



**HAL**  
open science

## Une approche des seuils de teneurs en androsténone et en scatol déterminant l'acceptabilité des viandes de porcs mâles entiers par les consommateurs

Michel M. Bonneau, Patrick Chevillon, Gilles Nassy

### ► To cite this version:

Michel M. Bonneau, Patrick Chevillon, Gilles Nassy. Une approche des seuils de teneurs en androsténone et en scatol déterminant l'acceptabilité des viandes de porcs mâles entiers par les consommateurs. 44. Journées de la Recherche Porcine, Feb 2012, Paris, France. hal-02749902

**HAL Id: hal-02749902**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02749902>**

Submitted on 3 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Une approche des seuils de teneurs en androsténone et en scatol déterminant l'acceptabilité des viandes de porcs mâles entiers par les consommateurs

Michel BONNEAU (1,2), Patrick CHEVILLON (3), Gilles NASSY (3)

(1) INRA, UMR1079, SENAH, F-35590 Saint-Gilles, France

(2) Agrocampus Ouest, UMR1079, SENAH, F-35000 Rennes, France

(3) IFIP, la Motte au Vicomte, BP 35104, F-35651 Le Rheu Cedex, France

Michel.Bonneau@rennes.inra.fr

Avec la collaboration technique de S. JAGUELIN (1, 2, 3), A. LE ROUX (3), E. GAULT (3), T. LHOMMEAU (3)

## Une approche des seuils de teneurs en androsténone et en scatol déterminant l'acceptabilité des viandes de porcs mâles entiers par les consommateurs.

Trois études ont été réalisées avec des consommateurs Français pour établir les seuils d'androsténone pour l'acceptabilité des viandes fraîches de mâles entiers à la dégustation (côtelettes grillées). On a aussi évalué dans quelle mesure ces seuils dépendaient de la capacité des consommateurs à sentir l'androsténone pure. Un tiers, un cinquième et la moitié des consommateurs ne pouvaient pas sentir l'androsténone (INS), la percevait comme agréable (AGR) et désagréable (DES), respectivement. Quelle que soit leur capacité à sentir l'androsténone, les consommateurs n'ont pas différencié les mâles entiers à teneurs très faibles en androsténone et en scatol des femelles. Comparativement aux mâles entiers à teneurs très faibles des deux composés, les mâles entiers à teneur en scatol très faible et à teneur en androsténone jusqu'à 2-3 µg/g de gras liquide n'étaient pas différenciés par les consommateurs INS ou DES et tendaient à être préférés par les consommateurs AGR. Comparativement aux viandes de mâles entiers à teneurs très faibles des deux composés, les viandes de mâles entiers à teneurs élevées des deux composés étaient à peine ou pas du tout différenciées par les consommateurs INS et AGR alors qu'elles étaient clairement évaluées comme moins bonne par les consommateurs DES. Ces résultats suggèrent que i) l'androsténone et le scatol suffisent à expliquer les odeurs sexuelles à la dégustation, ii) le seuil d'acceptabilité pour l'androsténone, en présence des teneurs en scatol très faibles, est de l'ordre de 2-3 µg/g de gras liquide ou plus. Des études supplémentaires sont nécessaires pour établir si ces conclusions s'appliquent à l'odeur de cuisson.

## An approach to androstenone and skatole thresholds for consumer acceptability of entire male pork.

Three studies were performed with French consumers in order to determine androstenone threshold levels for the acceptability of entire male pork at eating (grilled pork chops). The extent to which these thresholds were affected by the consumers' ability to perceive the odour of pure androstenone was also evaluated. About one third of the consumers were unable to perceive the odour (INS). One fifth of them perceived it as pleasant (AGR) while the remaining half perceived it as unpleasant (DES). Whatever their sensitivity to the odour of pure androstenone, consumers could not differentiate entire male pork with very low levels of both androstenone and skatole from gilt pork. Compared to entire male pork with very low levels of both compounds, entire male pork with very low levels of skatole and androstenone levels as high as 2-3 µg/g liquid fat were not differentiated by INS and DES consumers and tended to be preferred by AGR consumers. Compared to entire male pork with very low levels of both compounds, entire male pork with high levels in both compounds was hardly or not differentiated by INS and AGR consumers whereas it was clearly less preferred by DES consumers. The results suggest that androstenone and skatole alone are sufficient to explain boar taint at eating. They also suggest that the androstenone threshold, in the presence of very low levels of skatole, is at least 2-3 µg/g liquid fat. Whether these conclusions apply for cooking odour deserves further investigation.

