

Relation entre la production spermatique et le risque d'odeur de mâle entier des descendants de race pure ou croisés

Marie-José MERCAT (1), Armelle PRUNIER (2), Nelly MULLER (3), Claire HASSENFRAZ (1), Catherine LARZUL (4)

(1) IFIP, 35651 Le Rheu, France

(2) INRA, UMR1348, PEGASE, 35590 Saint-Gilles, France

(3) INRA, UETP, 35653 Le Rheu, France

(4) INRA, UMR1313, GABI, 78350 Jouy-en-Josas, France

marie-jose.mercat@ifip.asso.fr

Avec la collaboration des organismes de sélection de Bioporc (ADN, Choice Genetics France, Gène+, Nucléus)
et des CIA Choice Genetics France, Cobiporc et Gènes Diffusion

Relation entre la production spermatique et le risque d'odeur de mâle entier des descendants de race pure ou croisés

L'étude porte sur 100 verrats issus de trois variétés de Piétrain codifiées V1 à V3 (74 verrats V1, 10 V2 et 16 V3). Pour chaque verrat, les données de 90 prélèvements de semence réalisés en CIA et des dosages de composés odorants sur en moyenne 15,4 descendants sont disponibles. Les descendants, la moitié de race pure, l'autre moitié de type Piétrain x Large-White, ont été élevés à l'INRA UETP (Le Rheu) jusqu'à 110 kg. Les risques d'odeur de mâle entier sont évalués par dosage d'androsténone et de scatol dans le gras prélevé à l'abattoir. Les données de production spermatique sont corrigées pour les effets du site de production, de l'âge et de la fréquence des prélèvements pour estimer une production spermatique moyenne par verrat et par éjaculat. Les risques d'odeur de mâle entier sont globalement faibles dans la population étudiée. Toutes variétés de Piétrain confondues, les verrats avec les plus fortes productions spermatiques ont une proportion plus faible de descendants sans risque d'odeur par rapport aux verrats à faible production spermatique. La production spermatique des pères des descendants à forte teneur en androsténone est en moyenne plus élevée que celle des pères des descendants à faible teneur. Les différences sont plus marquées avec les descendants croisés qu'avec les descendants de race pure. Les conclusions sont similaires avec les pères V1 seuls mais les écarts sont plus faibles et moins significatifs qu'avec le dispositif complet. Les écarts ne sont globalement pas significatifs avec les pères V2 et V3 seuls qui présentent des effectifs plus faibles.

Relationship between sperm production and boar taint risk of purebred or crossbred entire offspring

This study focuses on 100 boars from three Pietrain varieties: 74 V1, 10 V2 and 16 V3. On average, data on 90 ejaculates collected on AI centers and boar taint measurement on 15.4 offspring are available. Offspring, half purebred and half Pietrain x Large-White type were reared at INRA UETP (Le Rheu, France) up to 110 kg. Boar taint risk is assessed by androstenone and skatole measurements in fat taken at the slaughterhouse. Sperm production data are corrected for the production site, the age and the collection frequency to estimate an average sperm production count per boar and ejaculate. Boar taint odor risk showed to be low on average in the tested population. Considering the three Pietrain varieties altogether, boars with the highest sperm production have a lower proportion of offspring without risk of odor compared to boars with low sperm production. The sperm production of the fathers of pigs with high androstenone content in fat is on average higher than that of the fathers of low androstenone content offspring. Differences are more pronounced on crossbred offspring than on purebred ones. The conclusions are similar with V1 fathers alone but differences are smaller and less significant than with the complete experimental design. The differences are generally not significant with V2 and V3 varieties alone which are in lower numbers.

INTRODUCTION

Les porcelets mâles sont castrés pour prévenir l'apparition d'un défaut d'odeur de la viande (odeur sexuelle). Ce défaut est essentiellement dû à l'androsténone, au scatol et, dans une moindre mesure, à l'indole qui sont présents dans la viande et les tissus gras à des niveaux parfois élevés chez les mâles entiers.

Le scatol et l'indole sont produits par des bactéries dans le tube digestif à partir du tryptophane puis métabolisés dans le foie et stockés dans les tissus gras. L'androsténone est produite par les cellules de Leydig des testicules, concentrée dans les glandes salivaires et excrétée dans la salive pour servir de phéromone sexuelle.

