

Odeurs de verrat : effets génétiques et non génétiques

*Catherine LARZUL (1), Armelle PRUNIER (2), Nelly MULLER (3), Sandrine JAGUELIN (1,2), Raphaël COMTE (2),
Claire HASSENFRAZ (4), Marie-José MERCAT (4)*

(1) INRA, UMR1313, GABI, Jouy-en-Josas, France

(2) INRA, UMR1348, PEGASE, St-Gilles, France

(2) Agrocampus Rennes, UMR1348, PEGASE, St-Gilles, France

(3) INRA, UETP, Le Rheu, France

(4) IFIP, Le Rheu, France

catherine.larzul@jouy.inra.fr

Odeurs de verrat : effets génétiques et non génétiques

Les filières porcines européennes se sont engagées dans une démarche volontaire d'abandon de la castration chirurgicale des porcelets mâles à l'horizon 2018. L'une des conditions de cet abandon est de résoudre les différents problèmes liés à l'élevage de mâles entiers, et plus particulièrement ceux de qualité de viande. L'une des voies privilégiées est celle de la génétique, notamment la sélection génomique. Une population ressource a donc été mise en œuvre dans des populations françaises de type Piétrain, avec un contrôle des animaux en station de testage. Environ 1000 verrats de type Piétrain ou de type croisé Piétrain x Large White ont été élevés et abattus pour déterminer les caractères de production, de développement sexuel, de composition corporelle et surtout de défaut d'odeur de viande. La concentration en testostérone plasmatique diffère d'un type génétique à l'autre, mais les différences restent globalement faibles. Cette concentration n'est pas affectée par la bande d'élevage, par le poids des animaux ou par leur âge à la mesure. La teneur en androsténone de la bardièrre n'est pas affectée par l'effet de la bande d'élevage mais varie quasiment du simple au double en moyenne d'un type génétique à l'autre, les teneurs les plus élevées étant observées à la fois dans un des types Piétrain pur et dans un des types croisés. Cette teneur augmente avec le poids d'abattage et la concentration plasmatique en testostérone. L'effet de l'âge à l'abattage dépend du type génétique. La teneur en scatol de la bardièrre est peu affectée par la concentration en testostérone mais varie d'une bande à l'autre, d'un type génétique à l'autre et diminue avec l'âge à l'abattage.

Boar taint: genetic and non-genetic effects

The European pig industry is engaged in a voluntary abandonment of surgical castration of male piglets by 2018. A condition of this abandonment is to solve different problems related to breeding boars, especially meat quality. One of the best ways is that of genetics, including genomic selection. A resource population has been implemented using French Pietrain pigs raised in a control animal testing station. About 1000 Pietrain type or cross-type Pietrain x Large White boars were raised and slaughtered to determine the characteristics of sexual development, body composition and above all meat quality traits. Plasma testosterone concentration differed from one genetic type to another, but the differences were generally small. This concentration was not affected by the batch or by the weight of the animals or by their age at measurement. Androstenone content in backfat was not affected by the batch but the average almost doubled from one genetic type to another, the highest levels being observed both in one Pietrain type and in one crossbred type. Androstenone content increased with slaughter weight and plasma testosterone concentration. The effect of slaughter age depended on the genetic type. Skatole content in backfat was little affected by the concentration of testosterone, but varied from one batch to another, from one genetic type to another and decreased with age at slaughter.

INTRODUCTION

Au niveau européen, il est prévu d'abandonner la castration chirurgicale des porcelets d'ici 2018. Les porcs mâles sont castrés pour prévenir l'apparition d'un défaut d'odeur de la viande (odeur sexuelle). Ce défaut est dû essentiellement à la présence de scatol (résidu produit par une bactérie du tube digestif) et/ou d'androsténone (stéroïde produit par les testicules) qui sont présents dans la viande et les tissus gras à des niveaux plus élevés chez les mâles entiers que chez les mâles castrés ou les femelles. De nombreuses voies sont explorées, à tous les niveaux de la filière, pour réduire l'incidence de ces défauts d'odeur chez les mâles entiers abattus.

