

# Influences maternelles sur la consommation de colostrum et la survie néonatale du porcelet

H. QUESNEL<sup>1,2</sup>, F. GONDRET<sup>1,2</sup>, E. MERLOT<sup>1,2</sup>, C. FARMER<sup>3</sup>

<sup>1</sup> INRA, UMR1348 PEGASE, F-35590 Saint-Gilles, France

<sup>2</sup> Agrocampus Ouest, UMR1348 PEGASE, F-35000 Rennes, France

<sup>3</sup> Agriculture and Agri-Food Canada, Dairy and Swine R & D Centre, Sherbrooke, QC, Canada J1M 0C8

Courriel : [helene.quesnel@rennes.inra.fr](mailto:helene.quesnel@rennes.inra.fr)

La mortalité et la morbidité des porcelets sous la mère ont un coût économique élevé pour la filière porcine et constituent un problème majeur de santé et de bien-être animal. Toutes deux sont étroitement liées à une faible consommation de colostrum par les nouveau-nés. Identifier l'influence de la truie et de son alimentation sur la prise de colostrum est un pré-requis pour proposer de futures stratégies permettant de réduire l'incidence de ces problèmes en élevage porcin.

Les mammifères polytoques comme la truie donnent naissance à un grand nombre de jeunes par portée, qui sont relativement immatures à la naissance (Edwards 2002). Les nouveau-nés sont alors en compétition pour l'accès aux mamelles et les moins compétitifs d'entre eux mourront dans les quelques jours suivant leur naissance, faute d'alimentation. Durant les dernières décennies, la sélection génétique pour une plus grande prolificité et une moindre adiposité des carcasses chez le porc s'est accompagnée d'une augmentation substantielle de la mortalité des porcelets avant sevrage. Ainsi, sur les 20 dernières années, la prolificité a augmenté de 2 à 4 porcelets et atteint aujourd'hui 14 à 16 porcelets par portée dans de nombreux pays, notamment en Europe. En France, la taille de portée moyenne en 2013 était de 14,4 nés totaux et 13,4 nés vivants. En parallèle, le taux de pertes sur nés vivants a fortement augmenté et varie selon les pays, de 9% au Brésil à plus de 14% en France ou au Danemark (Baxter et Edwards 2013 ; Gestion Technique des Troupeaux de Truies GTTT 2013). En revanche, le taux de pertes entre le sevrage et la vente est resté globalement stable, autour de 6% en moyenne par exemple dans les élevages bretons (Gestion Technico-Economique GTE 2013).

La mortalité entre la naissance et le sevrage engendre des pertes économiques

pour l'éleveur et pose un problème éthique crucial concernant la santé et le bien-être des animaux. Plus des deux tiers de la mortalité enregistrée sous la mère se produisent dans les trois premiers jours après la naissance (Devillers *et al* 2011, Rootwelt *et al* 2013, Decaluwé *et al* 2014a). Ces pertes sont principalement consécutives à une hypothermie des porcelets, due à une consommation insuffisante de colostrum. L'hypothermie engendre en effet une léthargie qui conduit à la mort du porcelet par sous-alimentation ou par écrasement. La consommation de colostrum et donc la survie néonatale résultent d'interactions complexes entre le porcelet, la truie, la portée et l'environnement (figure 1). La consommation de colostrum dépend ainsi de l'aptitude propre du porcelet à aller téter rapidement après sa naissance et à maintenir sa température corporelle ; elle est donc influencée par le poids de naissance, la maturité physiologique et la vitalité du porcelet nouveau-né. Ces caractères pour partie interdépendants sont largement conditionnés par le développement intra-utérin. La vitalité à la naissance est également influencée par le déroulement de la mise bas. La consommation de colostrum dépend aussi de facteurs directement liés à la truie, et notamment son aptitude à produire du colostrum, son comportement maternel et son état sanitaire. Nous avons estimé ainsi que plus d'un tiers des truies ne produisent pas assez de

colostrum pour couvrir les besoins de leur portée (Quesnel *et al* 2012). Les facteurs liés à la portée sont le nombre de porcelets dans la portée et la variation des poids de naissance entre porcelets d'une même portée, que l'on nomme aussi hétérogénéité. Enfin, la température ambiante et l'aménagement des cases de mise bas sont d'importants facteurs environnementaux. Les impacts du stress (Merlot *et al* 2015 ce numéro) et de la conduite des truies pendant la gestation (Baxter et Edwards 2013) sur la survie des porcelets ont été décrits par ailleurs et ne seront donc pas présentés dans cette synthèse.

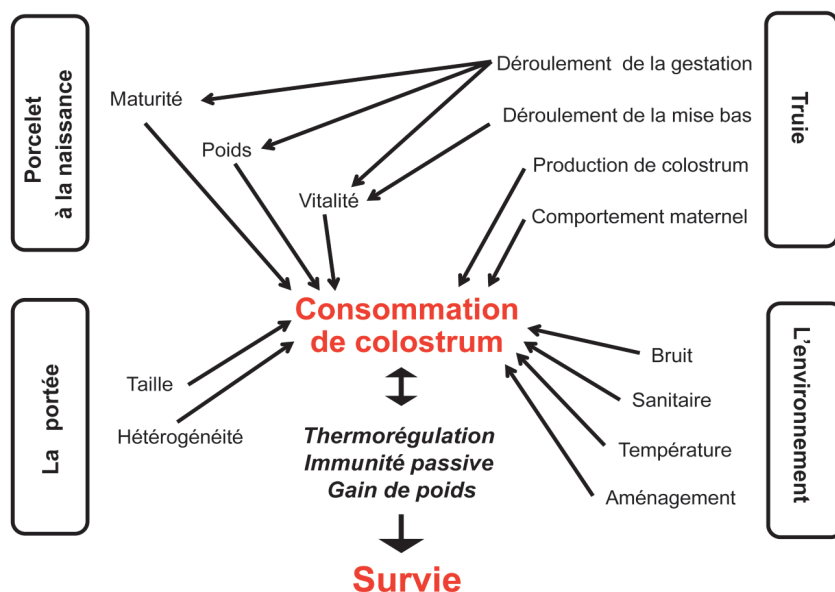
Cet article actualise les connaissances sur les relations entre la consommation de colostrum et la survie néonatale des porcelets et présente de manière plus exhaustive l'influence maternelle sur la consommation de colostrum par les porcelets. Les études visant à augmenter la prise de colostrum et à améliorer la survie néonatale par des stratégies alimentaires spécifiques sont ensuite discutées.

## 1 / Définition du colostrum

Le colostrum est la première sécrétion de la glande mammaire ; il se caractérise par de fortes concentrations en immunoglobulines et des teneurs moindres en

<sup>1</sup> Cet article est adapté d'une synthèse présentée par Quesnel *et al* (2013) à la Conférence Internationale de Reproduction Porcine (IX<sup>th</sup> ICPR, Olsztyn, Pologne).

**Figure 1.** Représentation schématique des principaux facteurs qui influencent la consommation de colostrum par un porcelet nouveau-né, et donc ses chances de survie.



lactose et lipides comparativement au lait. Chez la truie, dont le terme gestationnel est à 115 jours, la lactogénèse se met en place vers 90 jours de gestation. La lactogénèse de phase I correspond à la préparation du tissu mammaire à la synthèse des constituants du lait. La lactogénèse de phase II correspond à la sécrétion du colostrum. Il est cependant difficile de définir avec exactitude la fenêtre de sécrétion du colostrum car les sécrétions mammaires évoluent progressivement du colostrum au lait mature. Il est généralement admis qu'elle commence quelques heures avant la parturition et se prolonge environ 24 heures après le début de la mise bas. La consommation de colostrum par les porcelets pendant les 24 heures suivant leur naissance peut être estimée par des équations de prédiction combinant leur gain de poids durant cette période et leur poids de naissance (Devillers *et al* 2004, Theil *et al* 2014a). Le volume de colostrum produit par la truie est calculé en sommant les consommations individuelles des porcelets de la portée. La consommation de colostrum par les porcelets est généralement exprimée en g (pour un poids moyen de naissance de 1,4 kg) ou en g par kg de poids vif. Dans ce texte, le terme « production de colostrum » fait référence à la fois au volume et à la composition du colostrum produit.