L'abandon de la castration chirurgicale des porcelets est envisagé en Europe d'ici 2018. Cela suppose toutefois de trouver des solutions au problème d'odeur de mâle entier. Les teneurs en androsténone, scatol et indole dans le gras ou le plasma sont des caractères héréditaires ; une sélection est donc possible. Il existe cependant de fortes corrélations génétiques positives défavorables entre l'androsténone (du plasma et des tissus gras) et d'autres stéroïdes sexuels du plasma comme la testostérone ou l'oestradiol-17 β (Grindflek *et al.*, 2011 ; Parois *et al.*, 2015). Ces derniers sont également synthétisés dans les testicules et sont des hormones importantes affectant la fertilité. La sélection contre les composés odorants pourrait donc altérer les performances de reproduction. C'est pourquoi il est important de bien mesurer les conséquences d'une sélection contre l'odeur de mâle entier sur les aptitudes à la reproduction des verrats et des truies.

Relativement peu de travaux ont été publiés sur ce sujet. Certains laissent effectivement penser que de faibles teneurs en androsténone pourraient être associées à des aptitudes à la reproduction amoindries (Willeke *et al.* (1987) sur des femelles ou Bonneau *et al.* (1987) sur des verrats). D'autres études ne le confirment pas (Merks *et al.*, 2010 ; Strathe *et al.*, 2013). En particulier, des corrélations génétiques faibles mais à tendance favorable entre odeur de mâle entier et huit caractères liés à la reproduction ont récemment été estimées par Strathe *et al.* (2013).

L'objectif de la présente étude est d'étudier le lien entre production spermatique de verrats présents en Centre d'Insémination Animale (CIA), estimée par le nombre de spermatozoïdes produits par collecte, et teneurs en androsténone et scatol dans le gras de leurs descendants. Les descendants comprennent des animaux de race pure ou croisés une voie.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Animaux

1.1.1. Verrats pères

L'étude porte sur 100 verrats issus de trois variétés de Piétrain codifiées V1 à V3 (74 verrats V1, 10 V2 et 16 V3) présents dans 12 sites de production de semence de trois CIA. Les animaux étaient nourris avec un aliment spécifique verrat selon les pratiques usuelles de chaque CIA.

1.1.2. Mâles entiers en station

Les 1544 animaux de l'étude sont issus du dispositif expérimental du programme de recherche Utopige (programme de sélection génomique).

Les verrats des trois variétés de Piétrain ont servi à produire simultanément des porcelets de race pure (Purs) et des porcelets croisés avec des truies Large White ou à composante majoritaire Large White (Croisés). Les verrats ont été utilisés sur une à trois bandes (1,5 bande en moyenne). Les animaux Purs et Croisés ont été élevés de leur quatrième ou cinquième semaine d'âge à leur abattage vers 110 kg dans la station de testage du Rheu (UETP, Le Rheu) sur 11 bandes. Les conditions d'élevage ont été décrites par Larzul *et al.* (2013).

1.2. Mesures disponibles

1.2.1. Données de production spermatique

L'étude inclut tous les prélèvements de semence réalisés de la mise en production des verrats jusqu'à la date d'envoi des données par les CIA (février ou juillet 2013). La carrière des verrats est tronquée pour les verrats encore en production à cette date et est complète pour les autres. Au total, 9 033 éjaculats issus de 100 verrats sont étudiés (Tableau 1). Pour chaque collecte, la date, l'âge et le type génétique du verrat, le site de production, le volume de l'éjaculat estimé par son poids ainsi que sa concentration spermatique sont disponibles. Les méthodes de mesure de la concentration spermatique diffèrent entre sites de production : photométrie ou CASA (Computer Assisted Sperm Analyzer).

Le nombre de spermatozoïdes par prélèvement a été calculé à partir du produit du volume par la concentration spermatique de chaque prélèvement. Les collectes avec des données de concentration spermatique manquantes (479) ont été éliminées de l'analyse sauf pour le calcul des intervalles entre collectes.

1.2.2. Dosages de composés odorants

Le lendemain de l'abattage, un échantillon de bardière a été prélevé au niveau du cou et congelé à -20°C pour un dosage ultérieur de l'androsténone et du scatol. Les teneurs ont été mesurées au laboratoire de l'INRA (Saint-Gilles) par chromatographie en phase liquide à partir du gras liquide (Batorek *et al.*, 2012).

1.3. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS (SAS Inst. Inc., Version 9.4, Cary, NC).

