

# Évaluation des contributions respectives de l'androsténone et du scatol à la manifestation des odeurs sexuelles des viandes de porcs mâles entiers

## Résultats préliminaires d'une étude menée dans 7 pays européens.

M. BONNEAU (1), Françoise SIRET (2), P. CHEVILLON (3), Marie-Pierre BÉAGUE (2), J.C. VAUDELET (3)

(1) I.N.R.A., Station de Recherches Porcines - 35590 Saint-Gilles

(2) C.T.S.C.C.V. - 7, avenue du Général de Gaulle, 94704 Maisons Alfort Cedex

(3) I.T.P., Pôle Techniques d'Élevage - La Motte au Vicomte, BP 3, 35651 Le Rheu Cedex

### Évaluation des contributions respectives de l'androsténone et du scatol à la manifestation des odeurs sexuelles des viandes de porcs mâles entiers. Résultats préliminaires d'une étude menée dans 7 pays européens.

L'objet du présent travail était d'essayer d'arriver à un consensus Européen sur la contribution respective de l'androsténone et du scatol à la manifestation des odeurs sexuelles.

Un total de 4536 animaux ont été élevés dans 6 pays au cours de 2 répétitions. Des mesures rapides des teneurs en androsténone et en scatol ont été effectuées. Sur l'ensemble des pays, on observe que 26% et 11% des animaux présentent des teneurs en androsténone >1 ppm et en scatol >0,22 ppm, respectivement. Il n'y a pas de différences entre répétitions, mais il existe de fortes disparités entre pays.

Trois cent soixante dix huit mâles entiers ont été choisis de façon à remplir les 9 cellules d'un tableau combinant 3 catégories de teneur en scatol et 3 catégories de teneur en androsténone. Quarante deux femelles ont également été sélectionnées. Les longes de ces animaux ont été redistribuées dans chacun des 7 pays participants pour une évaluation sensorielle par des consommateurs. Le scatol et l'androsténone contribuent tous deux de manière significative à des odeurs et saveurs qui sont perçues défavorablement par les consommateurs. L'association des deux composés a aussi un effet significatif. Particulièrement en ce qui concerne l'odeur, la contribution du scatol apparaît plus importante que celle de l'androsténone, mais cette dernière a été vraisemblablement sous-estimée. De plus, en raison du fait que les teneurs élevées sont plus fréquentes pour l'androsténone que pour le scatol, l'importance réelle de l'androsténone est probablement plus élevée que ce qui apparaît au seul vu des résultats de l'enquête consommateurs.

### Assessment of the respective contributions of skatole and androstenone to boar taint. Preliminary results of a study conducted in 7 European countries.

The present study was an attempt to reach a European agreement on the respective contributions of skatole and androstenone to boar taint. Eleven participants from 7 countries were involved in the programme.

A total of 4536 animals were raised in 6 countries in two replicates. Rapid measurements of skatole and androstenone levels in fat were performed. On the whole, 26% of the animals exhibited androstenone levels higher than 1 ppm while 11% of them had skatole levels in excess of 0,22 ppm. No difference was demonstrated between replicates, however there were large differences between countries for both compounds.

Three hundred and seventy eight entire males were selected in such a way as to fill in the 9 cells of a table combining 3 androstenone and 3 skatole level categories. Forty two gilts were also selected. The corresponding loins were distributed in the 7 participating countries for olfactory assessment of pork by consumers. Both skatole and androstenone significantly contributed to odours and flavours that were perceived as unpleasant by the consumers. The combination of the two compounds also contributed significantly. Particularly for odour, the contribution of skatole was more clearly established than that of androstenone. However, the contribution of androstenone to boar taint may have been under-estimated in the present study. Moreover, because more animals exhibit high androstenone than high skatole levels, the real contribution of androstenone may then be higher than that derived from the sole results of the consumer survey.

## INTRODUCTION

La production de porcs mâles entiers présente de nombreux avantages liés à leur meilleure efficacité alimentaire (baisse du coût de production, diminution de l'adiposité des carcasses, réduction des rejets polluants) et à la suppression de l'opération de castration (réduction de la charge de travail, diminution de la souffrance des animaux, non atteinte à leur intégrité physique). Les odeurs sexuelles qui se manifestent lors de la cuisson des viandes de certains porcs mâles entiers posent cependant un problème important d'acceptabilité de ces viandes par les consommateurs, si bien que dans la plupart des pays Européens, à l'exception notable du Royaume Uni, de l'Irlande et de l'Espagne, on continue à castrer l'immense majorité des porcs mâles.