## 2 / Rôle du colostrum dans la survie néonatale

### 2.1 / Rôles du colostrum pour le porcelet nouveau-né

Comme de nombreux jeunes mammifères, les porcelets lors de la naissance sont brutalement soumis à un environ-

nement d'au moins 10°C en dessous de leur température de neutralité thermique (approximativement 39,2°C). L'activation de différents mécanismes thermorégulateurs pour garantir l'homéothermie est donc essentielle à leur survie. Contrairement aux autres jeunes mammifères, le porcelet est dépourvu de tissu adipeux brun spécialisé dans la production de chaleur. La teneur en lipides corporels du jeune porcelet est aussi très faible, représentant moins de 2% du poids vif (Seerley et Poole 1974). Dans les lignées françaises de race Large White, la sélection pour une moindre adiposité des carcasses adultes a réduit non seulement les teneurs en lipides corporels mais aussi les teneurs en glycogène hépatique des porcelets (Canario *et al* 2007), ce qui exacerbe le problème. Ainsi, ces réserves énergétiques sont totalement épuisées 12 à 17 h après la naissance si le porcelet ne boit pas de colostrum (Theil *et al* 2011). Le colostrum est donc essentiel pour la survie précoce du porcelet comme source de nutriments énergétiques (lactose, lipides) pouvant être oxydés pour la thermorégulation.

Comme d'autres jeunes mammifères tels que le veau, l'agneau ou encore le chevreau, le porcelet naît dépourvu d'immunoglobulines et son système immunitaire, bien que fonctionnel, n'est pas encore mature (Rooke et Blanc 2002). Un autre rôle essentiel du colostrum est donc de fournir une immunité passive aux porcelets nouveau-nés. En effet, le colostrum est riche en immunoglobulines de type G (IgG). Les concentrations en IgG du colostrum diminuent rapidement durant les 24 heures suivant le début de la mise bas pour atteindre des niveaux très bas dans le lait. Le colostrum contient aussi des IgA qui protègent la

muqueuse intestinale contre les pathogènes, prévenant ainsi les diarrhées néonatales et réduisant la mortalité qui y est associée. Le colostrum contient également des cellules immunitaires et de nombreux composés modulateurs de l'immunité comme des cytokines qui interviennent dans la réponse aux pathogènes et participeraient à la maturation du système immunitaire du porcelet (Salmon *et al* 2009).

Enfin, le colostrum permet l'adaptation physiologique des porcelets nouveau-nés à la vie extra-utérine. Il fournit en effet des enzymes digestives et stimule diverses voies métaboliques (Herpin *et al* 2005). Les facteurs de croissance qu'il contient stimulent en particulier le développement et la maturation du tractus gastro-intestinal (Xu *et al* 2002). De plus, la « fermeture » de la barrière intestinale qui survient dans les 24 heures suivant la naissance est induite par la quantité de nutriments ingérés par le porcelet, et donc par la consommation de colostrum. Enfin, le colostrum stimulerait aussi le développement du cerveau du nouveau-né (Pierzynowski *et al* 2014) ainsi que le développement utérin des femelles à la naissance (Bartol *et al* 2009).

### 2.2 / Relations entre consommation de colostrum et performances des porcelets

La consommation de colostrum pendant les 24 heures de vie postnatale est très variable d'un porcelet à l'autre. Estimée par l'équation de Devillers *et al* (2004), elle est en moyenne de 250-300 g par porcelet mais peut varier de 0 à plus de 700 g (Devillers *et al* 2007, Quesnel 2011, Decaluwé *et al* 2014a). Une consommation de colostrum inférieure à 200-220 g (soit moins de 160 g par kg de poids vif) est associée à une augmentation considérable du risque de mortalité (Devillers *et al* 2011, Decaluwé *et al* 2014a). Ainsi, seulement 5 à 7% des porcelets qui consomment plus de 200 g de colostrum meurent avant le sevrage, alors que, parmi les porcelets qui consomment moins de 200 g, le taux de mortalité atteint 23% à 3 jours d'âge et varie de 27 à 43% au sevrage (Devillers *et al* 2011, Decaluwé *et al* 2014a). Cette mortalité est associée à un degré accru d'hypothermie et d'hypoglycémie des porcelets à 24 heures (Devillers *et al* 2011), ce qui signifie que la mortalité néonatale et la mortalité entre la naissance et le sevrage sont principalement liées à un déficit d'énergie pendant le premier jour de vie postnatale.

Les relations entre consommation de colostrum, immunité passive et survie et santé des porcelets sont moins bien connues. Les concentrations plasmatiques

en IgG des porcelets à 24 heures d'âge augmentent avec la consommation de colostrum, mais la courbe tend rapidement vers un plateau (Rooke et Bland 2002, Devillers *et al* 2007). Outre la quantité de colostrum ingérée, l'acquisition de l'immunité systémique dépend aussi de la concentration en IgG du colostrum, du rang de naissance du porcelet et de sa capacité d'absorption intestinale des IgG. Les porcelets dont les concentrations plasmatiques d'IgG sont inférieures à 10 mg/ml à 1 ou 3 jours d'âge présentent un risque accru de mortalité (33 vs 10%, Machado-Neto *et al* 1987, Cabrera *et al* 2012). Néanmoins, il n'est pas établi dans quelle mesure cette relation est liée au rôle protecteur des IgG et/ou au fait que les teneurs en IgG plasmatiques reflètent simplement l'ingestion d'énergie et de nutriments. Quoi qu'il en soit, comme la concentration plasmatique en IgG des porcelets au sevrage est corrélée positivement à celle à 24 heures d'âge, l'acquisition d'une bonne immunité passive systémique est essentielle.

La quantité de colostrum consommée pendant les 24 heures suivant la naissance a aussi un impact sur la croissance des porcelets jusqu'au sevrage, et cette relation est vraie indépendamment du poids de naissance. Ainsi le gain de poids individuel jusqu'à 3, 7, 21 ou 28 jours est corrélé positivement au poids de naissance et à la consommation de colostrum, et est corrélé négativement avec le temps écoulé entre la naissance et la première prise de colostrum (Devillers *et al* 2011, Decaluwé *et al* 2014a).

### 3 / Les facteurs maternels qui influencent la consommation de colostrum

#### 3.1 / Le poids et la maturité des porcelets à la naissance

Le poids de naissance est un facteur majeur de la capacité du porcelet à lutter contre l'hypothermie à la naissance (Kammersgaard *et al* 2011) et de sa survie durant la période naissance-sevrage (Roehe et Kalm 2000, Tuchscherer *et al* 2000, Quiniou *et al* 2002, Baxter *et al* 2008). Ainsi, le risque de mortalité est supérieur à 30% quand le poids de naissance individuel est inférieur à 1 kg, varie de 10 à 15% entre 1,0 et 1,4 kg, et est inférieur à 5% au-delà de 1,6 kg (Roehe et Kalm 2000, Quiniou *et al* 2002). L'impact du poids de naissance sur la survie s'explique en partie par le rôle majeur du poids de naissance dans la prise de colostrum.

Le poids de naissance est l'expression du développement prénatal de l'individu. Il est dépendant de facteurs géné-

tiques d'origine maternelle et paternelle, et de facteurs liés à l'environnement utérin (durée de la gestation, statut endocrinien et métabolique de la truie, apports nutritionnels...). Un des effets majeurs de la réduction du poids corporel est une moindre maturité physiologique et tissulaire des porcelets autour de la naissance (Gondret *et al* 2013). C'est pourquoi la relation entre poids de naissance et survie doit être considérée au sein d'une race donnée. Par exemple, les porcelets de race Meishan ont une meilleure survie néonatale malgré un poids de naissance plus faible que celui des porcelets de races européennes (900 g vs 1,2 kg pour des porcelets de race Large White). Ceci est lié au fait que les porcelets Meishan sont plus matures à la naissance comme en témoignent leur indice de masse corporelle plus élevé, des réserves lipidiques plus élevées, un foie relativement plus lourd, un métabolisme hépatique plus efficace et un métabolisme supérieur des carbohydrates dans le muscle (Fainberg *et al* 2012, Canario *et al* 2014a, Voillet *et al* 2014). Au sein de la race Large White, la sélection des truies pour l'hyperprolificité s'est accompagnée d'une diminution de la maturité des porcelets à la naissance, illustrée par une réduction du poids du foie, des réserves en glycogène hépatique et des quantités de lipides corporels (Canario *et al* 2007), ainsi que d'une moindre mobilité des porcelets nouveau-nés (Canario *et al* 2014b). L'importance de considérer la maturité à la naissance pour gérer la survie néonatale est finalement illustrée par les résultats d'une sélection expérimentale au sein d'une lignée maternelle : les porcelets issus d'une lignée sélectionnée pour une survie néonatale élevée présentent des poids relatifs d'organes et des réserves en glycogène et en lipides plus élevés que les porcelets issus d'une lignée à faible mérite génétique pour la survie (Leenhouders *et al* 2002).

Si le poids d'un porcelet influence positivement sa consommation individuelle, une plus grande hétérogénéité des poids de naissance intra-portée est associée à une plus faible consommation moyenne de la portée (Devillers *et al* 2007). Ceci est cohérent avec le fait que l'hétérogénéité intra-portée est un facteur de variation de la maturité physiologique des porcelets et un facteur de risque pour la survie des porcelets (Milligan *et al* 2002, Damgaard *et al* 2003). La sélection de lignées maternelles de races Large White et Landrace Français en intégrant des critères de variation de poids de naissance (écart-type ou coefficient de variation) conduit à homogénéiser les poids au sein de la portée (Bouquet *et al* 2014). Néanmoins, les conséquences de cette sélection sur la survie néonatale des porcelets restent à évaluer.

