quantité de colostrum est introduite en covariable, les différences de température rectale ($P = 0,07$), de glycémie ($P = 0,08$) et de cortisol ($P > 0,1$) s'estompent tandis que celles de lactate (morts avant sevrage : $570 \pm 31 \mu\text{g/ml}$ vs survivants : $461 \pm 15 \mu\text{g/ml}$; moyennes ajustées \pm écart-types de la moyenne ; $P < 0,001$) et d'IgG (morts avant sevrage : $20,0 \pm 1,3 \text{ mg/ml}$ vs survivants : $23,8 \pm 0,8 \text{ mg/ml}$; $P < 0,002$) restent élevées.

3. DISCUSSION

A notre connaissance, notre étude est la première à fournir une estimation de la production de colostrum des truies à partir de mesures qui *a priori* ne les perturbent pas puisqu'elles sont limitées à deux pesées des porcelets, l'une à la naissance et l'autre 24 heures après le début de la mise bas. Nos résultats montrent que la production de colostrum par les truies est proche 4000 g et qu'elle varie du simple (environ 2000 g) à plus du double (environ 5000 g). La non prise en compte de la quantité de colostrum ingérée par les porcelets morts avant T_{24} laisse supposer que la production de colostrum que nous avons calculée est sous-estimée. Cependant, l'erreur est probablement négligeable car le pourcentage des porcelets morts entre T_0 et T_{24} est très faible (4 %). De plus, ces porcelets ont eu une variation moyenne de poids négative laissant supposer qu'ils ont ingéré peu de colostrum.

L'ingestion de colostrum par les porcelets a déjà été estimée à partir d'une méthode invasive (mesure de dilution isotopique sur porcelets cathétérisés, PETTIGREW et al, 1987) ou d'une méthode basée sur la pesée des porcelets avant et après chaque tétée (LE DIVIDICH et NOBLET, 1981 ; MILON et al, 1983). Cette dernière méthode suppose de retirer les porcelets pendant la majeure partie du temps et de les replacer sous la truie à intervalles réguliers pour qu'ils têtent. Elle est donc perturbante pour les truies et les porcelets et conduit probablement à une modification de la prise de colostrum. Par ailleurs, elle présente des problèmes de précision et conduit à sous estimer la production de colostrum d'environ 30% (RUDOLPH, 1984). Elle a permis d'estimer la production de colostrum des truies au cours des 24 heures post-partum à environ 3000 g (LE DIVIDICH et NOBLET, 1981 ; MILON et al, 1983). Cette estimation majorée de 30% est proche de la nôtre.

Notre étude montre qu'une forte production laitière n'est pas associée à une taille de portée à la naissance plus élevée (nés totaux ou nés vivants) mais peut être reliée au poids de la portée à la naissance (calculé sur les nés vivants). Cependant, l'augmentation du poids de naissance de la portée (+18 %) est très inférieure à celle de la production de colostrum (+55 %). D'après LE DIVIDICH et al (2004), le gain de poids de la portée entre la naissance et 24 heures est indépendant des caractéristiques de la portée, suggérant également que la production de colostrum est peu dépendante de ces caractéristiques. Par contre, la taille de la portée influence de manière marquée la production laitière (ETIENNE et al, 1998). L'indépendance entre la production de colostrum et la taille de la portée a pour conséquence évi-

dente une diminution de la quantité de colostrum disponible par porcelet lorsque la taille de la portée augmente. Un autre facteur qui influence la production laitière, à savoir la parité des truies (BOYCE et al, 1997) ne semble pas varier avec la production de colostrum. Parmi les facteurs liés au déroulement de la mise bas, seule l'induction semble avoir une influence significative. En effet, le pourcentage de truies dont la mise bas est induite est significativement plus faible lorsque la production de colostrum est élevée. Ceci est associé à une gestation plus courte et un poids de portée (calculé sur les nés totaux ou les nés vivants) plus élevé à la mise bas. Le fait que la durée de gestation soit plus longue chez les truies induites est lié au mode de décision de l'induction qui n'est réalisée que si la gestation dure au moins 114 jours. Notre expérience ne permet de dissocier entre les effets de l'induction, de la durée de gestation et du poids de la portée à la naissance sur la production de colostrum. L'effet de l'induction mériterait d'être approfondi connaissant l'utilisation très courante de cette pratique en élevage.