## INTRODUCTION

La castration chirurgicale des porcelets sans anesthésie est de plus en plus remise en cause au nom du bien-être animal et un accord récent entre différents porteurs d'enjeux, dont des acteurs majeurs des filières de production Européennes, prévoit un arrêt pur et simple de la castration à l'horizon de 2018 (Anonyme, 2011). Les dispositions prévues dans cet accord ne pourront cependant être mises en œuvre que si le problème posé par les odeurs sexuelles de viandes de porcs mâles entiers trouve une solution satisfaisante. Ces odeurs sont principalement dues à l'accumulation dans les graisses de deux composés malodorants, l'androsténone et le scatol (Lundström *et al.*, 2009). On estime généralement que le seuil de détection du scatol est de l'ordre de 0,20-0,25 µg/g, même si des études récentes suggèrent qu'il pourrait être plus bas (Bañon *et al.*, 2003; Lunde *et al.*, 2009). Le seuil de détection de l'androsténone est plus difficile à établir car une partie des consommateurs sont insensibles à son odeur (Weiler *et al.*, 2000). Les valeurs les plus souvent évoquées dans la littérature sont 0,5 et 1,0 µg/g.

Les études rapportées dans ce texte constituent une première approche pour essayer d'établir les seuils de détection de l'androsténone et du scatol par des consommateurs français dégustant des viandes fraîches de porcs mâles entiers (côtelettes grillées). Il est important de préciser que les résultats présentés dans ce papier concernent l'odeur et le goût perçus à la dégustation et non pas l'odeur perçue à la cuisson. Les odeurs sexuelles sont perçues plus facilement lors de la cuisson que lors de la dégustation (Matthews *et al.*, 2000 ; Lunde *et al.*, 2010b). On s'est efforcé également de déterminer dans quelle mesure les seuils de détection des composés malodorants varient en fonction de la capacité des consommateurs à percevoir l'odeur de l'androsténone pure.

## 1. MATERIEL ET METHODES

### 1.1. Schéma expérimental

Les viandes utilisées dans cette étude provenaient de porcs croisés issus de 6 élevages (mère Large White x Landrace; père Piétrain, Large White x Piétrain et Piétrain x Duroc dans 3, 2 et 1 élevage, respectivement). Les animaux étaient âgés en moyenne de 167 jours et le poids de carcasse moyen était de 87.3 kg. Trois études ont été réalisées au cours desquelles des consommateurs ont évalué des viandes présentant des teneurs en scatol (S) et en androsténone (A) variées. Les teneurs de ces composés dans le gras ont été mesurées par chromatographie en phase liquide (Pauly *et al.*, 2008) et exprimées en microgrammes par gramme de gras liquide.

Dans chaque étude, 140 consommateurs ont jugé trois groupes de viandes. Dans l'étude 1, ils ont comparé des viandes de femelles (FEM :  $0,05 \leq S \leq 0,10$  µg/g ;  $A \leq 0,33$  µg/g), de mâles entiers à teneurs faibles dans les deux composés (BS-BA :  $0,05 \leq S \leq 0,14$  ;  $A \leq 0,33$ ) et de mâles entiers à teneurs élevées en l'un ou l'autre des deux composés (HAUT :  $0,05 \leq S \leq 0,28$  ;  $0,59 \leq A \leq 1,18$ ). Dans l'étude 2, ils ont évalué des viandes de mâles entiers BS-BA ( $S \leq 0,05$  ;  $A \leq 0,33$ ), de mâles entiers à teneurs faibles en scatol et teneurs élevées en androsténone (BS-HA :  $S \leq 0,05$  ;  $1,49 \leq A \leq 1,81$ ) ou de mâles entiers à teneurs élevées dans les deux composés (HS-HA :  $0,21 \leq S \leq 0,64$  ;  $0,81 \leq A \leq 4,30$ ).