1.3.1. Données de production spermatique

Le nombre de spermatozoïdes par prélèvement, qui suit une loi gamma, a été analysé avec la procédure GLIMMIX avec le verrat en effet répété (structure de corrélation constante entre collectes d'un même animal). Le choix du modèle a été basé sur la minimisation du critère pseudo-BIC (Bayesian Information Criterion). Les effets fixes ajoutés dans le modèle étaient : la saison de collecte sur cinq niveaux (novembre à janvier, février à mars, avril à juin, juillet à septembre, octobre), la classe d'âge du verrat sur trois niveaux (verrats de moins de un an, entre un an et 18 mois et plus de 18 mois lors de la collecte pour prendre en considération l'augmentation asymptotique de la production spermatique) et le nombre de collectes du verrat dans les 15 jours précédents. Le délai (en jours) entre collectes consécutives et l'âge à la collecte du verrat au sein de chaque classe d'âge étaient mis en covariables. Enfin, le site de production était mis en aléatoire. Le CIA, le type génétique des verrats et l'année du prélèvement n'ont pas été retenus dans le modèle car non significatifs (très supérieurs à $P = 0,05$).

La production spermatique de chaque verrat a été résumée par la moyenne des productions spermatiques prédites par le modèle (spz_moy) toutes collectes confondues et tous effets fixes pris en compte.

1.3.2. Données de composants odorants

Les teneurs en androsténone des descendants ont été mises en classes de concentration croissante (bornes exprimées en $\mu\text{g/g}$) : classe 0 $\leq 0,24$ (seuil de détection), classe 1]0,24 - 1,0], classe 2]1,0 - 3,0] (subdivisée en début d'analyses en 2a]1,0 - 2,0] et 2b]2,0 - 3,0]), classe 3 $>3,0$. Le seuil de 1,0 $\mu\text{g/g}$ d'androsténone correspond à la limite au-delà de laquelle la plupart des auteurs considèrent que la viande présente un défaut d'odeur avec un risque de rejet par le consommateur (Lundström *et al.*, 2009 ; Mathur *et al.*, 2012). Cependant, cette limite ne fait pas l'objet d'un consensus et certains auteurs considèrent qu'elle se situe plutôt à 2-3 $\mu\text{g/g}$ (Bonneau *et al.*, 2012).

Pour le scatol, les auteurs considèrent que la limite haute acceptable se situe entre 0,2 et 0,25 $\mu\text{g/g}$ (Lundström *et al.*, 2009).

Un risque d'odeur global (Risque Global) à deux niveaux a été estimé à partir des teneurs en androsténone et en scatol d'un même échantillon en utilisant les limites les plus « sévères », à savoir 1,0 $\mu\text{g/g}$ pour l'androsténone et 0,2 $\mu\text{g/g}$ pour le scatol : Risque Global nul pour les échantillons avec moins de 0,2 $\mu\text{g/g}$ de scatol et moins de 1,0 $\mu\text{g/g}$ d'androsténone, considérés indemnes d'odeur de verrat ; Risque Global égale à 1 pour les échantillons avec au moins une des teneurs en composés odorants supérieure à ces seuils. Cette seconde classe de Risque Global regroupe ainsi les viandes pouvant, potentiellement, présenter un risque d'odeur.

1.3.3. Lien entre composés odorants et production spermatique

Deux approches distinctes permettent d'estimer la relation entre production spermatique et odeur de mâle entier des descendants.

Dans un premier temps, les verrats ont été classés en quartiles en fonction de leurs productions spermatiques moyennes ajustées (procédure RANK). Le nombre de descendants par quartile et classe de risque d'odeur (Risque Global ou classe d'androsténone) a été calculé et un test de Khi-deux a été réalisé pour estimer la significativité de la déviation par rapport aux effectifs attendus (procédure FREQ). L'analyse (classement et Khi-deux) a été faite tous types génétiques des verrats confondus et aussi pour chaque variété de Piétrain. Cela, soit sans distinction du type génétique des descendants, soit en ne considérant que les descendants Purs ou les descendants Croisés.

Dans un second temps, chaque descendant a été associé à spz_moy, la production spermatique moyenne prédite de son père. Pour chaque classe de risque d'odeur précédemment définie (Risque Global ou classe d'androsténone), la moyenne des spz_moy des pères des descendants de la classe a été calculée et les différences deux à deux ont été testées par un test de Fisher (procédure GLM, option pdiff, avec la classe d'odeur comme unique effet fixe).