La période péri-partum est caractérisée par d'importants changements de natures hormonale et métabolique se manifestant par la diminution de la concentration de progestérone et le passage progressif d'un état anabolique à un état catabolique. Un défaut de synchronisme entre les variations de concentrations de ces hormones pourrait avoir des répercussions importantes sur la production de colostrum, voire sur la lactogénèse. Par exemple, la persistance d'une concentration plasmatique élevée de progestérone après la mise bas est associée à un faible gain de poids de la portée au cours des 3 premiers jours (DE PASSILLÉ et al, 1993). Dans notre étude, nous avons déterminé les concentrations de progestérone, oestradiol et prolactine dans le colostrum qui peuvent être considérées comme de bons marqueurs de leurs concentrations plasmatiques aux alentours de la mise bas (DEVILLERS et al, 2004b). La concentration de ces hormones est similaire à T_2 chez les truies faiblement et fortement productrices de colostrum ce qui peut sembler surprenant. Cependant, si la prolactine est indispensable à l'initiation de la lactation (FARMER et al, 1998), il n'y a pas d'effet dose-dépendant entre la concentration plasmatique de prolactine et la production laitière (FARMER et al, 1999). Par ailleurs, il est possible que l'effet intégrateur du colostrum dans le temps ait pu masquer les variations rapides et les écarts de concentrations dans le plasma expliquant ainsi l'absence de lien entre les concentrations hormonales dans le colostrum et les quantités produites. Finalement, l'action de ces hormones sur les mécanismes de sécrétion du colostrum serait peut-être plutôt à chercher dans les jours précédant la mise bas. Des différences de concentrations apparaissent à T_{24} , notamment une réduction des concentrations d'oestradiol et de prolactine chez les truies les plus fortement productrices de colostrum. Ceci pourrait s'expliquer par une vidange plus rapide du premier colostrum riche en hormones chez ces truies.

D'une manière générale, la composition du colostrum que nous observons est conforme aux données de la bibliographie (BOURNE, 1969 ; KLOBASA et BUTLER, 1987 ; DEVILLERS et al, 2004b). Elle est caractérisée par une réduction

des concentrations hormonales et des IgG alors que celles du lactose et des lipides augmentent au cours du temps. En plus des différences déjà citées, les truies les plus fortement productrices de colostrum ont des teneurs en lactose plus faibles à T_2 alors que les concentrations en lipides sont plus élevées à T_{24} et que les concentrations en IgG sont similaires. Il est donc important de souligner que malgré une augmentation forte de l'excrétion de colostrum (presque le double) les truies fortement productrices ont un colostrum de « qualité » immunologique similaire aux autres. De même, la teneur en nutriments énergétiques n'est pas dégradée.

La consommation moyenne des porcelets que nous observons (de 297 ± 6 g/porc) est similaire à celle obtenue par la méthode de pesée des porcelets avant et après chaque tétée (212 à 290 g/porc selon LE DIVIDICH et NOBLET, 1981 ; 315 g/porc selon MILON et al, 1983). Cependant, ramenée au kg de poids vif, cette consommation est inférieure dans notre étude (214 g/kg/porc vs 250-275g/kg/porc) car nos porcelets sont en moyenne plus lourds (1,35 kg vs 1,13-1,15 kg). La consommation de colostrum par un porcelet dépend de nombreux facteurs dont les plus évidents sont le niveau de production de la mère et la taille de la portée puisque les porcelets d'une même portée doivent se partager le colostrum produit en quantité limitée par la mère. Notre étude permet de mettre en évidence le rôle d'autres facteurs tels que le poids vif à la naissance et les conditions de naissance des porcelets. La consommation de colostrum augmente de 27 g en moyenne pour 100 g supplémentaires de poids vif à la naissance, soit une valeur intermédiaire entre les 18 g rapportés dans l'étude de LE DIVIDICH et al (2004) réalisée dans des conditions expérimentales comparables et les 50 g rapportés chez des nouveau-nés alimentés au biberon (LE DIVIDICH et al, 1997). Lorsque la consommation de colostrum est calculée par porc et par kg de poids vif, elle continue à augmenter avec le poids vif (+ 6 g/porc pour 100 g de poids vif). Ceci souligne que les porcelets les plus gros ont probablement un avantage compétitif par rapport aux plus petits vis-à-vis de l'accès aux mamelles et *in fine* au colostrum.

Certaines caractéristiques des porcelets, cordon rompu et difficulté à respirer à la naissance, caractère splayleg ont une influence négative sur leur consommation de colostrum. L'effet du caractère splayleg n'est pas surprenant car il induit des difficultés de locomotion et donc des problèmes d'accès aux mamelles. La rupture du cordon ombilical augmente le risque d'asphyxie du porcelet pendant la naissance, ce qui a un impact négatif sur sa vitalité, son aptitude à rejoindre la mamelle et à téter (HERPIN et al, 1996). Il en est de même lorsque les animaux éprouvent des difficultés à respirer à la naissance.

La mortalité entre T_0 et T_{24} des porcelets est plus élevée chez les truies faiblement productrices que chez les autres. De plus, la quantité de colostrum ingérée est plus faible chez les porcelets qui meurent entre T_{24} et le sevrage que chez les autres. Cette différence est vraie lorsque la consommation de colostrum est ramenée par kg de poids (-34 %) ou non (-45 %). Ceci souligne, en accord avec la littérature, la liaison très forte qui existe entre sous consommation de colos-

trum et mortalité des porcelets (DE PASSILLÉ et RUSHEN, 1989).