L'étude du déterminisme génétique des teneurs en androsténone et en scatol a déjà montré qu'il est possible de réduire ces teneurs par sélection (Robic *et al.*, 2008). L'une des principales difficultés pour mener à bien ce type de sélection est de recueillir une information pertinente, à savoir sur des mâles entiers, sur un grand nombre d'animaux. De plus, en raison des relations génétiques entre androsténone et maturité sexuelle (Zamaratskaia et Squires, 2009), la sélection ne peut pas être conduite de manière identique en lignée mâle et en lignée femelle et nécessite de déterminer, pour chaque population, l'incidence de la sélection sur les caractères de fertilité et de reproduction.

L'une des modalités de sélection envisagées dans les lignées de verrat terminal est de mesurer les teneurs en androsténone et en scatol sur des échantillons de gras de bardièrre prélevés à l'abattoir. Associée à des informations de génotypage sur un très grand nombre de marqueurs, il est possible de mettre en place une sélection de type génomique pour améliorer l'efficacité de la sélection. Une population de référence, constituée d'environ 3000 porcs mâles entiers de races pures et de types génétiques croisés est en cours de constitution pour permettre la sélection contre l'odeur de verrat dans les populations de type Piétrain souvent utilisées en verrat terminal. Ce dispositif doit permettre de préciser les relations entre les performances observées sur les animaux de races pures, qui constituent la population de base de la sélection, et les animaux croisés de type porcs charcutiers qui sont élevés dans les élevages de production. Il doit également permettre de déterminer les relations entre développement sexuel et accumulation d'androsténone et de scatol dans le gras. Enfin, il permettra d'estimer les relations avec les caractères de production habituellement sélectionnés dans les lignées mâles, tels que la vitesse de croissance, l'efficacité alimentaire ou la composition corporelle.

Dans ce cadre, la présente étude, portant sur les 900 premiers animaux testés, fournit des informations sur les déterminants de la teneur en androsténone et en scatol de la bardièrre, tels que la saison d'abattage, le développement sexuel, les performances et le type génétique des animaux.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Animaux

Des verrats de trois populations de Piétrain ou à composante principale Piétrain, présents dans les CIA, ont servi à inséminer des truies de la même population pour produire des porcelets

de race pure de ces trois populations (P1, P2 et P3). Ces mêmes verrats ont été utilisés pour inséminer, de manière contemporaine, des truies Large White ou à composante majoritaire Large White pour produire des porcelets croisés (X1, X2, X3). Deux de ces populations de type Piétrain sont indemnes de l'allèle de sensibilité à l'halothane. Les porcelets mâles n'ont pas été castrés.

Vers 4 ou 5 semaines d'âge, les porcelets ont été transférés de leur élevage de naissance vers la station de testage du Rheu (UETP, Le Rheu) dans des bâtiments de post sevrage. En 2011, toutes les 10 semaines, 192 porcelets, de race pure ou croisés ont ainsi été transférés vers l'UETP, soit 960 animaux au total. Le transfert en bâtiment de contrôle, dans des cases de 12 porcs équipées d'un distributeur automatique d'aliment concentré, a été effectué vers 26 kg pour débiter le contrôle à 35 kg de poids vif. Pendant la période de contrôle, les porcs ont été nourris *ad libitum* avec un aliment dont la teneur en énergie nette (EN) était de 9,5 MJ/kg, la teneur en lysine digestible de 0,94 g/MJ EN, et celle de tryptophane digestible de 1,7 g/kg. Les animaux étaient abattus à environ 112 kg de poids vif, à l'abattoir de la Cooperl Arc Atlantique (Montfort, 35) ; des abattages ont eu lieu toutes les semaines.

1.2. Mesures réalisées

Le gain moyen quotidien (GMQ) a été calculé à partir du poids en début de contrôle, du poids en fin de contrôle et de la durée de contrôle. Une semaine avant le départ pour l'abattoir, une prise de sang a été effectuée sur les porcs pour estimer la concentration plasmatique en testostérone. L'âge des animaux à la prise de sang est disponible. Le poids d'abattage est celui de l'animal pesé à jeun la veille du départ. La composition corporelle est estimée par l'épaisseur de la bardièrre mesurée par l'abattoir (G2) et le taux de muscle des pièces (TMP) calculé à partir des poids des pièces (Daumas, 2008).