#### 3.2 / La vitalité à la naissance

La vitalité du porcelet à la naissance conditionne sa capacité à accéder rapidement aux mamelles et à en extraire le colostrum. Quand le temps entre la naissance et la première tétée passe de moins de 30 minutes à plus d'une heure, la mortalité néonatale s'accroît de 4 à 19% (Decaluwé *et al* 2014a). Comme mentionné plus haut, la vitalité à la naissance est fonction à la fois du développement intra-utérin, mais aussi du déroulement de la parturition et du risque d'hypoxie qui y est associé. Ce degré d'hypoxie augmente le délai que met le porcelet pour téter (Herpin *et al* 1996). Il s'accroît avec la durée de parturition et la taille de la portée, c'est pourquoi les porcelets derniers-nés sont plus sujets à l'hypoxie que les premiers-nés.

#### 3.3 / La production de colostrum

Le volume de colostrum varie fortement entre les truies, même au sein d'un même génotype, d'un même rang de portée et d'un même élevage. Il varie de 1 à 6 kg pour une valeur moyenne de 3,5 kg (Devillers *et al* 2007, Quesnel 2011). Il est bien connu que la production de lait de la truie est stimulée par la tétée ; c'est pourquoi le volume de lait produit dépend de la taille et du poids de portée. L'impact de la portée semble cependant être bien moindre pendant la phase d'ingestion du colostrum. Ainsi, des porcelets nourris au biberon pendant les 24 premières heures post-naissance consomment plus de colostrum que des porcelets allaités sur la même période (450 vs 300 g/kg de poids vif, en moyenne, Devillers *et al* 2004), suggérant que la truie produirait moins de colostrum que ce que la portée peut consommer. De plus, le colostrum est disponible en continu pendant les 12 premières heures postpartum (de Passillé et Rushen 1989) et une tétée régulière par les porcelets devient nécessaire pour initier la lactation seulement après 16 à 24 heures postpartum (Atwood *et al* 1995, Theil *et al* 2006). Ainsi, contrairement à la production de lait, le volume de colostrum ou la croissance de la portée pendant le premier jour postpartum ne sont corrélés ni à la taille ni au poids de la portée (Devillers *et al* 2007, Quesnel 2011). Par ailleurs, le volume de colostrum est corrélé positivement au poids moyen individuel des porcelets de la portée (Devillers *et al* 2007). L'ensemble de ces résultats indique que chez les truies hyperprolifics, le volume de colostrum peut être influencé par la vitalité globale de la portée, mais qu'il dépend grandement de la capacité de la truie à produire du colostrum.

La production de colostrum est sous contrôle hormonal. Le pic de prolactine

qui survient juste avant la parturition est indispensable à la synthèse de colostrum (Farmer *et al* 1998) et il est permis par la chute préalable des concentrations plasmatiques de progestérone. Une lactogénèse très altérée (1 kg de colostrum/24 h) est liée à un retard de la chute de la progestéronémie et du pic de prolactine avant la mise bas (Foisnet *et al* 2010). En dehors de ce cas extrême, le volume de colostrum est aussi influencé par les concentrations plasmatiques de prolactine et de progestérone avant la mise bas. Ainsi, des truies nullipares qui présentent un rapport élevé prolactine/progestérone avant la mise bas produisent plus de colostrum que les truies ayant un rapport faible (4,1 vs 3,5 kg ; Loisel *et al* 2015).

La production de colostrum serait également influencée par le statut métabolique des truies. Ainsi une relation a été mise en évidence entre le métabolisme protéique et énergétique des truies en fin de gestation et le volume de colostrum (Decaluwé *et al* 2013, 2014a et b, Loisel 2014, Loisel *et al* 2014). Cependant, selon les études, le volume de colostrum est plus élevé quand la truie présente un état soit catabolique soit anabolique. Ces résultats en apparence divergents peuvent s'expliquer par des différences de rang de portée et d'état corporel des femelles dans les différentes études. De toute évidence, l'impact du statut métabolique des truies sur la production de colostrum nécessite d'être étudié plus avant, notamment dans le but d'optimiser l'alimentation de la truie en phase peripartum.

## 4 / Les stratégies alimentaires pour augmenter la survie néonatale

### 4.1 / Effets de l'alimentation maternelle pendant la gestation sur le développement fœtal et post-natal

Dans la mesure où un faible poids et une faible maturité physiologique à la naissance, deux facteurs clés dans la survie, sont considérés comme le reflet d'une sous-nutrition subie par le fœtus, de nombreuses études ont tenté d'améliorer la disponibilité des nutriments aux fœtus en modulant le régime de la truie en gestation, avec pour objectifs de changer la composition corporelle de la mère (donc ses réserves), les quantités de nutriments disponibles (*via* le métabolisme maternel) et/ou leur prélèvement par le placenta (*via* une meilleure efficacité placentaire). Les effets de ces régimes ont le plus souvent été quantifiés sur le poids de naissance, le gain de poids post-natal, la mortalité entre la naissance et le sevrage, et plus rarement sur la maturité physiologique des porcelets estimée par le poids ou la composition de tissus clés.

En comparaison avec des niveaux alimentaires recommandés en gestation, une suralimentation augmente le gain de poids et l'épaisseur de lard dorsal chez la truie gestante, mais la plupart des études s'accordent sur le fait que ceci ne permet pas d'augmenter le poids de naissance, de réduire la variation intra-portée du poids de naissance ou d'améliorer la survie (Gatford *et al* 2003, Nissen *et al* 2003, Bee 2004, Cerisuelo *et al* 2009, Hoving *et al* 2011). Le niveau d'énergie allouée à la truie gestante ne modifie pas non plus la teneur en énergie des entités utérines (fœtus, placenta et fluides utérins ; Noblet *et al* 1985).

Apporter spécifiquement plus d'énergie sous forme de lipides pendant la gestation est également sans effets sur le poids des porcelets à la naissance ou leur survie (tableau 1), mais des effets positifs ont été rapportés sur la concentration en glycogène musculaire et le gain de poids des porcelets entre la naissance et sept jours d'âge (Fainberg *et al* 2014). Un bénéfice sur la vitalité à la naissance a été aussi rapporté en modulant la nature des acides gras des suppléments lipidiques, notamment avec des huiles de poisson (tableau 2) ; ces mêmes auteurs avaient néanmoins observé, à l'inverse, une réduction de la vitalité avec un régime supplémenté en huile de thon comparativement à un régime à base de soja (Rooke *et al* 1998). Jean et Chiang (1999) ont observé quant à eux une augmentation des réserves en glycogène dans le foie et le muscle chez des porcelets issus de truies nourries à partir du 84<sup>ème</sup> jour de gestation avec un régime riche en acides gras à chaînes courtes et moyenne (C8:0 et C12:0) comparativement à un régime riche en soja (C18:2 n-6), avec des effets positifs sur la survie à trois jours pour les porcelets les plus petits (pesant moins de 1,1 kg). D'autres études n'ont cependant pas réussi à modifier le poids de naissance ou la survie entre la naissance et le sevrage (Tanghe et de Smet 2013 pour revue), ni à augmenter la quantité de glycogène tissulaire des porcelets en modifiant la source d'énergie (céréales vs lipides) ou la nature des acides gras du régime maternel (Theil *et al* 2014b).

Un régime hyperprotéique durant toute la gestation s'accompagne généralement d'une réduction du poids moyen à la naissance, d'une diminution des réserves adipeuses des porcelets et de leur maturité musculaire à la naissance (Rehfeldt *et al* 2011, 2012). D'autres études ont donc plutôt étudié le potentiel d'acides aminés spécifiques. Distribuer un supplément de protéines contenant plus d'acides aminés digestibles en premier mois de gestation n'a pas d'effet sur le poids de naissance ou la survie des porcelets (Hoving *et al* 2011). Avec

un supplément de L-arginine durant le dernier tiers de gestation – un acide aminé pouvant stimuler la vasodilatation, l'angiogénèse et la synthèse protéique (Le Floc'h *et al* 2012 pour une synthèse récente) – le coefficient de variation des poids de naissance est réduit mais cela est sans effet sur la survie (Quesnel *et al* 2014). Avec un supplément de L-carnitine durant toute la gestation – un dérivé de la lysine et de la méthionine susceptible d'agir sur le système « *Insulin-like Growth Factor* » – le poids à la naissance est augmenté (Eder *et al* 2001, Ramanau *et al* 2002). Cependant, toujours avec une supplémentation en L-carnitine, une étude postérieure rapporte une diminution du poids de naissance, consécutive à une augmentation de la taille de la portée (Ramanau *et al* 2004).