La température rectale des porcelets et les concentrations plasmatiques de glucose augmentent avec la quantité de colostrum ingérée en accord avec les rôles connus du colostrum sur la thermorégulation (LE DIVIDICH et NOBLET, 1981) et la régulation de la glycémie (HERPIN et al, 1992). Les concentrations de cortisol et de lactate augmentent au contraire lorsque la quantité de colostrum ingérée diminue. Le cortisol stimule la mobilisation des réserves énergétiques et favorise la néoglucogenèse. Sa forte concentration chez les porcelets consommant peu de colostrum associée à un niveau de lactate élevé suggère un accroissement de la mobilisation des réserves en glycogène et de la néoglucogenèse. Cependant, cela n'est pas suffisant pour maintenir l'homéostasie thermique et glucidique comme le suggèrent les concentrations en cortisol et en lactate plus élevées alors que la glycémie et la température rectale sont plus faibles à T_{24} chez les porcelets qui meurent avant le sevrage que chez les autres. Une couverture immunitaire insuffisante de ces porcelets contribue probablement à expliquer aussi leur mortalité. En effet, la teneur en IgG des porcelets qui meurent entre T_{24} et le sevrage est inférieure à celle des autres même lorsque la quantité de colostrum ingérée est introduite en covariable dans le modèle statistique.

Les teneurs en IgG à T_{24} augmentent avec la quantité de colostrum ingérée en accord avec KLOBASA et al (1981 ; 1991) et JENSEN et al (2001). Cependant, d'autres facteurs de variation interviennent. On observe notamment une diminution des teneurs plasmatiques en IgG à T_{24} avec le rang de naissance. Ce résultat est en accord avec ceux de DE PASSILLÉ et al (1988) montrant une relation inverse entre l'ordre de naissance et le taux d'IgG sérique à 12 h d'âge et avec ceux de COALSON et LECCE (1973) et de BLAND et al (2000) indiquant un plus faible taux d'IgG chez les porcelets dont l'accès à la mamelle est volontairement retardé. Ceci s'explique probablement par le fait que la concentration en IgG du colostrum diminue très rapidement après le début de la mise bas et qu'en conséquence les derniers nés de la portée ont accès à un colostrum moins riche en IgG que les premiers.

Au sevrage la concentration plasmatique moyenne d'IgG est de $7,2 \pm 3,1$ mg/ml, soit une valeur 3 fois plus faible qu'à T_{24} . Une telle diminution de l'immunité est classiquement observée (JENSEN et PEDERSEN, 1979 ; KLOBASA et al, 1981). Elle est liée à la fois à l'augmentation du volume sanguin avec l'âge des porcelets et à la clearance des IgG qui ont une demi-vie de l'ordre de 10 à 13 jours (CURTIS et BOURNE, 1973 ; KLOBASA et al, 1981). Nos résultats montrent d'ailleurs que la teneur en IgG au sevrage dépend non seulement de la quantité de colostrum ingéré mais aussi de la prise de poids entre T_{24} et le sevrage.

CONCLUSION

La production de colostrum par la truie et sa consommation par les porcelets sont très variables d'un animal à l'autre. Nos résultats montrent que la production de colostrum

dépend très peu des caractéristiques de la portée, taille et poids total alors que le poids vif d'un porcelet et sa vitalité sont des déterminants essentiels de sa consommation. La qualité immune du colostrum estimée par sa concentration en IgG est également très variable d'une truie à l'autre mais indépendante du niveau de production. Les caractéristiques de la truie telles que son âge et son poids vif, celles du déroulement de la mise bas (durée, nécessité de fouille) semblent avoir peu d'influence sur le niveau de production de colostrum. Le seul facteur que nous avons identifié comme source possible de variation est l'induction de la mise bas. Des études complémentaires sont nécessaires pour confirmer ou infirmer les effets de l'induction en les isolant de ceux liés