Dans l'étude 3, ils ont jugé des viandes de mâles entiers BS-BA ( $0,03 \leq S \leq 0,05$  ;  $A \leq 0,24$ ), BS-HA ( $0,03 \leq S \leq 0,05$  ;  $1,26 \leq A \leq 1,83$ ) ou à teneurs faibles en scatol et très élevées en androsténone (BS-HHA :  $0,03 \leq S \leq 0,05$  ;  $2,11 \leq A \leq 3,43$ ).

### 1.2. Déroulement des tests

Les tests ont été réalisés par l'ADRIA à Caen et à Paris. Les côtelettes présentaient une épaisseur standardisée de 5 mm de gras externe et étaient cuites au grill avant d'être présentées aux consommateurs juste à la fin de la cuisson en box individuel en dehors de la cuisine.

A chaque session, un consommateur recevait successivement les trois viandes à comparer, avec un intervalle de 10 minutes entre chaque. On leur demandait de porter un jugement sur des caractères hédoniques (appréciation générale, de "pas bon" à "délicieux"; odeur et goût, de "pas agréable à très agréable") et sur des critères d'intensité (odeur, goût, odeur anormale, goût anormal; de "pas perceptible" à "très fort(e)"). Pour tous les critères, une échelle de 1 à 9 a été utilisée, avec exclusion de la note moyenne 5, ce qui forçait les consommateurs à faire un choix.

### 1.3. Test de sensibilité à l'androsténone

A l'issue du test de dégustation décrit ci-dessus, on demandait aux consommateurs s'ils pouvaient percevoir l'odeur d'un flacon contenant de l'androsténone pure à l'état solide, selon une procédure inspirée de Weiler *et al.* (2000).

Les consommateurs devaient d'abord dire s'ils percevaient une odeur et, dans l'affirmative, lui donner une note de 1 (extrêmement faible) à 8 (extrêmement forte).

Les consommateurs ne percevant aucune odeur ou une odeur très faible (1-2) ont été classés insensibles (INS). Les autres ont été classés dans les catégories AGR ou DES selon que l'odeur perçue leur apparaissait agréable ou désagréable.

### 1.4. Analyses statistiques

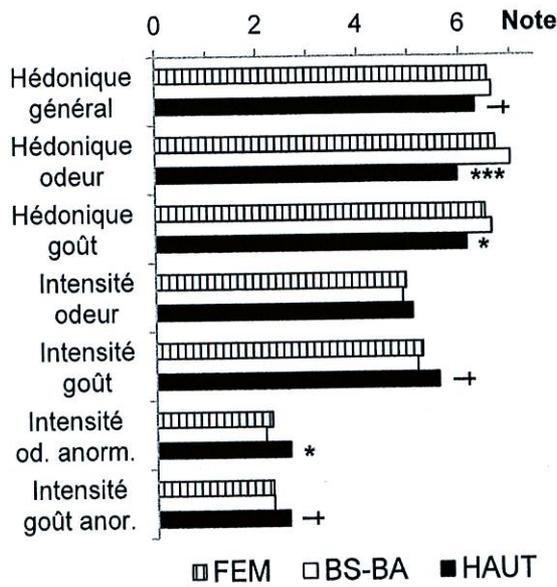
Les différences entre groupes de viandes ont été analysées par des tests non paramétriques sous le logiciel R (R Development Core Team, 2008). Le test de Friedman a été utilisé pour évaluer les différences entre groupes de viandes de façon globale alors que le test de Wilcoxon (comparaison par paires) a été utilisé pour la comparaison des groupes de viandes deux à deux. Les différences entre les distributions des notes entre 4 classes ont été analysées avec le test exact de Fisher.