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

Le nombre de porcs mesurés pour chaque caractère, ainsi que les moyennes et écarts-types, sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1 - Effectifs, moyennes et écarts-types

Caractère	N	moyenne	Ecart-type
GMQ (g/j)	901	975	103
Poids d'abattage (kg)	901	112,6	5,8
G2 (mm)	892	11,4	2,2
TMP (%)	885	63,3	2,3
Androsténone (µg/g)	892	0,67	0,95
Scatol (µg/g)	892	0,060	0,091
Age prise de sang (j)	901	153,0	9,2
Testostérone (µg/l)	901	1,82	1,38

1.3. Analyses statistiques

La mesure des teneurs en androsténone et en scatol ne permet pas de discriminer les teneurs inférieures à 0,24 µg/g

et 0,03 µg/g, respectivement. Pour effectuer les analyses de données, pour les individus ayant une valeur inférieure à ce seuil, la teneur en androsténone (respectivement scatol) a été fixée au seuil limite de détection à savoir 0,24 µg/g (respectivement 0,03 µg/g) ce qui conduit de fait à surestimer les moyennes pour ces deux caractères. Pour ces deux caractères, plusieurs classes ont été définies. La classe ND regroupe les porcs dont les teneurs sont non détectables. La classe des valeurs basses regroupe les valeurs comprises entre les seuils de détection et les valeurs proposées dans la littérature (Bonneau *et al.*, 2012) en-deçà desquelles la viande est indemne d'odeur de verrat, à savoir 1 µg/g pour l'androsténone et 0,2 µg/g pour le scatol. Pour l'androsténone, la classe modérée regroupe les valeurs comprises entre 1 µg/g et 3 µg/g, qui correspond à des valeurs pour lesquelles le risque de défaut d'odeur est limité. La classe des valeurs hautes regroupe les individus ayant des valeurs supérieures à 3 µg/g pour l'androsténone et 0,2 µg/g pour le scatol, présentant donc des risques élevés de défaut d'odeur pour le consommateur.

L'effet de la bande d'engraissement a d'abord été testé par une analyse de variance ne prenant en compte que les types génétiques présents dans l'ensemble des bandes, pour éviter une possible confusion entre l'effet bande et l'effet type génétique. Dans un deuxième temps, l'analyse de variance a été réalisée en prenant en compte dans le modèle comme effet fixe la bande d'engraissement et le type génétique. L'analyse de variance a été effectuée sur les données brutes et, pour les mesures de testostérone, androsténone et scatol, sur les données transformées par la fonction logarithmique. Les moyennes des moindres carrés ont été estimées et les différences 2 à 2 entre les niveaux de chaque effet ont été testées en considérant un ajustement de Tukey-Kramer pour tenir compte des tests multiples.

Les corrélations de Pearson ont été estimées entre les caractères en corrigeant les valeurs pour les effets de la bande et du type génétique.

La teneur en testostérone a été utilisée pour définir des classes afin de présenter les relations entre les teneurs en testostérone, et en androsténone ou en scatol. Les classes ont été définies de manière à obtenir des effectifs relativement équilibrés dans chaque classe : 1 (<0,7 µg/l), 2 (0,7 µg/l à 1,3 µg/l), 3 (1,3 µg/l à 2,5 µg/l), 4 (>2,5 µg/l).

Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS (v9.2).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Répartition dans les différentes classes

Dans les populations étudiées, une majorité d'animaux (59,4%) a des niveaux de scatol inférieurs au seuil de détection (0,03 µg/g), et le pourcentage de verrats ayant un niveau de scatol considéré comme élevé (>0,2 µg/g) est extrêmement faible (3,5%). Pour l'androsténone, 35,3% des verrats ont une teneur inférieure au seuil de détection (0,24 µg/g), 49% ont une teneur faible, 13,2% ont une teneur modérée et 2,7% ont une teneur élevée (>3 µg/g).

Il demeure des incertitudes sur le niveau d'androsténone à partir duquel l'odeur de verrat est perceptible par le consommateur. Récemment, Bonneau *et al.* (2012) ont observé que des teneurs relativement élevées en androsténone, jusqu'à 2-3 µg/g, associées à de faibles niveaux de scatol n'étaient pas perceptibles par les consommateurs. Sur l'ensemble des animaux mesurés pour l'androsténone et le

scatol, en considérant les verrats ayant soit un niveau de scatol supérieur à 0,2 µg/g, soit un niveau d'androsténone supérieur à 3 µg/g (avec un niveau de scatol inférieur à 0,2 µg/g), 5,2% des animaux pourraient présenter des défauts détectables par le consommateur.