2. RESULTATS

2.1. Données spermatiques

Le Tableau 1 résume le jeu de données disponibles (nombre de données, moyennes brutes et écarts-types).

En moyenne, 90 prélèvements sont disponibles par verrat avec d'importantes différences entre verrats (12 prélèvements au minimum pour un verrat réformé précocement). Sur l'ensemble des données disponibles, l'âge moyen des verrats lors du prélèvement est de 611 jours.

La production spermatique moyenne brute est de 88,3 milliards de spermatozoïdes par éjaculat ce qui est conforme aux données de la littérature.

Tableau 1 – Description du jeu de données : Nombre de données (N), Moyenne et Ecart-type

	N	Moyenne	Ecart-type
Age à la collecte, j	9 033	611	261
Spermatozoïdes ¹	8 554	88,3	32,9
Nombre de collectes / verrat	100	90,3	61,4

¹En milliards de spermatozoïdes par collecte

2.2. Dosages des composés odorants

Les verrats de l'étude ont en moyenne 7,6 (entre 0 et 16) descendants Purs et 7,8 (entre 0 et 14) descendants Croisés avec des dosages d'androsténone et de scatol. Au total 1 544 descendants disposent de dosages de composés odorants : 761 Purs et 783 Croisés.

Comme illustré sur la Figure 1, une large majorité des échantillons de l'étude sont dans les classes d'androsténone 0 et 1, c'est-à-dire en-dessous du seuil de perception par le consommateur. En corollaire, les viandes de la classe 3 qui présentent un risque élevé de défaut d'odeur sont très minoritaires : cela concerne respectivement 1,6% et 2,8% des animaux Purs et Croisés. Très peu d'échantillons ont été classés dans la classe 2b (de 2,0 à 3,0 $\mu\text{g/g}$), c'est pourquoi les classes 2a et 2b ont été regroupées dans la suite des analyses, pour constituer une classe de risque intermédiaire unique (de 1,0 à 3,0 $\mu\text{g/g}$).

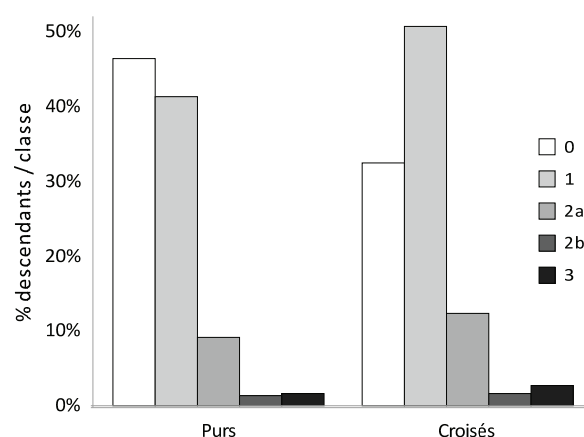


Figure 1 – Distribution des descendants entre classes de concentration en androsténone¹ selon leur type génétique

¹Classes de concentration en androsténone ($\mu\text{g/g}$) : 0 non détectable ; 1]0,24 - 1,0] ; 2a]1,0 - 2,0] ; 2b]2,0 - 3,0] ; 3 >3

Moins de 4% des échantillons dépassent le seuil de 0,2 $\mu\text{g/g}$ de scatol. Pour étudier la relation odeur-production spermatique, le risque d'odeur lié à ce composé a donc été évalué conjointement avec celui associé à l'androsténone (variable Risque Global précédemment définie).

Ces données confirment les résultats préliminaires précédemment publiés par Larzul *et al.* (2013) : les variétés de

Piétrain utilisées dans cette étude présentent globalement de faibles concentrations en androsténone et scatol en race pure et en croisement simple avec des femelles Large White ou à composante principale Large White. Par ailleurs, les animaux croisés ont des teneurs en composés odorants légèrement supérieures à celles des animaux de race pure (respectivement 0,70 µg/g contre 0,55 µg/g pour l'androsténone et 0,07 µg/g contre 0,05 µg/g pour le scatol).

2.3. Relation production spermatique - odeur

La Figure 2 illustre l'évolution relative (c'est-à-dire entre quartiles de production spermatique des pères) du pourcentage de descendants considérés indemnes d'odeur (Risque Global nul) pour la variété V1 de Piétrain seule. La proportion de descendants indemnes d'odeur présente une tendance globale à la diminution avec l'augmentation de la production spermatique. La Figure 2 montre cependant que ce sont les descendants Croisés qui expliquent en grande partie cette tendance. Les tests de Khi-deux sont significatifs avec cette population V1 seule sur les descendants croisés ($P < 0,05$).