## 2. RESULTATS

### 2.1. Différences entre groupes de viandes, tous consommateurs confondus

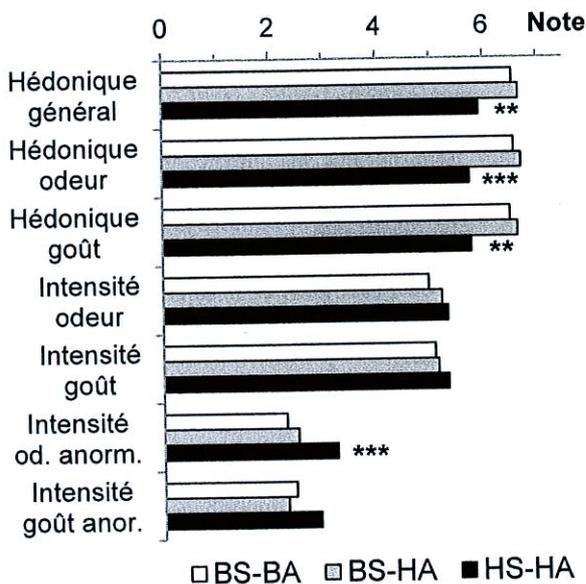
#### 2.1.1. Différences entre groupes de viandes au sein de chaque étude

Dans l'étude 1, il n'y avait aucune différence significative entre les notes moyennes données aux viandes de femelles (FEM) et celles données aux viandes de porcs mâles entiers à teneurs basses pour les deux composés malodorants (BS-BA ; Figure 1). Par contre, les viandes du groupe HAUT étaient jugées moins favorablement que celles du groupe BS-BA pour l'évaluation hédonique de l'odeur et du goût, ainsi que pour l'intensité de l'odeur anormale. La proportion d'odeurs désagréables ou très désagréables (notes 1 à 4) était de 33% contre 12% ( $P < 0,001$ ).



**Figure 1** - Notes données par les consommateurs dans l'étude 1 pour des viandes de porcs femelles (FEM), de mâles entiers bas en scatol et en androsténone (BS-BA) ou élevés en scatol ou en androsténone (HAUT).

Signification des différences par rapport au groupe BS-BA : † $P \leq 0,10$  ; \*  $P \leq 0,05$  ; \*\*\*  $P \leq 0,001$ .



**Figure 2** - Notes données par les consommateurs dans l'étude 2 pour des viandes de mâles entiers bas en scatol et en androsténone (BS-BA), bas en scatol mais élevés en androsténone (BS-HA) ou élevés pour les deux composés (HS-HA).

Signification des différences par rapport au groupe BS-BA : \*\*  $P \leq 0,01$  ; \*\*\*  $P \leq 0,001$ .

Dans l'étude 2, il n'y avait aucune différence significative entre les notes moyennes données aux viandes de porcs mâles entiers BS-BA ou BS-HA.

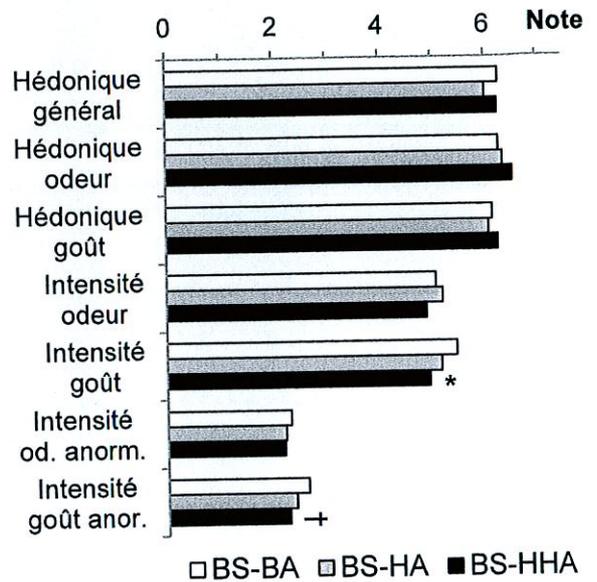
Par contre, les viandes HS-HA étaient jugées moins favorablement que les deux autres pour la majorité des critères (Figure 2).

Les proportions de jugements défavorables étaient beaucoup plus élevées pour les viandes HS-HA que pour les viandes BS-BA (Hédonique Général 32% contre 19%,  $P=0,05$  ;

Hédonique Odeur 33% contre 20%,  $P=0,03$  ; Hédonique Goût 35% contre 25%,  $P=0,10$  ; Intensité odeurs anormales 28% contre 11%,  $P=0,002$ ).