à la durée de gestation ou au poids de la portée. Enfin, nos résultats démontrent sur de grands effectifs l'importance de la consommation du colostrum pour la survie des porcelets et pour l'acquisition d'une bonne couverture immunitaire.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient L. Thibault et S. Horth du Centre R&D de Lennoxville, L. Gaillard, D. Boutin, Y. Surel, R. Bouetard et F. Thomas de l'INRA-UMRVP, pour leur aide et leur participation à l'expérimentation et à l'analyse des échantillons. La thèse dont ce travail est issu a été co-financée par l'INRA (Paris, France) et l'Institut Technique du Porc (Paris, France).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BLAND I.M., ROOKE J.A., BLAND V.C., SINCLAIR A.G. 2000. *Proc. Nutr. Soc.*, 59, 40A.
- BOURNE F.J., 1969. *Anim. Prod.*, 11, 337-343.
- BOURNE F.J., CURTIS J., 1973. *Immunology*, 24, 157-162.
- BOYCE J.M., SMITS R.J., CAMPBELL R.G., KING R.H., 1997. In "Manipulating Pig Production". 74. Australasian Pig Science Association éd., Werribee, Australia.
- CHIANG S.H., PETTIGREW J.E., CLARKE S.D., CORNELIUS S.G., 1990. *J. Anim. Sci.*, 68, 1632-1638.
- COALSON J.A., LECCE J.G., 1973. *J. Anim. Sci.*, 36, 381-385.
- CURTIS J., BOURNE F.J., 1973. *Immunology*, 24, 147-155.
- DE PASSILLÉ A.M., RUSHEN J., PELLETIER G., 1988. *Anim. Prod.*, 47, 447-456.
- DE PASSILLÉ A.M., RUSHEN J., 1989. *Can. J. Anim. Sci.*, 69, 535-544.
- DE PASSILLÉ A.M., RUSHEN J., FOXCROFT G.R., AHERNE F.X., SCHAEFER A., 1993. *J. Anim. Sci.*, 71, 179-184.
- DEVILLERS N., VAN MILGEN J., PRUNIER A., LE DIVIDICH J., 2004a. *Anim. Sci.*, 48, 305-313.
- DEVILLERS N., FARMER C., LE DIVIDICH J., PRUNIER A., 2004b. *Reprod. Nutr. Dev.*, 44, 381-396.
- ETIENNE M., DOURMAD J.Y., NOBLET J., 1998. In "The Lactating Sow". Wagenigen Press Ed., The Netherlands, 285-299.
- FARMER C., RUSHEN J., 1998. *J. Anim. Sci.*, 76, 750-757.
- FARMER C., SORENSEN M.T., ROBERT S., PETITCLERC D., 1999. *J. Anim. Sci.*, 77, 1851-1859.
- HERPIN P., LE DIVIDICH J., VAN OS M., 1992. *J. Dev. Physiol.*, 17, 133-141.
- HERPIN P., LE DIVIDICH J., HULIN J.C., FILLAUT M., DE MARCO F., BERTIN R., 1996. *J. Anim. Sci.*, 74, 2067-2075.
- JENSEN A.R., ELNIF J., BURRIN D.G., SANGILD P.T., 2001. *J. Nutr.*, 131, 3259-3265.
- JENSEN P.T., PEDERSEN K.B., 1979. *Act. Vet. Scand.*, 20, 60-72.
- KLOBASA F., WERHAHN E., BUTLER J.E., 1981. *Res. Vet. Sci.*, 31, 195-206.
- KLOBASA F., BUTLER J.E., 1987. *Am. J. Vet. Res.*, 48, 176-182.
- KLOBASA F., WERHAHN E., HABE F. 1991. *Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr.*, 104, 223-227.
- LE DIVIDICH J., NOBLET J., 1981. *Biol. Neonate.*, 40, 167-174.
- LE DIVIDICH J., HERPIN P., PAUL E., STRULLU F., 1997. *J. Anim. Sci.*, 75, 707-713.
- LE DIVIDICH J., NOBLET T., HERPIN P., VAN MILGEN J., QUINIOU N., 1998. In "Progress in Pig Science". Wiseman J., Varley M.A., Chadwick J.P. Ed., Nottingham Press University, UK, 229-263.
- LE DIVIDICH J., MARTINEAU G.P., THOMAS F., DEMAY H., RENOULT H., HOMO C., BOUTIN D., GAILLARD L., SUREL Y., BOUETARD R., MASSARD M., 2004. *J. Rech. Porcine*, 36, 451-456.
- MILON A., AUMAITRE A., LE DIVIDICH J., FRANZ J., METZGER J.J., 1983. *Ann. Rech. Vét.*, 14, 533-540.
- NOBLET J., LE DIVIDICH J., 1981. *Biol. Neonate.*, 40, 175-182.
- PETTIGREW J.E., CORNELIUS S.G., MOSER R.L., SOWER A.F., 1987. *Livest. Prod. Sci.*, 16, 163-174.
- ROOKE J.A., BLAND I.M., 2002. *Livest. Prod. Sci.*, 78, 13-23.
- RUDOLPH B.C., 1984. Use of deuterium oxide as an estimator of milk intake and body composition of nursing pigs and the effect of oxytocin administration to the dam on early lactational performance. PhD Thesis (University of Kentucky), 190 p.
- S.A.S., 2000. Software release 8.01. SAS institute Inc., Cary, N.C.
- THOMPSON B.K., FRASER D., 1988. *Can. J. Anim. Sci.*, 68, 581-590.