De fortes pressions visant à généraliser l'élevage de porcs entiers se sont fait et continuent à se faire sentir, que ce soit pour des raisons économiques ou pour des raisons liées à la protection des droits des animaux. Pour anticiper une telle évolution, il faut trouver les moyens techniques qui permettront de garantir aux consommateurs des viandes de porcs mâles entiers indemnes de défaut d'odeurs sexuelles. Pour ce faire, il faudrait mettre en œuvre des outils de détection des odeurs sexuelles sur la chaîne d'abattage, qui seront basées sur des mesures rapides des composés responsables de ces odeurs. Pour que le commerce des viandes de porc puisse s'exercer librement, il est impératif que les méthodes de détection des odeurs sexuelles soient reconnues par l'ensemble des pays.

La tâche ainsi fixée ne peut pas être menée à bien tant que dure la controverse sur les contributions respectives de l'androsténone (un stéroïde testiculaire à odeur urinaire; PATTERSON, 1968) et du scatol (un dérivé du tryptophane, à odeur fécale; VOLD, 1970) à la manifestation des odeurs sexuelles. Les origines de cette controverse peuvent être liées à des différences entre pays pour

- 1) les caractéristiques des animaux,
- 2) les habitudes alimentaires,
- 3) la sensibilité olfactive des consommateurs aux composés mis en cause,
- 4) à la méthodologie de l'évaluation sensorielle des odeurs sexuelles (BONNEAU, 1993).

L'objet du présent travail était d'essayer d'arriver à un consensus Européen sur la contribution respective de l'androsténone et du scatol à la manifestation des odeurs sexuelles. Onze organisations participantes réparties dans 7 pays (Allemagne, Danemark, Espagne, France, Pays-Bas, Royaume Uni, Suède) ont participé à cette étude qui était coordonnée par la France (INRA) et a reçu un soutien financier de la Communauté Européenne.

La présente communication résume les résultats préliminaires de ce travail, qui ont été présentés lors d'une récente réunion du groupe de travail de la F.E.Z. "Production et Utilisation des Viandes de Porcs Mâles Entiers" (BONNEAU, 1997a et b; CLAUS et al., 1997; BONNEAU et COOK, 1997; WALSTRA et al., 1997; DIJKSTERHUIS et al., 1997; MATTHEWS et al., 1997; WEILER et al., 1997).

## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1.1. Principe de l'étude

Dans les 7 pays participants, des échantillons tirés d'une même population de porcs mâles entiers de teneur en androsténone et en scatol connues, ont fait l'objet d'une évaluation sensorielle de l'odeur de cuisson et de la saveur des viandes. Un maximum de précaution a été pris pour éviter les biais évoqués ci-dessus:

- les teneurs en composés malodorants ont été mesurées en un seul endroit,
- un matériel animal commun a été utilisé,
- les méthodologies utilisées pour caractériser les odeurs et saveurs des viandes (tests par des jurys de laboratoires entraînés) et pour évaluer l'acceptabilité des viandes (enquête consommateurs) ont été harmonisées.

### 1.2. Matériel animal et mesures des teneurs en scatol et en androsténone

Un total de 4536 animaux ont été élevés dans 6 pays au cours de 2 répétitions (tableau 1). Les animaux ont été abattus et échantillonnés pendant l'été 1995 (1ère rép.) et pendant l'hiver 1995-1996 (2ème rép.). Des mesures rapides des teneurs en androsténone et en scatol ont été effectuées aux Pays-Bas (ID-DLO, Lelystad) et au Danemark (Danish Meat Research Institute, Roskilde) en utilisant une version rapide commerciale d'un dosage ELISA de l'androsténone (Riedel-de Haen, Seelze, Allemagne) et une méthode colorimétrique automatisée pour le scatol (HANSEN-MØLLER et ANDERSEN, 1994). Sur la base de ces mesures rapides, 378 mâles entiers ont été sélectionnés, de façon à remplir les 9 cellules d'un tableau obtenu en combinant 3 catégories de teneur en scatol et 3 catégories de teneur en androsténone (tableau 2). De plus 42 femelles présentant de faibles teneurs en scatol (<0,15 ppm) et en androsténone (<0,09 ppm) ont également été sélectionnées.

Sur les animaux sélectionnés:

- les teneurs en androsténone et en scatol ont été remesurées (Universität Hohenheim, Allemagne), en utilisant des méthodes de laboratoire plus précises, version manuelle du dosage ELISA de l'androsténone (CLAUS et al., 1997) et dosage HPLC du scatol (DEHNHARD et al., 1993).
- les longues ont été redistribuées dans chacun des 7 pays participants pour l'évaluation sensorielle (jurys entraînés et consommateurs)

Les résultats des tests sensoriels pratiqués avec les jurys de laboratoire entraînés ne seront pas présentés dans cette communication, car ils n'ont été soumis, pour l'instant, qu'à des analyses très préliminaires.