2.2. Effets fixes

Effet bande d'engraissement

Les animaux rentrent en engraissement toutes les 10 semaines. L'étude montre qu'il n'y a pas d'effet significatif de la bande d'engraissement (saison) sur le niveau de testostérone plasmatique, ni sur la teneur en androsténone. En revanche, l'effet de la bande d'engraissement est significatif pour la teneur en scatol ($P < 0,0001$).

L'absence d'effet bande sur la teneur en androsténone est conforme à la plupart des études précédentes qui montrent des effets limités de la température, de la variation de la durée du jour ou plus généralement de la saison sur la teneur en androsténone (Walstra *et al.*, 1999, Zamaratskaia *et al.*, 2004a). L'effet de la bande est partiellement en accord avec la littérature. Walstra *et al.* (1999) ont montré que l'effet de la saison est plus marqué pour les teneurs en scatol avec des teneurs plus élevées pour les animaux abattus en été qu'en hiver. De même, nous observons que la teneur en scatol de la première bande, abattue en été est significativement plus élevée que celle des autres bandes. En revanche, la 4^{ème} bande abattue en hiver n'est pas celle pour laquelle la teneur en scatol est la plus faible. Ce sont les bandes abattues en fin d'automne et en début de printemps qui ont les teneurs les moins élevées. Dans leur étude, Zamaratskaia *et al.* (2004a) n'ont pas observé d'effet significatif de la photopériode sur la teneur en scatol. Il est probable que les différences observées ici s'expliquent par des effets variables de la saison sur la propreté des animaux en fonction du mode de logement et de conduite des animaux. En effet, le scatol présent dans les fèces est réabsorbé au niveau de la peau et s'accumule dans les tissus gras (Prunier et Bonneau, 2006).

Effet du type génétique

L'effet du type génétique est significatif sur les teneurs en testostérone ($P = 0,02$), en androsténone ($P < 0,0001$), et en scatol ($P < 0,0001$) (tableau 2).

Tableau 2 - Moyennes ajustées par type génétique, sur l'échelle d'origine

Type génétique	testostérone ¹ µg/ml	androsténone ¹ µg/g	scatol ¹ µg/g
P1	1,31 ^a	0,36 ^a	0,038 ^a
P2	1,59 ^{ab}	0,83 ^c	0,052 ^{bc}
P3	1,37 ^{ab}	0,44 ^{ab}	0,046 ^{abc}
X1	1,45 ^{ab}	0,43 ^b	0,043 ^b
X2	1,61 ^{ab}	0,80 ^c	0,063 ^{cd}
X3	1,75 ^b	0,86 ^c	0,071 ^d

¹ Les valeurs n'ayant pas de lettre commune sont significativement différentes au seuil de 0,05.

Globalement les mâles entiers de race pure ont des teneurs en testostérone, androsténone et scatol inférieures à celles des mâles entiers croisés. Ces teneurs plus élevées en moyenne chez les porcs de type croisé résultent surtout d'un pourcentage moins important de porcs ayant des teneurs non détectables (Figure 1) et non pas d'individus présentant des valeurs élevées extrêmes.

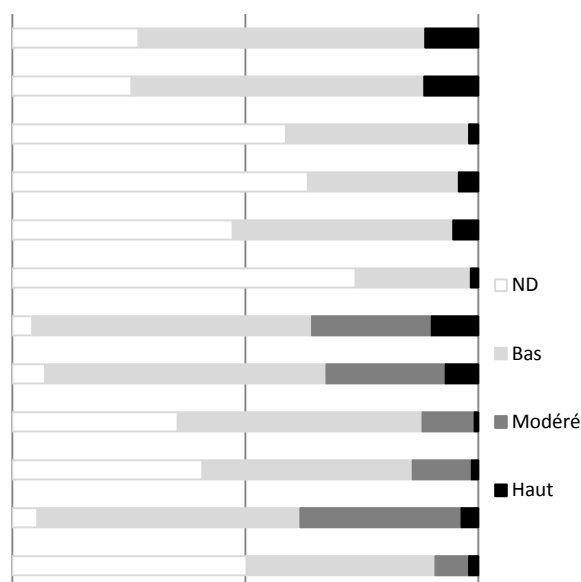


Figure 1 - Répartition entre les différentes classes définies par les teneurs en androsténone (ND<0,24 µg/g, Bas : compris entre 0,24 µg/g et 1 µg/g, Modéré : compris entre 1 µg/g et 3 µg/g, Haut >3 µg/g) et en scatol (ND<0,03 µg/g, Bas : compris entre 0,03 µg/g et 0,2 µg/g, Haut >0,2 µg/g) pour chaque type génétique.