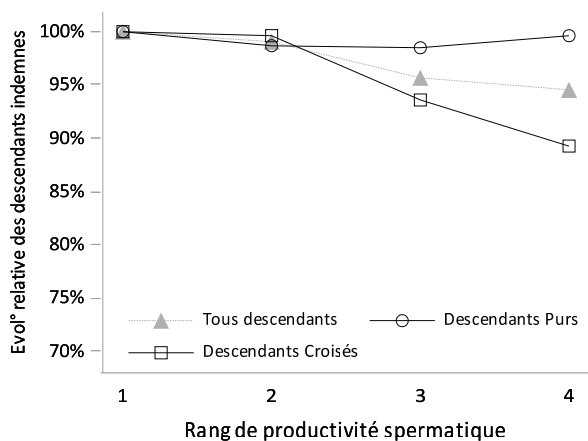


Figure 2 – Evolution relative¹, dans la variété de Piétrain V1, du pourcentage de descendants dans la classe de Risque Global nul en fonction du quartile de production spermatique des pères

¹Evolution relative : rapport calculé pour chaque quartile de productivité spermatique : % de descendants avec Risque Global nul au quartile N divisé par % de descendants avec Risque Global nul au quartile 1. Avec Risque Global nul si la teneur en androsténone est strictement inférieure à 1,0 µg/g et celle en scatol à 0,2 µg/g.

Par ailleurs, la baisse du pourcentage de descendants indemnes d'odeur entre quartiles extrêmes est plus prononcée avec les trois variétés de Piétrain qu'avec les verrats V1 seuls : sur les descendants croisés, entre le quartile 4 et le premier quartile, -10% de descendants indemnes d'odeur en V1 contre -25% pour les trois variétés confondues. Toutes variétés de Piétrain confondues, le test de Khi-deux est significatif quels que soient les types génétiques des descendants ($P < 0,001$ avec l'ensemble des descendants et avec les Croisés seuls, $P < 0,05$ avec seulement les descendants Purs).

L'analyse avec quatre classes d'androsténone conduit à des conclusions similaires à celles avec la variable Risque Global. Toutes variétés de Piétrain confondues comme dans la variété V1 seule, les tests de Khi-deux sont significatifs (respectivement $P < 0,001$ et $P < 0,05$) que l'on inclut dans l'analyse tous les descendants ou seulement les descendants Purs ou Croisés.

Cela traduit la déviation des effectifs par cellule « classe d'androsténone-quartile de spz_moy » par rapport aux attentes. En particulier, la proportion de descendants dans la classe d'androsténone 0 (non détectable) est plus forte pour les verrats des quartiles 1 et 2 de production spermatique que pour les verrats des quartiles 3 et 4. Comme précédemment, la diminution relative du pourcentage de descendants indemnes d'odeur (classes d'androsténone 0 et 1) entre quartiles extrêmes est plus marquée sur les descendants Croisés que sur les Purs.

Les tests de Khi-deux ne sont globalement pas significatifs avec les variétés de Piétrain V2 et V3, ni avec tout ou partie des descendants ni avec les quatre classes de risque d'androsténone ou la variable Risque Global. Le dispositif expérimental n'est potentiellement pas suffisamment puissant pour ces deux variétés de Piétrain à faibles effectifs (respectivement 10 et 16 verrats de CIA).

Par ailleurs, le Tableau 2 présente la production spermatique moyenne ajustée des pères en fonction de la classe de concentration en androsténone et du type de leurs descendants. Cette fois encore, les écarts entre classes extrêmes d'androsténone sont plus marqués si l'on ne considère que les descendants Croisés par rapport aux descendants Purs seuls : respectivement 10,8 milliards de spermatozoïdes/éjaculat contre 4,4 (toutes variétés de Piétrain confondues). Ils sont également plus élevés sur le dispositif expérimental complet par rapport à ceux obtenus sur la seule variété V1 : sur les descendants Croisés issus de la variété V1, 6,3 milliards de spermatozoïdes/éjaculat entre les classes d'androsténone 0 et 3 ($P > 0,05$), et un écart significatif de 3,6 milliards de spermatozoïdes/éjaculat entre les classes d'androsténone 0 et 2 ($P < 0,01$).