### 4.2 / Alimentation maternelle et développement mammaire

Un facteur primordial pour le potentiel laitier des truies est le nombre de cellules mammaires présentes en début de lactation (Head et Williams 1991). Quoiqu'il n'ait pas été clairement démontré que le développement mammaire de la truie affecte la quantité de colostrum produite, des résultats récents suggèrent que tel pourrait être le cas (Farmer *et al* 2012a). Il serait donc avantageux d'alimenter les truies de façon à stimuler leur développement mammaire. Les deux périodes de développement mammaire rapide, qui sont les périodes où une alimentation pourrait avoir un effet stimulant, sont de 90 jours d'âge à la puberté et le dernier tiers de la gestation (Sørensen *et al* 2002).

Head et Williams (1991) ont démontré que manipuler la composition corporelle de truies nullipares (ou cochettes) par différents apports de protéines et de lipides durant la gestation, affectait le développement mammaire. En effet, des cochettes grasses (36 mm d'épaisseur de lard dorsal) produisaient moins de lait (7 vs 9 L/jour) que des cochettes témoins (24 mm) pour un même poids vif et ceci était dû à une diminution du nombre de cellules mammaires. Une étude plus récente comparant des états corporels plus réalistes en production porcine a aussi démontré un effet sur le développement mammaire. Dans ce cas, ce sont les cochettes maigres (12-15 mm) qui avaient moins de parenchyme mammaire au jour 110 de gestation comparativement aux cochettes avec des épaisseurs de lard dorsal de 17-19 mm ou 21-26 mm (Farmer *et al* 2015). L'alimentation en gestation a donc un impact sur le développement mammaire. Weldon *et al* (1991) ont aussi démontré qu'augmenter l'apport d'énergie de 5,8 à 10,5 Mcal d'énergie métabolisable par jour à partir du jour 75 de gestation diminue le poids du

**Tableau 1.** Effets d'une suralimentation des truies pendant la gestation sur le poids de naissance, l'hétérogénéité de la portée, la mortalité ou la vitalité à la naissance.

Période	Traitement <sup>(1)</sup>	Effets <sup>(2)</sup>	Références
1A-50 jg <sup>(3)</sup>	+ 43%	= PN, = GMQ naissance-sevrage, = mortalité	Bee (2004)
3-33 jg	+ 30%	↗ taille de portée, ↗ CV, = PN, = mortalité	Hoving <i>et al</i> (2011)
25-50 jg	+ 50%	= PN, ↗ GMQ naissance-sevrage	Gatford <i>et al</i> (2003)
25-50/25-70 jg	A volonté (+ 42 à 48%)	= PN, = GMQ naissance-sevrage, = mortalité, ↘ lactation en 1 <sup>ère</sup> semaine	Nissen <i>et al</i> (2003)
25-50 jg/ 50-80 jg/25-80 jg	+ 100%	= PN	McNamara <i>et al</i> (2011)
25-50 jg/ 50-80 jg/25-80 jg	+ 100%	= taille de portée, = PN, = mortalité	Dwyer <i>et al</i> (1994)
45-85 jg	+ 60%	= PN, = CV, = mortalité, = GMQ naissance-sevrage	Cerisuelo <i>et al</i> (2009)
100 jg-terme	+ 27%	= PN, ↗ vitalité naissance	Quiniou (2005)

<sup>(1)</sup> En pourcentage d'augmentation par rapport à la quantité allouée aux truies du groupe contrôle ; <sup>(2)</sup> ↗ augmentation, = pas d'effet significatif, ↘ diminution, PN : Poids de Naissance, CV : Coefficient de Variation des poids de naissance intra-portée (hétérogénéité), GMQ : Gain Moyen Quotidien ; <sup>(3)</sup> jg : jours de gestation.

**Tableau 2.** Effets du régime maternel pendant la gestation sur le poids de naissance, l'hétérogénéité de la portée, la mortalité ou la vitalité à la naissance.

Période	Traitement <sup>(1)</sup>	Effets <sup>(2)</sup>	Références
3-33 jg <sup>(3)</sup>	+ Protéines	= taille de portée, = CV, = PN, = mortalité	Hoving <i>et al</i> (2011)
0-110 jg	Substitution amidon par lipides (huile de palme)	↗ mortalité 0-28 j	Almond <i>et al</i> (2014)
0-110 jg	+ Lipides (huile de palme)	↗ glycogène musculaire, = lipides intramusculaires	Fainberg <i>et al</i> (2014)
88 jg-terme	+ Lipides (+ 10% d'énergie, graisses animales et végétales)	= taille de portée, = PN, ↘ mort-nés, = mortalité et GMQ 0-21 j, ↗ teneur en lipides du lait à 24 h	Coffey <i>et al</i> (1987)
85 jg-terme	+ Lipides (+ 16% d'énergie; huile de soja)	= taille de portée, = PN, = mortalité (à 3 ou 7 j)	van der Peet-Schwering <i>et al</i> (2004)
92 jg-terme	+ Acides gras n-3 (huile de thon)	↗ vitalité (rapidité d'accès à la mamelle)	Rooke <i>et al</i> (2001)

<sup>(1)</sup> Les traitements consistent en une supplémentation de nutriments spécifiques ou une substitution de Nutriments ; <sup>(2)</sup> ↗ augmentation, = pas d'effet significatif, ↘ diminution, PN : Poids de Naissance, CV : Coefficient de Variation des poids de naissance intra-portée (hétérogénéité), GMQ : Gain Moyen Quotidien ; <sup>(3)</sup> jg : jours de gestation.

parenchyme mammaire de 21% et de l'ADN total du parenchyme de 23% au jour 105 de gestation. Par ailleurs, augmenter l'apport en protéines (330 vs 216 g de protéines brutes par jour, Weldon *et al* 1991) ou en lysine (4, 8 ou 16 g/jour, Kusina *et al* 1999) n'a eu aucun effet sur le développement mammaire. Crenshaw *et al* (1989) ont rapporté que des périodes de restriction alimentaire suivies de périodes d'alimentation compensatoire pendant la croissance, la période de finition et la gestation augmentaient la production de lait et modulaient l'expression de la caséine  $\beta$  dans le tissu mammaire. Cependant, lors d'expérimentations récentes utilisant cette même conduite alimentaire en croissance seulement (Farmer *et al* 2012b) ou en gestation seulement (Farmer *et al* 2014), il n'y a eu aucun effet bénéfique sur le développement mam-

maire en fin de gestation ou sur la croissance des porcelets. Il apparaît donc que la conduite alimentaire idéale pour optimiser le développement mammaire et par ce fait la production de lait, voire de colostrum, est encore à développer.

#### 4.3 / Alimentation maternelle pendant la phase prépartum et production de colostrum

Les études abordant l'effet de l'alimentation maternelle sur le volume de colostrum sont encore peu nombreuses, sans doute parce que ce critère ne peut pas être mesuré simplement. A notre connaissance, une seule étude porte sur l'influence du niveau d'alimentation. Elle montre que des truies suralimentées en dernière semaine de gestation (recevant

4,5 vs 1,5 kg d'aliment) produisent plus de colostrum (4,0 vs 3,5 kg) et un colostrum plus riche en lactose que les truies rationnées (Decaluwé *et al* 2014b). Les autres études récentes portent surtout sur l'impact d'une supplémentation en lipides ou en fibres alimentaires apportée en fin de gestation. Ainsi, une supplémentation de la ration des truies par 1,3% d'acide linoléique conjugué (CLA) du jour 108 de gestation jusqu'au terme tend à réduire la quantité de colostrum ingéré par les porcelets (409 vs 463 g/24 h, Krogh *et al* 2012). Hansen *et al* (2012) et Theil *et al* (2014b) ont comparé cinq aliments distribués du jour 108 de gestation jusqu'au terme et contenant soit 3% de lipides d'origine animale, soit 8% de lipides d'origines diverses apportant des proportions variées d'acides gras à chaîne moyenne ou longue. Les aliments

enrichis en huile de noix de coco ou de tournesol tendaient à avoir un effet bénéfique sur la croissance précoce des porcelets (133 et 125 g/24 h) par rapport à l'aliment standard ou enrichi en huile de poisson (76 et 80 g/24 h, respectivement, Hansen *et al* 2012). Dans une autre expérience, ces mêmes auteurs n'ont cependant pas retrouvé d'effet de ces aliments sur la consommation individuelle de colostrum ou sur le volume de colostrum produit par les truies (Theil *et al* 2014a). De même, Papadopoulos *et al* (2009) n'ont pas observé d'effet bénéfique d'une supplémentation en huile de tournesol par rapport à l'huile de poisson sur la croissance précoce des porcelets ou leur survie.