Comme attendu, les croisés ont des teneurs en androsténone et scatol supérieures aux animaux de race pure (Hassenfratz et Varenne, 2012); les mâles entiers de race Piétrain présentent généralement des teneurs plus faibles lorsqu'ils sont comparés aux mâles entiers de race Large White pour des poids d'abattage de l'ordre de 110 kg (Aluwé *et al.*, 2011).

Au sein des populations de type Piétrain, de même qu'au sein des populations croisées, les différences ne sont pas significatives pour la teneur en testostérone. Pour la teneur en androsténone et en scatol, un des types génétiques purs (P2) tend à présenter des teneurs plus élevées. Un des types génétiques croisés (X1) présente des teneurs en androsténone

et en scatol significativement inférieures à celles des autres types génétiques croisés. Les différences entre races et croisements s'expliquent sans doute par leur constitution originelle et la sélection appliquée depuis leur constitution.

Une comparaison de différents croisements utilisés en production de porc charcutier a montré qu'il existe une variabilité du pourcentage d'animaux présentant un risque élevé de défaut d'odeur de verrat d'un type de croisement à l'autre (Hassenfratz et Varenne, 2012). Dans cette étude, le pourcentage global de verrats ayant une teneur en androsténone supérieure à 3 µg/g était de 17% pour l'ensemble des porcs charcutiers mais variait de quelques pourcents pour l'un des croisements à environ 70% pour un autre croisement. Dans les lignées mâles pures, le pourcentage d'animaux à risque élevé était également très faible (de l'ordre de quelques pourcents), alors que dans les lignées femelles pures le pourcentage d'animaux à risque élevé approchait les 50%. Nos résultats sont donc cohérents avec cette précédente étude, les verrats purs issus de lignées mâles ayant des teneurs supérieures à 3 µg/g d'androsténone représentant un faible pourcentage, le croisement avec une lignée femelle pouvant augmenter le pourcentage d'animaux à haute teneur en androsténone.

2.3. Relations entre caractères

La corrélation phénotypique entre les teneurs en testostérone plasmatique et en androsténone du tissu gras est modérée et significative, ($r=0,31$; $P<0,0001$). La corrélation phénotypique entre les teneurs en testostérone plasmatique et en scatol du tissu gras est faible et non significative. La comparaison des différentes classes définies par la teneur en testostérone montre que la teneur en androsténone augmente avec la teneur en testostérone, les différences étant significatives pour les classes 3 et 4 (Figure 2a).

Dans une moindre mesure, la teneur en scatol augmente avec la teneur en testostérone, la différence étant significative pour les plus fortes teneurs (classe 4) en testostérone (Figure 2b). Il apparaît également que la variabilité des teneurs en androsténone et en scatol augmente fortement avec l'élévation de la teneur en testostérone.

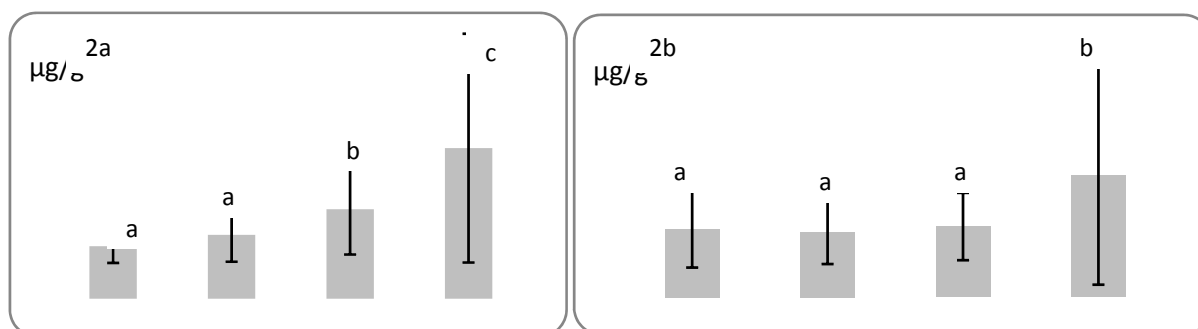


Figure 2 - Teneurs moyennes en androsténone (2a) et en scatol (2b) en fonction de la teneur en testostérone (définie par 4 classes) et leur écart-type. Les valeurs ayant des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 0,001.