Dans l'étude 3, il n'y avait de nouveau aucune différence significative entre les viandes BS-BA et BS-HA (Figure 3).

La seule différence entre les viandes BS-HHA et BS-BA concernait l'intensité du goût, avec une plus faible proportion de goût très fort dans le groupe BS-HHA (3% contre 16% ;  $P=0,002$ ).



**Figure 3** - Notes données par les consommateurs dans l'étude 3 pour des viandes de mâles entiers bas en scatol et en androsténone (BS-BA), bas en scatol mais élevés (BS-HA) ou très élevés (BS-HHA) en androsténone.

Signification des différences par rapport au groupe BS-BA : † $P \leq 0,10$  ; \*  $P \leq 0,05$ .

### 2.1.2. Comparaisons globales par rapport aux viandes BS-BA

Afin de pouvoir comparer les groupes de viandes avec des teneurs élevées en androsténone et/ou en scatol avec les viandes du groupe BS-BA, les notes moyennes de chacun de ces groupes ont été divisées par les notes moyennes correspondantes du groupe BS-BA, intra-étude (Figure 4, panneau en haut et à gauche : TOUS).

Les viandes à teneurs basses en scatol et à teneurs en androsténone élevées (BS-HA2 et BS-HA3) ou très élevées (BS-HHA) ont été pour l'essentiel non différenciées des viandes BS-BA.

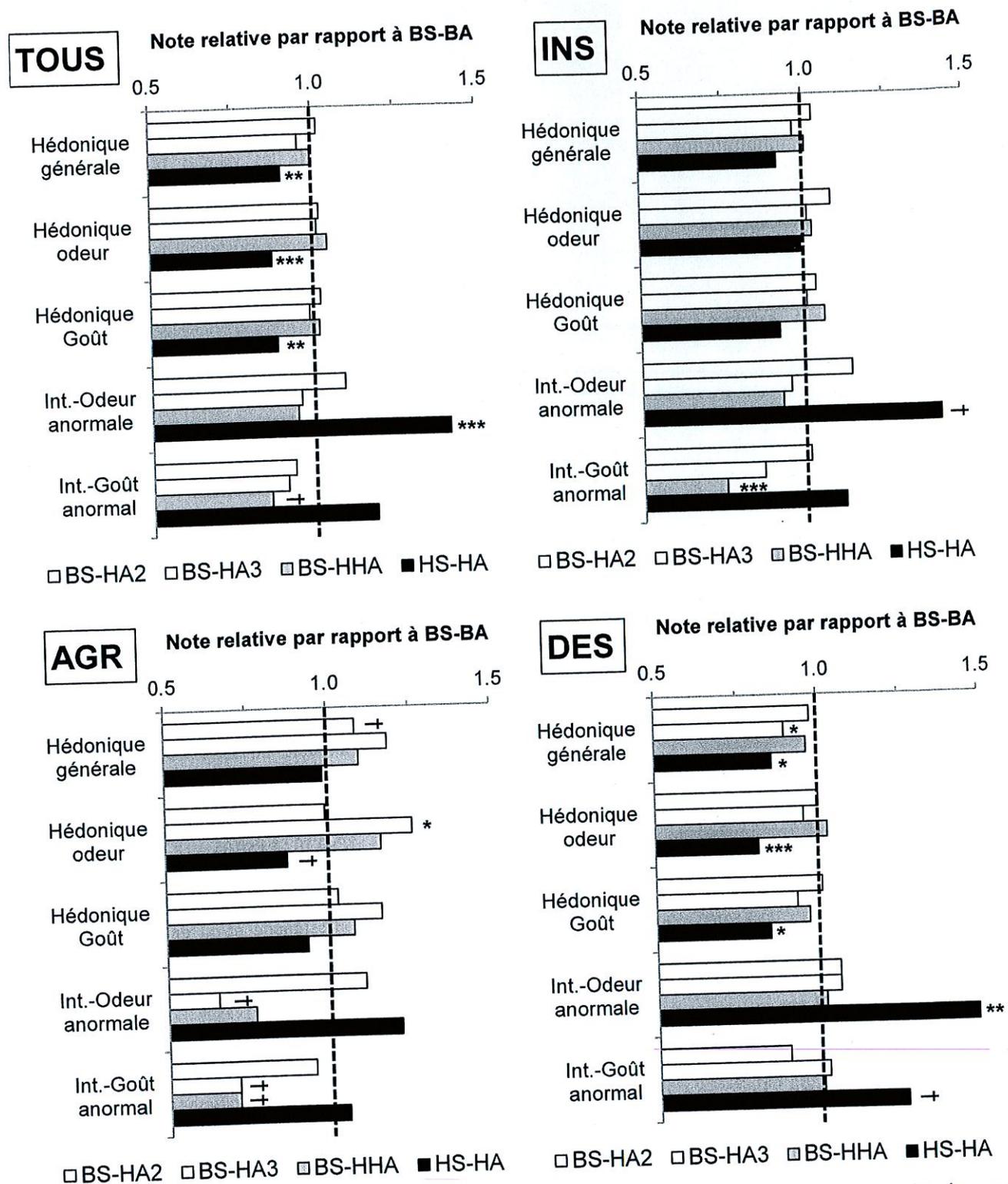
La seule exception concerne l'intensité du goût anormal qui est plus faible pour les viandes BS-HHA que pour les BS-BA ( $P=0,054$ ).