Distribuer un aliment enrichi en diverses sources de fibres (11,0 vs 2,8% de cellulose brute) du jour 28 de gestation jusqu'au terme augmente le gain de poids des porcelets en première semaine de lactation (+14% en moyenne, Guillemet *et al* 2007) et augmente de 15% le volume de colostrum produit, quoique la différence ne soit pas statistiquement significative (Quesnel *et al* 2009). Theil *et al* (2014a) ont comparé l'impact d'aliments de gestation contenant différentes teneurs et sources de fibres alimentaires (3 aliments enrichis de 32 à 40% en fibres totales, apportées par de la pulpe de pomme de terre, du résidu de pectine ou de la pulpe de betterave) à un aliment standard (17% de fibres totales). Ces aliments, fournis de l'insémination jusqu'au jour 108 de gestation, ont modifié la composition et le volume de colostrum produit ainsi

que la consommation individuelle des porcelets et leur gain de poids. Les truies consommant l'aliment enrichi en résidu de pomme de terre ont ainsi produit plus de colostrum que les truies recevant les trois autres aliments (6,2 kg vs 4,6 à 5,2 kg).

Loisel *et al* (2013) ont privilégié la fin de gestation, et donc la phase de colostrogénèse, pour supplémer les truies en fibres alimentaires. L'aliment, distribué dans les 10 derniers jours de gestation, apportait à la fois des fibres solubles et des fibres insolubles (23,4 vs 13,3% de fibres brutes). Ce traitement alimentaire n'a pas eu d'effet sur le volume de colostrum. Cependant, il a favorisé le déroulement de la mise bas (intervalle de naissance plus court en début de mise bas), réduit la mortalité des porcelets pendant la lactation (6,2 vs 14,7%) et augmenté la consommation de colostrum des petits porcelets (< 900 g à la naissance, 216 vs 137 g/24 h). Ce travail souligne l'intérêt de maintenir un aliment riche en fibres au moins jusqu'au jour de mise bas. Or, en élevage, il est fréquent que les truies passent de l'aliment gestation, riche en fibres, à l'aliment lactation qui contient moins de fibres et plus d'énergie et de protéines dans les jours qui précèdent la mise bas. Oliviero *et al* (2009) ont d'ailleurs montré que maintenir les truies avec un aliment gestation en phase peripartum (20 derniers jours de gestation et première semaine de lactation) réduisait la constipation des truies et augmentait de 16% le gain de poids des porcelets dans les cinq premiers

jours de lactation (Oliviero *et al* 2009). La conduite alimentaire de la truie en phase peripartum mérite donc d'être reconsidérée.

L'influence de l'alimentation de la truie en fin de gestation sur la composition du colostrum a été beaucoup plus étudiée que son effet sur le volume de colostrum. Les lipides et les immunoglobulines sont les composants les plus labiles du colostrum en réponse à l'alimentation maternelle. Supplémenter l'aliment des truies en lipides (et donc en énergie) augmente généralement la teneur en lipides du colostrum (voir synthèse de Farmer et Quesnel 2009). De plus, la nature des acides gras (n-3 ou n-6) du régime maternel influence les profils en acides gras du colostrum (Rooke *et al* 1998). Supplémenter l'aliment en fibres alimentaires en fin de gestation permet aussi d'augmenter la teneur lipidique du colostrum (Loisel *et al* 2013). Les fibres alimentaires augmentent les concentrations plasmatiques d'acides gras à chaîne courte qui peuvent être utilisés par la glande mammaire comme précurseurs pour la synthèse *de novo* de lipides. Enfin, de nombreuses études montrent aussi que divers ingrédients modulant l'immunité comme les pré- ou probiotiques ou certains acides gras augmentent les teneurs en IgG et/ou IgA du colostrum, ce qui peut favoriser l'immunité passive des porcelets (tableau 3). Récemment, Le Bourgot *et al* (2014) ont ainsi mis en évidence l'impact d'une supplémentation maternelle en fructo-oligosaccharides à chaîne courte (scFOS) sur les fonctions

**Tableau 3.** Manipulations nutritionnelles des concentrations d'immunoglobulines dans le colostrum et effets sur les performances des porcelets jusqu'au sevrage.

Traitement <sup>(1)</sup>	Durée en fin de gestation (+ en lactation)	Effets <sup>(2)</sup>			Références
		Concentrations en IgG et IgA du colostrum	Concentrations plasmatiques en IgG et IgA <sup>(3)</sup>	Performances des porcelets <sup>(4)</sup>	
Acide linoléique conjugué	8 j (+ 21 j lactation)	↗ IgG	↗ IgG (j 2)	= GMQ	Bontempo <i>et al</i> (2004)
Huile de foie de requin	35 j (+ 28 j lactation)	↗ IgG, = IgA	↗ IgG (j 2)	↗ GMQ	Mitre <i>et al</i> (2005)
Huiles essentielles	7 j	↗ IgG	--	--	Wang <i>et al</i> (2008)
Aliment liquide fermenté	14 j	↗ IgG, ↗ IgA	--	--	Demecková <i>et al</i> (2003)
Immunostimulants non spécifiques	28 à 42 j	↗ IgG	--	↘ diarrhées	Krakowski <i>et al</i> (2002)
Mannane-oligosaccharides	21 j (+ 21 j lactation)	↗ IgG, ↗ IgA	--	↗ GMQ ↘ mortalité	O'Quinn <i>et al</i> (2001)
Fructo-oligosaccharides	28 j (+ 28 j lactation)	= IgG, ↗ IgA	= IgG, = IgA (j7)	Immunité intestinale stimulée	Le Bourgot <i>et al</i> (2014)
<i>Saccharomyces cerevisiae boulardii</i>	21 j (+ 21 j lactation)	↗ IgG, ↗ IgA	--	--	Guillou <i>et al</i> (2012)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Gestation (+ lactation)	↗ IgG, = IgA	--	↘ diarrhées	Zanello <i>et al</i> (2012)

<sup>(1)</sup> Les traitements sont administrés en fin de gestation et beaucoup sont poursuivis pendant la lactation ; <sup>(2)</sup> ↗ augmentation, = pas d'effet significatif, ↘ diminution, -- non étudié ; <sup>(3)</sup> Concentrations en IgG dans le plasma des porcelets en début de lactation (jour entre parenthèse) ; <sup>(4)</sup> Pendant la lactation. La plupart des traitements étant poursuivis pendant la lactation, l'effet sur les performances n'est pas nécessairement attribuable au traitement alimentaire en fin de gestation.

immunitaires intestinales des porcelets. Ces observations soulignent le rôle de l'alimentation maternelle en fin de gestation sur l'immunité apportée par le colostrum et le développement postnatal de l'immunité du tractus digestif. Les conséquences de ces stratégies nutritionnelles sur la survie et la santé des porcelets jusqu'au sevrage nécessitent d'être évaluées.

## Conclusion

La survie néonatale dépend grandement d'une consommation adéquate de colos-

trum par le porcelet nouveau-né, il est donc primordial de développer des stratégies pour augmenter la quantité et la qualité du colostrum ingéré par les porcelets. Les stratégies nutritionnelles appliquées à la truie pendant la gestation échouent le plus souvent à augmenter le poids de naissance des porcelets ou leur maturité physiologique, deux des facteurs clés de la consommation de colostrum et de la survie. Cependant, les études sont souvent réalisées dans des élevages expérimentaux où les taux de mortalité sont relativement faibles. Il serait intéressant de tester les effets de telles stratégies dans certains élevages de production aux résul-

tats techniques moins optimisés. Des pistes prometteuses concernent la supplémentation des régimes de gestation en certains acides gras, certains acides aminés ou leurs métabolites. L'utilisation de composés modulant l'immunité peut sans aucun doute augmenter les teneurs en immunoglobulines du colostrum, mais le bénéfice pour la survie néonatale nécessite là aussi d'être évalué sur le terrain. Enfin, l'alimentation maternelle pendant la phase peripartum peut influencer la quantité et la qualité du colostrum et une attention particulière devra être portée à ce volet dans les recherches futures.