L'accumulation d'androsténone étant liée au développement sexuel des mâles entiers, il est logique qu'il existe un lien positif entre la testostérone plasmatique dont la concentration augmente au cours du développement sexuel (Allrich *et al.*, 1983 ; Zamaratskaïa *et al.*, 2004b) et l'androsténone du tissu gras. Grindflek *et al.* (2011) ont publié des corrélations modérées ($r=0,2$ à $0,3$) entre la teneur en testostérone plasmatique et la teneur en androsténone dans les tissus gras

et des corrélations faibles ($r=0,1$) entre la teneur en testostérone et la teneur en scatol. Zamaratskaïa *et al.* (2005) ont montré que la teneur en testostérone était peu liée à la teneur en scatol mais que cette dernière était tout de même déterminée par le développement sexuel défini par les teneurs de plusieurs hormones testiculaires ainsi que par le développement des glandes bulbo-urétrales. La corrélation phénotypique (Figure 3) entre la teneur en androsténone et en

scatol est également modérée et significative ($r=0,29$; $P<0,0001$). Une corrélation positive entre la teneur en androsténone et la teneur en scatol est généralement observée (Zamaratskaïa et Squires, 2008), la valeur de la corrélation variant cependant de 0 à 0,73. L'existence d'une

telle liaison était également attendue puisque l'accumulation des deux composés odorants est sous la dépendance d'un même phénomène qui est le développement sexuel. De plus, il a été montré que l'androsténone inhibe la dégradation du scatol dans le foie (Zamaratskaïa et Squires, 2008).

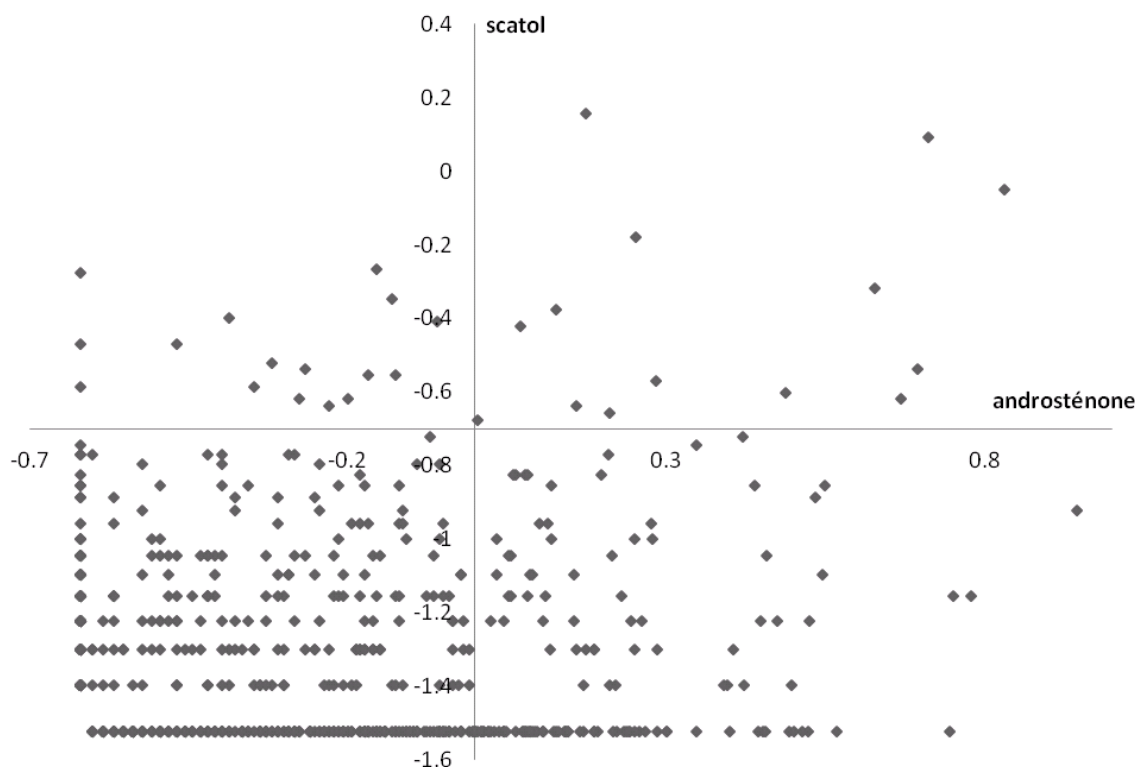


Figure 3 - Teneur en scatol en fonction de la teneur en androsténone (données transformées sur l'échelle logarithmique)