Les viandes HS-HA sont par contre notées moins favorablement que les viandes BS-BA.

### 2.2. Différences entre groupes de viandes, selon la sensibilité des consommateurs à l'odeur de l'androsténone pure

Les proportions de consommateurs considérés comme insensibles à l'odeur de l'androsténone pure (INS) étaient de 37%, 26% et 37% dans les études 1, 2 et 3, respectivement. Les proportions de consommateurs sensibles à l'odeur d'androsténone et la percevant comme agréable (AGR) étaient de 19%, 24% et 13%.

Les proportions de ceux qui la percevaient comme désagréables étaient de 44%, 50% et 50%.



**Figure 4** - Notes relatives (par rapport aux viandes BS-BA ayant la valeur 1) données par les consommateurs dans leur ensemble (TOUS), par les consommateurs insensibles à l'odeur d'androsténone pure (INS), ou sensibles à cette odeur et la percevant comme agréable (AGR) ou désagréable (DES). Les consommateurs ont comparé aux viandes BS-BA des viandes BS-HA dans les études 2 (BS-HA2) et 3 (BS-HA3), BS-HHA dans l'étude 3 et HS-HA dans l'étude 2 (cf. § 2.1.2).

Signification des différences par rapport aux viandes BS-BA : † $P < 0,10$ , \*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$ , \*\*\*  $P < 0,001$

Dans l'étude 1, aucun des trois groupes de consommateurs n'a pu différencier significativement les viandes BS-BA des viandes FEM.

Les consommateurs INS ont pour l'essentiel été incapables de différencier significativement les viandes à faibles teneurs en scatol et teneurs en androsténone élevées (BS-HA) ou très élevées (BS-HHA) des viandes BS-BA (Figure 4, en haut à droite).

La seule exception concerne l'intensité du goût anormal des viandes BS-HHA qui est plus faible que chez les viandes BS-BA. Il en va de même pour les consommateurs DES (Figure 4, en bas à droite) avec une seule exception pour les viandes BS-HA dans l'étude 3, notées moins favorablement que les viandes BS-BA. Par contre, les consommateurs AGR ont souvent tendance à noter plus favorablement les viandes BS-HA ou BS-HHA que les viandes BS-BA (Figure 4, en bas à gauche).

Les viandes à teneurs élevées en scatol et en androsténone (HS-HA) ont été peu différenciées des viandes BS-BA par les consommateurs INS (Figure 4, en haut à droite) avec cependant une tendance à une plus forte intensité d'odeur anormale pour les viandes HS-HA ( $P=0,083$ ). Il en va de même pour les consommateurs AGR (Figure 4, en bas à gauche) avec cependant une tendance à noter moins favorablement l'odeur des viandes BS-HA ( $P=0,065$ ). Les consommateurs DES ont par contre différencié beaucoup plus nettement les viandes HS-HA des viandes BS-BA (Figure 4, en bas à droite).