## Références

- Almond K.L., Fainberg H.P., Lomax M.A., Bikker P., Symonds M.E., Mostyn A., 2015. Substitution of starch for palm oil during gestation: impact on offspring survival and hepatic gene expression in the pig. *Reprod. Fert. Dev.*, 27, 1057-1064.
- Atwood C., Toussaint J.K., Hartmann P.E., 1995. Assessment of mammary gland metabolism in the sow. II. Cellular metabolites in the mammary secretion and plasma during lactogenesis II. *J. Dairy Res.*, 62, 207-220.
- Bartol F.F., Wiley A.A., Bagnell C.A., 2009. Relaxin and maternal lactocrine programming of neonatal uterine development. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1160, 158-163.
- Baxter E.M., Edwards S.A., 2013. Determining piglet survival. In: *Control of Pig Reproduction IX*. Rodriguez-Martinez H., Soede N.M., Flowers W. (Eds). Context Products Ltd., Leicester, UK, 129-143.
- Baxter E.M., Jarvis S., D'Eath R.B., Ross D.W., Robson S.K., Farish M., Nevison I.M., Lawrence A.B., Edwards S.A., 2008. Investigating the behavioural and physiological indicators of neonatal survival in pigs. *Theriogenology*, 69, 773-783.
- Bee G., 2004. Effect of early gestation feeding, birth weight, and gender of progeny on muscle fiber characteristics of pigs at slaughter. *J. Anim. Sci.*, 82, 826-836.
- Bontempo V., Sciannimanico D., Pastorelli G., Rossi R., Rosi F., Corino C., 2004. Dietary conjugated linoleic acid positively affects immunologic variables in lactating sows and piglets. *J. Nutr.*, 134, 817-824.
- Bouquet A., Delaunay I., Merour I., Bellec T., Lignesche B., Sourdioux M., Bidanel J.P., Canario L., 2014. Conséquences d'une sélection sur l'homogénéité du poids des porcelets à la naissance sur la productivité numérique des truies Large White et Landrace français. *Journ. Rech. Porcine*, 46, 19-24.
- Cabrera R.A., Lin X., Campbell J.M., Moeser A.J., Odle J., 2012. Influence of birth order, birth weight, colostrum and serum immunoglobulin G on neonatal piglet survival. *J. Anim. Sci. Biotech.*, 3, 42-50.
- Canario L., Père M.C., Tribut T., Thomas F., David C., Gogué J., Herpin P., Bidanel J.P., Le Dividich J., 2007. Estimation of genetic trends from 1977 to 1998 of body composition and physiological state of Large White pigs at birth. *Animal*, 1, 1409-1413.
- Canario L., Père M.C., Quesnel H., Billon Y., Hébrard W., Riquet J., Mormède P., Liaubet L., 2014a. Influences génétiques – Large White et Meishan – sur la fin du développement de fœtus purs et croisés de la même portée. *Journ. Rech. Porcine.*, 46, 25-30.
- Canario L., Bidanel J.P., Rydhmer L., 2014b. Genetic trends in maternal and neonatal behaviors and their association with perinatal survival in French Large White swine. *Front Genet.*, 5, 410.
- Cerisuelo A., Baucells M.D., Gasa J., Coma J., Carrión D., Chapinal N., Sala R., 2009. Increased sow nutrition during midgestation affects muscle fiber development and meat quality, with no consequences on growth performance. *J. Anim. Sci.*, 87, 729-739.
- Coffey M.T., Yates J.A., Combs G.E., 1987. Effects of feeding sows fat or fructose during late gestation and lactation. *J. Anim. Sci.*, 65, 1249-1256.
- Crenshaw J.D., Park C.S., Swantek P.M., Keller W.L., Zimprich R.C., 1989. Lactation response of gilts to a phased feeding regimen designed to induce compensatory growth. *J. Anim. Sci.*, 67, 107-108.
- Damgaard L.H., Rydhmer L., Løvendahl P., Grandison K., 2003. Genetic parameters for within-litter variation in piglet birth weight and change in within-litter variation during suckling. *J. Anim. Sci.*, 81, 604-610.
- Decaluwé R., Maes D., Declerck I., Cools A., Wuyts D., De Smet S., Janssens G.P.J., 2013. Changes in back fat thickness during late gestation predict colostrum yield in sows. *Animal*, 7, 1999-2007.
- Decaluwé R., Maes D., Wuyts D., Cools A., Piepers S., Janssens G.P.J., 2014a. Piglets' colostrum intake associates with daily weight gain and survival until weaning. *Livest. Sci.*, 162, 185-192.
- Decaluwé R., Maes D., Cools A., Wuyts D., De Smet S., Marescau B., De Deyn P.P., Janssens G.P.J., 2014b. Effect of periparturient feeding strategy on colostrum yield and composition in sows. *J. Anim. Sci.*, 92, 3557-3567.
- Demecková V., Tsourgiannis C.A., Brooks P.H., 2003. The effect of fermented liquid feed, fed in late pregnancy, on the protein and immunoglobulin contents of porcine colostrum. 9<sup>th</sup> Int. Symp. Digest. Physiol. Pigs, Banff, AB, Canada 2, 87-89.
- De Passillé A.M.B., Rushen J., 1989. Using early suckling behavior and weight gain to identify piglets at risk. *Can. J. Anim. Sci.*, 69, 535-544.
- Devillers N., van Milgen J., Prunier A., Le Dividich J., 2004. Estimation of colostrum intake in the neonatal pig. *Anim. Sci.*, 78, 305-313.
- Devillers N., Farmer C., Le Dividich J., Prunier A., 2007. Variability of colostrum yield and colostrum intake in swine. *Animal*, 1, 1033-1041.
- Devillers N., Le Dividich J., Prunier A., 2011. Influence of colostrum intake on piglet survival and immunity. *Animal*, 5, 1605-1612.
- Dwyer C.M., Stickland N.C., Fletcher J.M., 1994. The influence of maternal nutrition on muscle fiber number development in the porcine fetus and on subsequent postnatal growth. *J. Anim. Sci.*, 72, 911-917.
- Eder K., Ramanau A., Kluge H., 2001. Effect of L-carnitine supplementation on performance parameters in gilts and sows. *J. Anim. Physiol. Anim. Pathol.*, 85, 73-80.
- Edwards S.A., 2002. Perinatal mortality in the pig: environmental or physiological solutions? *Livest. Prod. Sci.*, 78, 3-12.
- Fainberg H.P., Bodley K., Bacardit J., Li D., Wessely F., Nigel P., Mongan N.P., Symonds M.E., Clarke L., Mostyn A., 2012. Reduced Neonatal Mortality in Meishan Piglets: A Role for Hepatic Fatty Acids? *PLoS ONE* 7 e49101.
- Fainberg H.P., Almond K.L., Li D., Rauch C., Bikker P., Symonds M.E., Mostyn A., 2014. Impact of maternal dietary fat supplementation during gestation upon skeletal muscle in neonatal pigs. *BMC Physiol.*, 14, 6.
- Farmer C., Robert S., Rushen J., 1998. Bromocriptine given orally to periparturient or lactating sows inhibits milk production. *J. Anim. Sci.*, 76, 750-757.