Tableau 2 – Productions spermatiques moyennes ajustées des pères en fonction de la classe de concentration en androsténone¹ et du type de leurs descendants, toutes variétés de Piétrain confondues, et erreurs types entre parenthèses

Classe	0	1	2	3
Tous descendants	86,8 ^a (0,3)	89,2 ^b (0,3)	91,7 ^c (0,6)	95,3 ^d (1,5)
Descendants Purs	86,9 ^a (0,5)	90,2 ^b (0,5)	91,0 ^b (1,0)	91,3 ^{ab} (2,6)
Descendants Croisés	86,6 ^a (0,5)	88,3 ^b (0,4)	92,3 ^c (0,8)	97,4 ^d (1,7)

¹Classe de concentration en androsténone (µg/g) : 0 non détectable ; 1]0,24 - 1,0] ; 2]1,0 - 3,0] ; 3 > 3,0. Sur une même ligne, les valeurs n'ayant pas de lettre commune sont significativement différentes au seuil de $P < 0,05$.

La Figure 3 (sur le dispositif expérimental complet) illustre d'une part, que l'augmentation de la concentration spermatique des pères avec l'augmentation de la classe d'androsténone est linéaire et, d'autre part, qu'il existe une large variabilité des productions spermatiques au sein de chaque classe de risque d'androsténone.

Avec les variétés de Piétrain V2 et V3, la concentration spermatique des pères tend également à augmenter avec l'augmentation de la classe d'androsténone mais ces tendances ne sont pas significatives ($P > 0,05$).

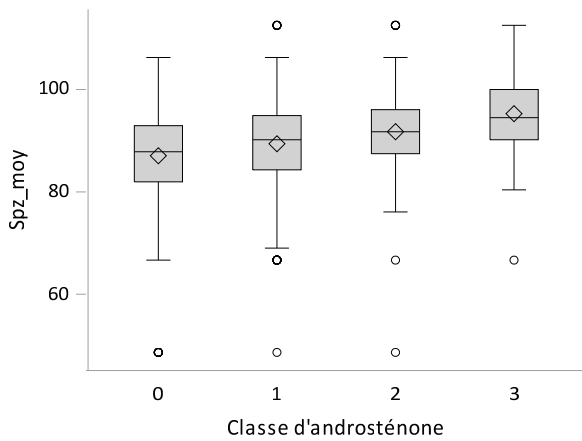


Figure 3 – Diagramme en boîte de la production spermatique moyenne ajustée (Spz_moy, en milliards de spermatozoïdes / éjaculat) des pères des descendants Purs et Croisés de chaque classe de concentration en androsténone¹ (toutes variétés de Piétrain confondues)

¹Classe de concentration en androsténone ($\mu\text{g/g}$): 0 non détectable; 1]0,24 - 1,0]; 2]1,0 - 3,0]; 3 > 3,0.

3. DISCUSSION

Dans ce dispositif expérimental, très peu d'animaux dépassent le seuil de 0,2 $\mu\text{g/g}$ de scatol; il n'a donc pas été possible d'étudier le lien entre ce composé seul et la production spermatique. Cependant les dosages de scatol ont été combinés avec les dosages d'androsténone, pour définir un risque global permettant d'estimer la proportion d'animaux indemnes d'odeur. Les trois populations Piétrain étudiées et leur croisement avec des variétés de Large-White présentent globalement un faible risque d'odeur.

Il faut souligner que les seuils de perception d'odeurs désagréables ne font pas l'objet d'un consensus. Il est par ailleurs possible qu'ils diffèrent d'un pays à l'autre en fonction des modes de cuisson et des habitudes alimentaires des consommateurs. Bonneau *et al.* (2012) avancent, en France, des seuils d'acceptabilité à la dégustation de viandes de porc de 2 à 3 $\mu\text{g/g}$ d'androsténone. Les valeurs seuils considérées dans la présente étude pour l'estimation du pourcentage de descendants indemnes de risque d'odeur (<1,0 $\mu\text{g/g}$ d'androsténone et <0,2 $\mu\text{g/g}$ de scatol) sont donc sans doute sévères.