### 3. DISCUSSION

L'étude 1 a montré que les consommateurs ne différencient pas les viandes à teneurs très faibles en scatol et en androsténone des viandes de femelles. Il n'y a pas, à notre connaissance, d'étude antérieure ayant fait cette comparaison. Les autres études mettant en œuvre des teneurs dites "faibles" en composés malodorants (par exemple: Siret *et al.*, 1997, Matthews *et al.*, 2000), se reportaient aux seuils de détection les plus couramment évoqués dans la littérature (cf. INTRODUCTION) qui sont nettement plus élevés que les niveaux de composés malodorants mesurés chez les castrats et les femelles. Un premier résultat important des travaux présentés dans ce papier est ainsi que l'androsténone et le scatol suffisent à expliquer les défauts d'odeur et de goût spécifiques des mâles entiers (odeurs sexuelles) dans le cas de viandes fraîches à la dégustation. Il n'est pas nécessaire dans ce cas d'évoquer d'autres composés responsables des odeurs sexuelles. Comme le suggèrent des résultats espagnols récents (Font i Furnols, 2011; communication personnelle), il est possible cependant que cette conclusion ne soit pas valide pour l'odeur de cuisson. On sait en effet que les odeurs sexuelles sont plus facilement perçues au moment de la cuisson qu'à la dégustation (Matthews *et al.*, 2000 ; Lunde *et al.*, 2010b).

Les résultats obtenus dans les études 2 et 3, montrent que des viandes présentant des teneurs en androsténone aussi élevées que celles du groupe BS-HHA sont aussi bien acceptées que les viandes BS-BA, que nous avons montré être aussi bien acceptées que les viandes de femelles. Cette observation s'applique à tous les groupes de consommateurs, quelle que soit leur sensibilité à l'odeur d'androsténone pure. Ainsi, le seuil de détection de l'androsténone, associé à des niveaux très faibles de scatol, serait de l'ordre de 2 ou 3 µg par g de gras liquide, ou même plus élevé, lors de la dégustation des viandes. Pour les raisons évoquées plus haut, ce résultat n'est pas transposable aux odeurs de cuisson.

Un résultat peut être anecdotique, mais qui mérite d'être souligné, est que pour les consommateurs qui perçoivent l'odeur d'androsténone pure comme agréable, des teneurs en

androsténone élevées (au moins jusqu'à 2-3 µg par g de gras liquide) associées à des teneurs en scatol très faibles, améliorent l'acceptabilité des viandes de porcs mâles entiers par rapport à des viandes à teneur faibles pour les deux composés.

Nous avons montré enfin que l'acceptabilité des viandes à teneurs élevées en androsténone et en scatol dépend fortement de la sensibilité des consommateurs à l'odeur d'androsténone pure. Les consommateurs insensibles à cette odeur les différencient peu des viandes à teneurs faibles pour les deux composés, qui sont-elles-mêmes non différenciées de celles des femelles. Ceux qui y sont sensibles mais la perçoivent comme agréable ne les différencient pas du tout. Par contre, les consommateurs qui perçoivent l'odeur d'androsténone pure comme désagréable différencient nettement les viandes à teneurs élevées en androsténone et en scatol des viandes à teneurs faibles pour les deux composés.

Ainsi, comme l'avaient déjà montré Font i Furnols *et al.* (2003), ce n'est pas seulement la sensibilité à l'odeur d'androsténone pure qui est importante pour déterminer l'acceptabilité des viandes de porcs mâles entiers porteurs d'odeurs sexuelles, mais aussi la perception hédonique de cette odeur. Ainsi, comme le proposent Lunde *et al.* (2010a), il pourrait être avisé de ne faire appel qu'à des consommateurs sensibles à l'odeur d'androsténone pure, et la percevant comme désagréable, dans les études visant à établir les seuils de détection des composés responsables des odeurs sexuelles des viandes de porcs mâles entiers. Pour des études d'acceptabilité générale des viandes de porcs mâles entiers, il faut par contre continuer à utiliser des consommateurs non sélectionnés.