- Farmer C., Quesnel H., 2009. Nutritional, hormonal and environmental effects on colostrum in sows. *J. Anim. Sci.*, 87, 56-65.
- Farmer C., Palin M.F., Theil P.K., Sorensen M.T., Devillers N., 2012a. Milk production in sows from a teat in second parity is influenced by whether it was suckled in first parity. *J. Anim. Sci.*, 90, 3743-3751.
- Farmer C., Palin M.F., Martel-Kennes Y., 2012b. Impact of diet deprivation and subsequent over-allowance during prepuberty. Part 2. Effects on mammary gland development and lactation performance of sows. *J. Anim. Sci.*, 90, 872-880.
- Farmer C., Palin M.F., Martel-Kennes Y., 2014. Impact of diet deprivation and subsequent over-allowance during gestation on mammary gland development and lactation performance. *J. Anim. Sci.*, 92, 141-151.
- Farmer C., Palin M.F., Vignola M., 2015. Body condition of gilts at the end of gestation affects their mammary development. *J. Anim. Sci.*, sous presse (abstract).
- Foisnet A., Farmer C., David C., Quesnel H., 2010. Relationship between colostrum production by primiparous sows and sow physiology around parturition. *J. Anim. Sci.*, 88, 1672-1683.
- Gatford K.L., Ekert J.E., Blackmore K., De Blasio M.J., Owens J.A., Campbell R.G., Owens P.C., 2003. Variable maternal nutrition and growth hormone treatment in the second quarter of pregnancy in pigs alter semitendinosus muscle in adolescent progeny. *Br. J. Nutr.*, 90, 283-293.
- Gondret F., Père M.C., Tacher S., Daré S., Trefeu C., Le Huërou-Luron I., Louveau I., 2013. Spontaneous intra-uterine growth restriction modulates the endocrine status and the developmental expression of genes in porcine fetal and neonatal adipose tissue. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 194, 208-216.
- GTTT-GTE, 2013. Le porc par les chiffres. Les résultats nationaux, régionaux et départementaux de Gestion Technique des Troupeaux de Truies (GTTT) et de Gestion Technico-Economique (GTE) des élevages de porcs. IFIP-Institut du Porc édition, Paris, France, 44p.
- Guillemet R., Hamard A., Quesnel H., Père M.C., Etienne M., Dourmad J.Y., Meunier-Salaun M.C., 2007. Dietary fibre for gestating sows: Effects on parturition progress, behaviour, litter and sow performance. *Animal*, 1, 872-880.
- Guillou D., Sacy A., Marchand D., Le Treut Y., Le Dividich J., 2012. Influence de l'apport alimentaire de *Saccharomyces cerevisiae boulardii* sur les immunoglobulines du colostrum et du lait de truie. *Journ. Rech. Porcine*, 44, 189-190.
- Hansen A.V., Lauridsen C., Sørensen M.T., Bach Knudsen K.E., Theil P.K., 2012. Effects of nutrient supply, plasma metabolites, and nutritional status of sows during transition on performance in the next lactation. *J. Anim. Sci.*, 90, 466-480.
- Head R.H., Williams I.H., 1991. Mammogenesis is influenced by pregnancy nutrition. In: *Manipulating Pig Production III*. Batterham E.S. (Ed). Werribee, Australasian Pig Science Association, 33.
- Herpin P., Le Dividich J., Hulin J.C., Fillaut M., De Marco F., Bertin J., 1996. Effects of the level of asphyxia during delivery on viability at birth and early postnatal vitality of newborn pigs. *J. Anim. Sci.*, 74, 2067-2075.
- Herpin P., Louveau I., Damon M., Le Dividich J., 2005. Environmental and hormonal regulation of energy metabolism in early development of the pig. In: *Biology of Metabolism in Growing Animals*. Burrin D.G., Mersmann H. (Eds). Amsterdam: Elsevier Limited, 353-374.
- Hoving L.L., Soede N.M., van der Peet-Schwering C.M.C., Graat E.A.M., Feitsma H., Kemp B., 2011. An increased feed intake during early pregnancy improves sow body weight recovery and increases litter size in young sows. *J. Anim. Sci.*, 89, 3542-3550.
- Jean K.B., Chiang S.H., 1999. Increased survival of neonatal pigs by supplementing medium-chain triglycerides in late-gestating sow diets. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 76, 241-250.
- Kammersgaard T.S., Pedersen L.J., Jørgensen E., 2011. Hypothermia in neonatal piglets: Interactions and causes of individual differences. *J. Anim. Sci.*, 89, 2073-2085.
- Krakowski L., Krzyzanowski J., Wrona Z., Kostro K., Siwicki A.K., 2002. The influence of nonspecific immunostimulation of pregnant sows on the immunological value of colostrum. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, 87, 89-95.
- Kroggh U., Flummer C., Jensen S.K., Theil P.K., 2012. Colostrum and milk production of sows is affected by dietary conjugated linoleic acid. *J. Anim. Sci.*, 90, 366-368.
- Kusina J., Pettigrew J.E., Sower A.F., White M.E., Crooker B.A., Hathaway M.R., 1999. Effect of protein intake during gestation on mammary development of primiparous sows. *J. Anim. Sci.*, 77, 925-930.
- Le Bourgot C., Ferret-Bernard S., Le Normand L., Savary G., Menendez-Aparicio E., Blat S., Appert-Bossard E., Respondek F., Le Huërou-Luron I., 2014. Maternal Short-Chain Fructooligosaccharide Supplementation Influences Intestinal Immune System Maturation in Piglets. *PLoS ONE*, 9, e107508.
- Leenhouwers J.I., Knol E.F., van der Lende T., 2002. Differences in late prenatal development as an explanation for genetic differences in piglet survival. *Livest. Prod. Sci.*, 78, 57-62.
- Le Floc'h N., Gondret F., Matte J.J., Quesnel H., 2012. Towards amino acid recommendations for specific physiological and patho-physiological states in pigs. *Proc. Nutr. Soc.*, 71, 425-432.
- Loisel F., 2014. Variabilité de la production de colostrum par la truie : rôle de la prolactine et la progestérone et influence des fibres alimentaires. Doctorat d'Agrocampus Ouest (label Université Européenne de Bretagne), Rennes, France, 193p.
- Loisel F., Farmer C., Ramaekers P., Quesnel H., 2013. Effect of high dietary fiber during late pregnancy on sow physiology, colostrum production, and piglet performance. *J. Anim. Sci.*, 91, 5269-5279.
- Loisel F., Farmer C., Ramaekers P., Quesnel H., 2014. Colostrum yield and piglet growth during lactation are related to gilt metabolic and hepatic status prepartum. *J. Anim. Sci.*, 92, 2931-2941.
- Loisel F., Farmer C., van Hees H., Quesnel H., 2015. Relative prolactin to progesterone concentrations around farrowing influence sow colostrum yield. *Dom. Anim. Endocrinol.*, 53, 35-41.
- Machado-Neto R., Graves C.N., Curtis S.E., 1987. Immunoglobulins in piglets from sows heat-stressed prepartum. *J. Anim. Sci.*, 65, 445-455.
- McNamara L.B., Giblin L., Markham T., Stickland N.C., Berry D.P., O'Reilly J.J., Lynch P.B., Kerry J.P., Lawlor P.G., 2011. Nutritional intervention during gestation alters growth, body composition and gene expression patterns in skeletal muscle of pig offspring. *Animal*, 5, 1195-1206.
- Merlot E., Quesnel H., Prunier A., 2015. Conséquences du stress maternel pendant la gestation sur l'immunité et la santé des nouveau-nés en élevage. *INRA Prod. Anim.*, 28, 283-294.
- Milligan B.N., Fraser D., Kramer D.L., 2002. Within-litter birth weight variation in the domestic pig and its relation to pre-weaning survival, weight gain, and variation in weaning weights. *Livest. Prod. Sci.*, 76, 181-191.
- Mitre R., Etienne M., Martinais S., Salmon H., Allaume P., Legrand P., Legrand A.B., 2005. Humoral defence improvement and haematopoiesis stimulation in sows and offspring by oral supply of shark-liver oil to mothers during gestation and lactation. *Br. J. Nutr.*, 94, 753-762.
- Nissen P.M., Danielsen V.O., Jørgensen P.F., Oksbjerg N., 2003. Increased maternal nutrition of sows has no beneficial effects on muscle fiber number or postnatal growth and has no impact on the meat quality of the offspring. *J. Anim. Sci.*, 81, 3018-3027.
- Noblet J., Close W.H., Heavens R.P., Brown D., 1985. Studies on the energy metabolism of the pregnant sow. 1. Uterus and mammary tissue development. *Br. J. Nutr.*, 53, 251-265.
- Oliviero C., Kokkonen T., Heinonen M., Sankari S., Peltoniemi O., 2009. Feeding sows with high fibre diet around farrowing and early lactation: Impact on intestinal activity, energy balance related parameters and litter performance. *Res. Vet. Sci.*, 86, 314-319.
- O'Quinn P.R., Funderburke, D.W., Tibbetts G.W., 2001. Effects of dietary supplementation with mannan oligosaccharides on sow and litter performance in a commercial production system. *J. Anim. Sci.*, 79, 212. (Abstr.)
- Papadopoulos G.A., Maes D.G.D., van Weyenberg S., van Kempen T.A.T.G., Buyse J., Janssens G.P.J., 2009. Periparturient feeding strategy with different n-6:n-3 ratios in sows: effects on sow's performance, inflammatory and periparturient metabolic parameters. *Br. J. Nutr.*, 101, 348-357.
- Pierzynowski S., Ushakova G., Kovalenko T., Osadchenko I., Goncharova K., Gustavsson P., Prykhodko O., Wolinski J., Slujscka M., Ochnewicz P., Westrom B., Skibo G. (2014). Impact of colostrum and plasma immunoglobulin intake on hippocampus structure during early postnatal development in pigs. *Int. J. Dev. Neurosci.*, 35, 64-71.
- Quesnel H., 2011. Colostrum production by sows: variability of colostrum yield and immunoglobulin G concentrations. *Animal*, 5, 1546-1553.