Les corrélations entre les teneurs en testostérone, androsténone et scatol et les caractères de production sont plutôt faibles (Tableau 2). La teneur en testostérone n'est corrélée significativement qu'avec la TMP (-0,09). L'androsténone et, dans une plus moindre mesure, le scatol, ont une relation significative avec la composition corporelle : la corrélation est positive avec l'épaisseur de gras et négative avec le TMP. Les animaux plus maigres ont donc des teneurs plus faibles en androsténone et en scatol. La teneur en scatol est significativement corrélée avec l'âge, avec une légère diminution du scatol pour des animaux plus âgés. La même tendance se retrouve pour l'androsténone. Par contre la liaison avec le poids vif est positive pour l'androsténone et négative pour le scatol.

Tableau 3 - Corrélations de Pearson, données corrigées pour la bande d'engraissement et le type génétique

Caractère ¹	log(t)	log(a)	log(s)
Age	-0,04	-0,06	-0,10**
Poids d'abattage	0,05	0,11**	-0,09**
GMQ	0,02	0,06	-0,01
G2	0,06	0,21**	0,09*
TMP	-0,09**	-0,27**	-0,12**

Seuil de significativité, **: $P<0,01$; *: $P<0,05$; ¹log(t)=log(testostérone), log(a)=log(androsténone), log(s)=log(scatol)

Dans ce dispositif, il n'y a pas de relation positive entre le poids et l'âge des animaux ; les animaux les plus jeunes sont en fait un peu plus lourds (et généralement de type génétique croisé) que les animaux plus âgés. En effet, les contraintes d'abattage avec un objectif de poids fixé et une limitation sur le nombre

d'animaux par série d'abattage ont conduit à ce que les animaux ayant eu une vitesse de croissance faible soient abattus plus tardivement que les animaux à vitesse de croissance élevée, sans avoir forcément atteint l'objectif de poids fixé. Pour approfondir l'influence du poids et de l'âge sur les teneurs en androsténone et scatol, ces deux facteurs ont été introduits dans un modèle de régression multiple avec l'effet de la bande et du type génétique. Comme il existe une différence d'âge entre types génétiques, le coefficient de régression pour l'âge a été considéré intra type génétique. Avec ce modèle, comme pour les corrélations, il n'y a pas d'effet significatif du poids ou de l'âge à la mesure pour la teneur en testostérone. Pour l'androsténone, il existe un effet significatif de l'âge d'abattage ($P<0,05$) et du poids d'abattage ($P<0,0001$). L'effet de l'âge varie selon le type génétique : pour P1 la teneur en androsténone augmente avec l'âge alors que pour X3 la teneur diminue lorsque l'âge d'abattage augmente. Pour les autres types génétiques, le coefficient de régression n'est pas significatif. Pour l'ensemble des verrats, la teneur en androsténone augmente avec le poids d'abattage, ce qui correspond à la corrélation positive entre ces deux caractères. Pour la teneur en scatol, seul l'effet de l'âge est significatif ($P<0,0001$), la teneur diminuant avec l'augmentation de l'âge de manière significative pour les types génétiques P2 et X3. Pour les autres types génétiques, le coefficient de régression n'est pas significatif. Une approche par modèle de régression ne confirme donc pas la corrélation significative entre la teneur en scatol et le poids d'abattage lorsque l'âge est pris en compte dans la régression.

Dans leur revue bibliographique, Zamaratskaïa et Squires (2008) relèvent que les nombreuses études portant sur la

relation entre le poids et la teneur en androsténone ou en scatol ne présentent pas de résultats concluant pour démontrer une diminution de ces teneurs avec le poids.