### CONCLUSION

Les travaux présentés dans ce papier ont permis de progresser dans la connaissance du seuil de détection de l'androsténone à la dégustation de viandes de porcs mâles entiers, qui est de l'ordre de 2-3 µg/g gras liquide, ou plus élevé, lorsque les teneurs en scatol sont très faibles. Il reste cependant beaucoup à faire: établir précisément ce seuil, ré-explore le seuil de détection pour le scatol, en présence de teneurs en androsténone très faibles, analyser les interactions entre androsténone et scatol pour la perception des défauts d'odeurs, enfin, explorer l'ensemble de ces éléments pour l'odeur de cuisson.

### REMERCIEMENTS

L'étude 1 a été partiellement financée par la DG SANCO de l'Union Européenne (Projet ALCASDE).

Les auteurs remercient également INAPORC pour son soutien financier.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anonyme, 2011. Déclaration européenne sur les alternatives à la castration chirurgicale des porcs. [http://ec.europa.eu/food/animal/welfare/farm/docs/castration\\_pigs\\_declaration\\_fr.pdf](http://ec.europa.eu/food/animal/welfare/farm/docs/castration_pigs_declaration_fr.pdf). La liste des signataires de cette déclaration est consultable sur [http://ec.europa.eu/food/animal/welfare/farm/docs/castration\\_pigs\\_signatories\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/animal/welfare/farm/docs/castration_pigs_signatories_en.pdf).
- Bañón S., Costa E., Gil M.D., Garrido M.D., 2003. A comparative study of boar taint in cooked and dry-cured meat. *Meat Sci.*, 63, 381-388.
- Font iFurnols M., Gispert M., Diestre A., Oliver M.A., 2003. Acceptability of boar meat by consumers depending on their age, gender, culinary habits, sensitivity and appreciation of androstenone smell. *Meat Sci.*, 64, 433-440.
- Lunde K., Skuterud E., Nilsen A., Egelandsdal B., 2009. A new method for differentiating the androstenone sensitivity among consumers. *Food Quality and Preference*, 20, 304-311.
- Lunde K., Skuterud E., Egelandsdal B., Font i Furnols M., Nute G., Bejerholm C., Nilsen A., Stenstrøm Y.H., Hersleth M., 2010a. The importance of the recruitment method for androstenone sensitivity with respect to the accurate sensory evaluation of androstenone tainted meat. *Food Quality and Preference*, 21, 648-654.
- Lunde K., Skuterud E., Hersleth M., Egelandsdal B., 2010b. Norwegian consumers' acceptability of boar tainted meat with different levels of androstenone or skatole as related to their androstenone sensitivity. *Meat Sci.*, 86, 706-711.
- Lundström K., Matthews K.R., Haugen J.E., 2009. Pig meat quality from entire males. *Animal*, 3, 1497-1507.
- Matthews K.R., Homer D.B., Punter P., Béague M.P., Gispert M., Kempster A.J., Agerhem H., Claudi-Magnussen C., Fischer K., Siret F., Leask H., Font i Furnols M., Bonneau M., 2000. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: III. Consumer surveys in seven European countries. *Meat Sci.*, 54, 271-283.
- Pauly C., Spring P., O'Doherty J.V., AmpueroKragten, S., Bee G., 2008. Performances, meat quality and boar taint of castrates and entire male pigs fed a standard and a raw potato starch-enriched diet. *Animal*, 2, 1707-1715.
- R Development Core Team, 2008. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN: 3-900051-07-0. <http://www.R-project.org>.
- Siret F., Béague M.P., Fisher K., Chevillon P., 1997. Consumer acceptability and characterization of the cooking odour of pork with different androstenone and skatole contents: comparison of two cooking procedures. In Bonneau M., Lundström K., Malmfors B. (Eds), *Boar taint in entire male pigs* (pp. 161-164). EAAP Publication no. 92, Wageningen Pers., Wageningen, Pays-Bas.
- Weiler U., Font iFurnols M., Fischer K., Kemmer H., Oliver M.A., Gispert M., Dobrowolski A., Claus R., 2000. Influence of differences in sensitivity of Spanish and German consumers to perceive androstenone on the acceptance of boar meat differing in skatole and androstenone concentrations. *Meat Sci.*, 54, 297-304.