L'étude a par ailleurs montré une relation entre la production spermatique de verrats de CIA et le risque d'odeur global de leurs descendants: les verrats qui produisent le plus de spermatozoïdes ont un plus faible pourcentage de descendants indemnes de risque d'odeur. En corollaire, la production spermatique des pères des descendants à teneur élevée en androsténone est plus élevée que celle des pères des descendants à teneur faible ou non détectable. Les écarts sont significatifs avec la population V1 seule mais pas avec les pères V2 et V3 seuls présentant des effectifs plus faibles. La généralisation de ces conclusions à ces populations est donc sujette à caution. De plus, l'analyse de la production spermatique de chaque verrot a été résumée par la moyenne des productions spermatiques. Une analyse plus fine de la montée en puissance de la production spermatique (début de carrière) donnerait des enseignements complémentaires. Il est important de préciser que les dosages de composants odorants n'ont pas été corrigés pour des effets bandes ou

types génétiques pour ne pas gommer l'effet père. Or les effets bandes sont connus pour influencer la teneur en scatol notamment. L'étude pourrait potentiellement perdre de la puissance de ce fait. Il serait donc intéressant de la compléter en estimant les valeurs génétiques des pères pour le risque d'odeur de mâle entier qui permettraient d'estimer simultanément les effets bandes et génétiques.

Une relation défavorable entre odeur de mâle et reproduction n'est pas surprenante si l'on considère les corrélations génétiques défavorables fortes entre composés odorants et stéroïdes sexuels estimées par Parois *et al.* (2015) sur les animaux de la présente étude. Bonneau *et al.* (1987) avaient déjà montré que des verrats qui présentaient une augmentation péri-pubertaire en androsténone avaient également plus de cellules de Leydig et un diamètre plus élevé de ces cellules par rapport aux verrats ne présentant pas d'augmentation. Une corrélation génétique positive défavorable entre l'odeur de mâle entier et la longueur de la glande bulbo-urétrale a en outre été trouvée en Landrace et Duroc (Tajet *et al.*, 2006).

Il convient cependant d'être prudent car nos résultats ne vont pas dans le même sens que d'autres travaux. Strathe *et al.* (2013) ont estimé, en Landrace, des corrélations génétiques faibles mais à tendance générale favorable entre odeur de mâle entier et huit caractères liés à la reproduction parmi lesquels le nombre de spermatozoïdes par éjaculat. Cela signifie qu'une sélection contre les odeurs de mâle entier pourrait ne pas dégrader la reproduction dans cette population. Dans des lignées mâles, Merks *et al.* (2010) n'avaient pas non plus trouvé de corrélation génétique significative entre les valeurs génétiques estimées pour l'odeur de mâle entier (à partir de dosages en race pure et en croisement) et le nombre de spermatozoïdes par collecte. Dans une étude sur 28 verrats seulement, Uzu et Bonneau (1980) n'avaient pas observé de relation entre androsténone et nombre de spermatozoïdes récoltés. Enfin, Lervik *et al.* (2013) n'ont pas mis en évidence, en Duroc, de corrélation entre la valeur génétique estimée pour l'androsténone ou la concentration plasmatique en testostérone et la morphologie testiculaire.

Il se peut que des différences existent entre populations. Par ailleurs, l'originalité de notre étude réside dans le fait qu'elle repose sur un testage sur descendants constitués pour moitié d'animaux de types génétiques croisés ce qui n'est généralement pas le cas dans les autres études. Or les écarts de productivité spermatique observés dans notre étude sont nettement plus marqués si l'on considère les descendants croisés par rapport aux descendants purs.

Cette étude, comme la plupart de celles décrites dans la littérature, ne traite ni de la qualité de la semence, ni des échecs de mise à la reproduction. Cependant, Strathe *et al.* (2013) ont mis en évidence une corrélation génétique modérée défavorable entre androsténone et présence de spermatozoïdes anormaux: réduire la teneur en androsténone pourrait potentiellement se traduire par une augmentation des spermatozoïdes anormaux. De plus, une sélection contre les odeurs sexuelles pourrait affecter l'aptitude à la mise à la reproduction. Dans l'étude de Uzu et Bonneau (1980) sur la production spermatique et la teneur en androsténone de verrats Large White, les mâles présentant les plus faibles niveaux d'androsténone n'avaient pu être collectés malgré des sollicitations répétées. Ces aspects qualité de semence et échec de mise à la reproduction précoces mériteraient d'être étudiés de façon plus approfondie.

CONCLUSION

Cette étude a montré un lien entre production spermatique de verrats de type Piétrain et risque d'odeur de mâle entier des descendants : les verrats avec les productivités spermatiques les plus élevées présentent moins de descendants indemnes de risque d'odeur de mâle entier. Le lien est plus marqué sur les descendants de type génétique croisé que sur les descendants de race pure. Cette conclusion mériterait d'être confirmée sur un plus grand nombre de données, notamment dans les populations V2 et V3, par une analyse plus fine de la production spermatique des verrats en début de carrière et par une estimation des valeurs génétiques pour le risque d'odeur.