CONCLUSION

Ces premiers résultats montrent que les porcs mâles entiers de type Piétrain ou de type croisés Piétrain x Large White élevés en station de testage ont des teneurs en androsténone et en scatol mesurées dans le gras dorsal plutôt faibles, avec des risques limités mais non nuls (concernant 5,2% des animaux) de présenter des problèmes d'odeur de verrat perçus par les consommateurs en se référant aux seuils préconisés par Bonneau *et al.* (2012). L'étude des facteurs de variation a fait apparaître un effet significatif de la bande d'élevage pour le scatol, sans que son origine soit clairement établie. Dans la comparaison des types génétiques, des différences sont apparues significatives, notamment entre les types Piétrain et les types croisés. Les corrélations entre caractères ont montré que les individus avec la vitesse de croissance et la teneur en maigre des pièces les plus élevées présentaient des teneurs en

androsténone et en scatol plus faibles. Enfin, le lien entre le développement sexuel évalué par la teneur en testostérone plasmatique et la teneur en androsténone a été confirmé, mais pas celui entre le développement sexuel et la teneur en scatol. Il apparaît maintenant nécessaire de préciser l'évaluation du développement sexuel en mesurant d'autres hormones sexuelles, notamment l'œstradiol.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les organismes de sélection (ADN, Gène+, Nucleus, Pen ar Lan) membres de Bioporc pour la production des animaux. Ils sont extrêmement redevables au personnel de l'UETP pour l'élevage des animaux, ainsi que pour les mesures réalisées sur l'élevage et à l'abattoir. Ils remercient A. Varenne pour son aide lors de la mise en place du protocole et son suivi.

Cette étude a été réalisée dans le cadre du programme UtOplGe, auquel participent l'INRA, l'IFIP, le SYSAF, et Novogen. Ce programme bénéficie du soutien financier de l'ANR, de Bioporc, de FranceAgrimer et d'InaPorc.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allrich R.D., Christenson R.K., Ford J.J., Zimmerman D.R., 1982. Pubertal development of the boar: Testosterone, estradiol-17 β , cortisol and LH concentrations before and after castration at various ages. *J. Anim. Sci.*, 55, 1139-1146.
- Aluwé M., Millet S., Bekaert K.M., Tuytens F.A.M., Vanhaecke L., De Smet S., De Brabander D.L., 2011. Influence of breed and slaughter weight on boar taint prevalence in entire male pigs. *Animal*, 5, 1283-1289
- Anonyme, 2010. European Declaration on alternatives to surgical castration of pigs" on the invitation of the European Commission and the belgium presidency.
- 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.* in press, doi:10.2527/jas.2012-5107
- 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.
- Daumas G., 2008. Taux de muscle des pièces et appréciation de la composition corporelle des carcasses. *Journées Rech. Porcine*, 40, 61-67.
- Grindflek E., Meuwissen T.H.E., Aasmundstad T., Hamland H., Hansen M. H. S., Nome T., Kent M., Torjesen P., Lien S., 2011. Revealing genetic relationships between compounds affecting boar taint and reproduction in pigs. *J. Anim. Sci.*
- Hassenfratz C., Varenne A., 2012. Génétique et non castration : performances et dosages des odeurs de verrat. *Tech Porc*, 4, 44-45.
- Prunier A and Bonneau M 2006. Y a-t-il des alternatives à la castration chirurgicale des porcelets ? *INRA Productions Animales*, 19, 347-356
- Robic A., Larzul C., Bonneau M., 2008. Genetic and metabolic aspects of androstenone and skatole deposition in pig adipose tissue: A review. *Genet. Sel. Evol.*, 40, 129-143.
- Walstra P., Claudi-Magnussen C., Chevillon P., von Seth G., Diestre A., Matthews K.R., Homer D.B., Bonneau M., 1999. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: levels of androstenone and skatole by country and season. *Livest. Prod; Sci*; 62, 15-28.
- Zamaratskaia G., Babol J., Andersson H., Lundström K., 2004a. Plasma skatole and androstenone levels in entire male pigs and relationship between boar taint compounds, sex steroids and thyroxine at various ages. *Livest. Prod. Sci.*, 87, 91-98.
- Zamaratskaia G., Babol J., Madej A., Squires EJ and Lundstrom K 2004b. Age-related variation of plasma concentrations of skatole, androstenone, testosterone, oestradiol-17 beta, oestrone sulphate, dehydroepiandrosterone sulphate, triiodothyronine and IGF-1 in six entire male pigs. *Reprod. Dom. Anim.*? 39, 168-172.
- Zamaratskaia G., Madej A., Babol J., Squires E.J., Lundström K., 2005. Free oestrone in adipose tissue and its relation to androstenone and skatole in entire male pigs. *Reprod. Dom. Anim.* 40, 156-160.
- Zamaratskaia G., Squires E.J., 2009. Biochemical, nutritional and genetic effects on boar taint in entire male pigs. *Animal*, 3, 1508-1521.