- Quesnel H., Meunier-Salaün M.C., Hamard A., Guillemet R., Etienne M., Farmer C., Dourmad J.Y., Père M.C., 2009. Dietary fiber for pregnant sows: Influence on sow physiology and performance during lactation. *J. Anim. Sci.*, 87, 532-543.
- Quesnel H., Farmer C., Devillers N., 2012. Colostrum intake: influence on piglet performance and factors of variation. *Livest. Sci.*, 145, 105-114.
- Quesnel H., Gondret F., Merlot E., Loisel F., Farmer C., 2013. Sow influence on neonatal survival: a special focus on colostrum. IX<sup>th</sup> Int. Conf. Pig Reprod., Olsztyn, Pologne. In: Control of Pig Reproduction IX (eds. H Rodriguez-Martinez, NM Soede and WL Flowers), pp. 117-128. Context Products Ltd.
- Quesnel H., Quiniou N., Roy H., Lottin A., Boulot S., Gondret F., 2014. Supplying dextrose before insemination and L-arginine during the last third of pregnancy in sow diets: Effects on within-litter variation of piglet birth weight. *J. Anim. Sci.*, 92, 1445-1450.
- Quiniou N., 2005. Influence de la quantité d'aliment allouée à la truie en fin de gestation sur le déroulement de la mise bas, la vitalité des porcelets et les performances de lactation. *Journ. Rech. Porcine*, 37, 187-194.
- Quiniou N., Dagorn J., Gaudré D., 2002. Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. *Livest. Prod. Sci.*, 78, 63-70.
- Ramanau A., Kluge H., Spilke J., Eder K., 2002. Reproductive performance of sows supplemented with dietary L-carnitine over three reproductive cycles. *Archiv. für Tierernährung*, 56, 287-296.
- Ramanau A., Kluge H., Spilke J., Eder K., 2004. Supplementation of sows with L-carnitine during pregnancy and lactation improves growth of the piglets during the suckling period through increased milk production. *J. Nutr.*, 134, 86-92.
- Rehfeldt C., Lang I.S., Görs S., Hennig U., Kalbe C., Stabenow B., Brüssow K.P., Pfuhl R., Bellmann O., Nürnberg G., Otten W., Metges C.C., 2011. Limited and excess dietary protein during gestation affects growth and compositional traits in gilts and impairs offspring fetal growth. *J. Anim. Sci.*, 89, 329-341.
- Rehfeldt C., Lefaucheur L., Block J., Stabenow B., Pfuhl R., Otten W., Metges C.C., Kalbe C., 2012. Limited and excess protein intake of pregnant gilts differently affects body composition and cellularity of skeletal muscle and subcutaneous adipose tissue of newborn and weaning piglets. *Eur. J. Nutr.*, 51, 151-165.
- Roehe R., Kalm E., 2000. Estimation of genetic and environmental risk factors associated with pre-weaning mortality in piglets using generalized linear mixed models. *Anim. Sci.*, 70, 227-240.
- Rooke J.A., Bland I.M., 2002. The acquisition of passive immunity in the new-born piglet. *Livest. Prod. Sci.*, 78, 13-23.
- Rooke J.A., Bland I.M., Edwards S.A., 1998. Effect of feeding tuna oil or soybean oil as supplements to sows in late pregnancy on piglet tissue composition and viability. *Br. J. Nutr.*, 80, 273-280.
- Rooke J.A., Sinclair A.G., Edwards S.A., 2001. Feeding tuna oil to the sow at different times during pregnancy has different effects on piglet long-chain polyunsaturated fatty acid composition at birth and subsequent growth. *Br. J. Nutr.*, 86, 21-23.
- Rootwelt V., Reksen O., Farstad W., Framstad T., 2013. Postpartum deaths: piglets, placental, and umbilical characteristics. *J. Anim. Sci.*, 91, 2647-2656.
- Salmon H., Berri M., Gerds V., Meurens F., 2009. Humoral and cellular factors of maternal immunity in swine. *Dev. Comp. Immunol.*, 33, 384-393.
- Seerley R.W., Poole D.R., 1974. Effect of prolonged fasting on carcass composition and blood fatty acids and glucose of neonatal swine. *J. Nutr.*, 104, 210-217.
- Sørensen M.T., Sejrsen K., Purup S., 2002. Mammary gland development in gilts. *Livest. Prod. Sci.*, 75, 143-148.
- Tanghe S., De Smet S., 2013. Does sow reproduction and piglet performance benefit from the addition of n-3 polyunsaturated fatty acids to the maternal diet? *Vet. J.*, 197, 560-569.
- Theil P.K., Sejrsen K., Hurley W.L., Labouriau R., Thomsen B., Sørensen M.T., 2006. Role of suckling in regulating cell turnover and onset and maintenance of lactation in individual mammary glands of sows. *J. Anim. Sci.*, 84, 1691-1698.
- Theil P.K., Cordero G., Henckel P., Puggaard L., Oksbjerg N., Sørensen M.T., 2011. Effects of gestation and transition diets, piglet birth weight, and fasting time on depletion of glycogen pools in liver and 3 muscles of newborn piglets. *J. Anim. Sci.*, 89, 1805-1816.
- Theil P.K., Flummer C., Hurley W.L., Kristensen N.B., Labouriau R.L., Sørensen M.T., 2014a. Mechanistic model to predict colostrum intake based on deuterium oxide dilution technique data and impact of gestation and preparturition diets on piglet intake and sow yield of colostrum. *J. Anim. Sci.*, 92, 5507-5519.
- Theil P.K., Lauridsen C., Quesnel H., 2014b. Neonatal piglet survival: impact of sow nutrition around parturition on fetal glycogen deposition and production and composition of colostrum and transient milk. *Animal*, 8, 1021-1030.
- Tuchscherer M., Puppe B., Tuchscherer A., Tiemann U., 2000. Early identification of neonates at risk: traits of newborn piglets with respect to survival. *Theriogenology*, 54, 371-388.
- van der Peet-Schwering C.M.C., Kemp B., Binnendijk G.P., den Hartog L.A., Vereijken P.F.G., Verstegen M.W.A., 2004. Effects of additional starch or fat in late-gestating high nonstarch polysaccharide diets on litter performance and glucose tolerance in sows. *J. Anim. Sci.*, 82, 2964-2971.
- Voillet V., SanCristobal M., Lippi Y., Martin P.G., Iannuccelli N., Lascor C., Vignoles F., Billon Y., Canario L., Liaubet L., 2014. Muscle transcriptomic investigation of late fetal development identifies candidate genes for piglet maturity. *BMC Genomics*, 15, 797.
- Wang Q., Kim H.J., Cho J.H., Chen Y.J., Yoo J.S., Min B.J., Wang Y., Kim I.H., 2008. Effects of phytochemical substances on growth performance, digestibility of nutrients, faecal noxious gas content, blood and milk characteristics and reproduction in sows and litter performance. *J. Anim. Feed Sci.*, 17, 50-60.
- Weldon W.C., Thulin A.J., MacDougald O.A., Johnston L.J., Miller E.R., Tucker H.A., 1991. Effects of increased dietary energy and protein during late gestation on mammary development in gilts. *J. Anim. Sci.*, 69, 194-200.
- Xu R.J., Sangild P.T., Zhang Y.Q., Zhang S.H., 2002. Bioactive compounds in porcine colostrum and milk and their effects on intestinal development in neonatal pigs. In: *Biology of the Intestine of Growing Animals*. Zabielski R., Gregory P.C., Westrom B. (Eds). Amsterdam: Elsevier Science, 169-192.
- Zanello G., Meurens F., Serreau D., Chevalayre C., Melo S., Berri M., D'Inca R., Auclair E., Salmon H., 2012. Effects of dietary yeast strains on immunoglobulin in colostrum and milk of sows. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, 63, 694-714.

## Résumé

La cause majeure de mortalité néonatale des porcelets est l'hypothermie due à une consommation insuffisante de colostrum. La consommation de colostrum résulte d'interactions complexes entre la truie, le porcelet, la portée et l'environnement. La truie et le déroulement de la gestation peuvent influencer de nombreux facteurs qui jouent un rôle clé dans la prise de colostrum par le porcelet et ses chances de survie, comme son poids, sa maturité et sa vitalité à la naissance, ou la variabilité intra-portée du poids de naissance. La consommation de colostrum dépend aussi de la capacité de la truie à le produire en quantité suffisante pour couvrir les besoins de sa portée. Les stratégies de suralimentation des truies pendant la totalité ou une partie de la gestation pour augmenter le poids ou la maturité des porcelets à la naissance se révèlent généralement inefficaces. L'impact de ces stratégies mériterait néanmoins d'être étudié dans des élevages où les performances zootechniques sont réellement dégradées. Des pistes à explorer concernent la supplémentation des régimes de gestation en certains acides gras ou certains acides aminés. Les suppléments en composés modulant l'immunité augmentent généralement les teneurs en immunoglobulines du colostrum, mais les conséquences sur la survie néonatale nécessitent d'être étudiées sur le terrain. Enfin, l'alimentation maternelle pendant la gestation et la phase peripartum peut influencer la quantité et la qualité du colostrum consommé par les porcelets nouveau-nés et une attention particulière devra être portée à ce volet dans les recherches futures.

## Abstract

---

### *Sow influence on piglet colostrum intake and neonatal survival*

The main cause of early postnatal deaths in piglets is hypothermia due to an inadequate intake of colostrum. Colostrum consumption is the outcome of complex interactions between the sow, the piglet, the litter and the environment. The sow and gestation process may have an impact on many factors that are determinant for colostrum intake and rates of survival, such as piglet weight, maturity and vitality at birth, or within-litter variation in birth weight. Colostrum intake also depends on the ability of the sow to produce colostrum in sufficient quantity to fulfill the needs of the whole litter. Ways to reduce neonatal mortality through maternal feeding during gestation have been largely investigated. Overfeeding strategies have generally failed to increase piglet birth weight or maturity. Specific fatty acid or amino acid modulations led to more promising results on piglet vitality at birth or acquisition of passive immunity. They should be tested on production farms. There is some evidence that maternal feeding during the peripartum period may influence both the quantity and the quality of colostrum; this definitely needs to receive further attention.

QUESNEL H., GONDRET F., MERLOT E., FARMER C., 2015. Influences maternelles sur la consommation de colostrum et la survie néonatale du porcelet. INRA Prod. Anim., 28, 295-304.