REMERCIEMENTS

Les auteurs sont très redevables aux CIA pour la mise à disposition des données de production spermatiques et aux OSP pour la production des animaux. Ils remercient également le personnel de l'UETP pour l'élevage des animaux et les prélèvements réalisés à l'abattoir, Sandrine Jaguelin pour les dosages d'androsténone et de scatol et Olivier Decourt pour sa contribution à l'analyse des données et à la mise en forme des illustrations.

Cette étude a bénéficié du soutien financier de l'ANR (programme Utopige ANR10-GENOM BTV015), de BIOPORC, d'INAPORC et de FranceAgrimer.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Batorek N., Škrlep M., Prunier A., Louveau I., Noblet J., Bonneau M., Čandek-Potokar M., 2012. Effect of feed restriction on hormones, performance, carcass traits, and meat quality in immunocastrated pigs. *J. Anim. Sci.*, 90, 4593-603.
- Bonneau M., Carrie-Lemoine J., Mesure-Morat, 1987. Genital tract development and histomorphometrical traits of the testis in the young boar: Relationships with fat 5 α -androsténone levels. *Anim. Reprod. Sci.*, 259-263.
- Bonneau M., Chevillon P., Nassy G., 2012. Une approche des seuils de teneur en androsténone et en scatol déterminant l'acceptabilité des viandes de porcs mâles entiers par les consommateurs. *Journées Rech. Porcine*, 44, 37-42.
- Grindflek E., H. E. Meuwissen T., Aasmundstad T., Hamland H., Hansen M. H. S., Nome T., Kent M., Torjesen P. and Lien S., 2011. Revealing genetic relationships between compounds affecting boar taint and reproduction in pigs. *Anim. Sci.*, 89:680-692.
- Larzul C., Prunier A., Muller N., Jaguelin S., Hassenfratz C., Mercat M.J., 2013. Odeurs de verrat : effets génétiques et non génétiques. *Journées Rech. Porcine*, 45, 207-212.
- Lervik S., Oskam I., Andresen Ø., Dahl E., Haga H. A., Tajet H., Olsaker I., Ropstad E., 2013. Androsténone and testosterone levels and testicular morphology of Duroc boars related to estimated breeding value for androsténone. *Theriogenology*, 79, 986-994.
- Lundström K., Matthews R., Haugen J.-E, 2009. Pig meat quality from entire males. *Animal*, 3, 1497-1507.
- Merks J.W.M., Bloemhof S., Mathur P.K., Knol E.F., 2010. Quantitative genetic opportunities to ban castration. *Proc. Conference "European Federation of Animal Science, Symposium: Alternatives to castration in pigs"*, Heraklion, Grèce, pp. 135.
- Parois S., Prunier A., Mercat M.-J., Muller N., Merlot E., Larzul C., 2015. Relations génétiques entre caractères relatifs au développement sexuel, à l'odeur de la viande, à l'état inflammatoire et à l'agressivité chez le porc mâle entier *Journées Rech. Porcine*, 47, 49-50.
- Mathur P.K., ten Napel J., Bloemhof S., Heres L., Knol E.F., Mulder H.A., 2012. A human nose scoring system for boar taint and its relationship with androsténone and skatole. *Meat Sci.*, 91, 414-422.
- Strathe A. B., H. Velander I., Mark T., Ostensen T., Hansen C., Kadarmideen H. N., 2013. Genetic parameters for male fertility and its relationship to skatole and androsténone in Danish Landrace boars. *Anim. Sci.*, 91:4659-4668.
- Tajet H., Andresen O., Meuwissen T., 2006. Estimation of genetic parameters of boar taint; skatole and androsténone and their correlations with sexual maturation. *Acta Vet. Scand.*, 48 (Suppl 1):S9.
- Uzu G., Bonneau M., 1980. Relations entre la production spermatique et la teneur en androsténone dans les graisses du jeune verrat. *Ann. Zootech*, 29, 23-30.
- Willeke H., Claus R., Müller E., Pirchner F. and Karg H., 1987. Selection for high and low level of 5 α -androst-16-en-3-one in boars. I. Direct and correlated response of endocrinological traits. *J. Anim. Breed. Genet.*, 104:64-76.