**Tableau 1** - Nombre d'animaux utilisés (adapté de BONNEAU, 1997a)

Nombre d'animaux	Répétition 1		Répétition 2		Total	
	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles
Mesurés en scatol	2069	105	2224	115	4293	220
Mesurés en androsténone	2075	103	2216	111	4291	214
Sélectionnés	188	21	189	21	377	42

**Tableau 2** - Nombre de longes par cellule et par catégorie pour les échantillons sélectionnés (adapté de BONNEAU et COOK, 1997)

Catégorie d'androsténone (ppm; mesure rapide)	Catégorie de scatol (ppm; mesure rapide)			
	0,00-0,09 bs	0,10-0,21 ms	0,22-1,00 HS	Total
0,00-0,50    ba	84	80	80	244
0,50-0,99    ma	82	82	84	248
1,00-10,00   HA	86	90	88	264
<b>Total</b>	252	252	252	756

### 1.3. Méthodes utilisées pour les enquêtes consommateurs

Dans chaque pays, les enquêtes ont été réalisées dans 2 à 4 localisations géographiques, en fonction de leur taille. Pour chaque répétition et par pays, 240 consommateurs, stratifiés selon l'âge et le sexe ont été interrogés.

Les longes ont été cuites au four à 180°C jusqu'à une température à cœur de 75°C. Des petits morceaux de muscle long dorsal, recouverts de 5 mm de gras sous-cutané sont préparés et placés en boîte d'aluminium fermée. Dans la plupart des pays, ces échantillons ont été immédiatement utilisés pour présentation aux consommateurs (cf. ci-dessous). Cependant, en fonction des contraintes pratiques, certains pays les ont gardés jusqu'à 48 heures à +4°C avant utilisation.

Les échantillons pour l'évaluation de la flaveur sont chauffés pendant 10 minutes dans un four à 180°C jusqu'à une température interne de 80°C. Les échantillons pour l'évaluation de l'odeur sont chauffés sur une plaque à 95°C immédiatement avant présentation aux sujets.

Chaque consommateur a jugé 5 échantillons pour la flaveur puis 5 échantillons pour l'odeur, avec une pause de 1 minute entre chaque échantillon. Un repos de 6 minutes a été observé entre les échantillons pour la flaveur et ceux pour l'odeur. Les consommateurs devaient noter la flaveur ou l'odeur sur une échelle hédonique à 7 points de 1 (j'aime vraiment beaucoup) à 7 (je n'aime vraiment pas du tout).

L'étude a été conduite selon la procédure du "double aveugle", à savoir que les personnes en charge des redosages d'androsténone et de scatol ou des évaluations sensorielles n'avaient aucune information sur les teneurs en composés malodorants ou sur le pays d'origine des échantillons entre leurs mains.

## 2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Validité des mesures rapides de teneur en androsténone et en scatol

Les 420 échantillons de gras correspondant aux animaux sélectionnés ont été dosés par les méthodes rapides et par des méthodes de laboratoire (tableau 3). Pour le scatol, la méthode rapide apparaît globalement satisfaisante. Pour l'androsténone, la méthode rapide est également satisfaisante pour la première répétition, mais pas pour la seconde où elle conduit à une importante surestimation des teneurs.

### 2.2. Teneur en androsténone et en scatol des mâles entiers en fonction du pays et de la saison

Les valeurs de scatol et d'androsténone obtenues sur l'ensemble des animaux (n = 4293 pour le scatol; n = 4291 pour l'androsténone) ont été corrigées, intra répétition, en utilisant les régressions des méthodes de laboratoire sur les méthodes rapides.

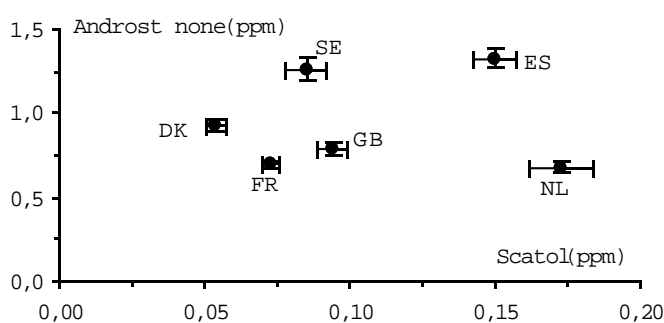
**Tableau 3** - Régressions des valeurs d'androsténone et de scatol obtenues par les méthodes rapides sur celles obtenues par les méthodes de laboratoire (adapté de CLAUS et al, 1997)

Composés	Y (rapide)	X (laboratoire)	Répétition	R	Pente	Ord. origine
Scatol	Colorimétrique	HPLC	Total	+ 0,91	+ 0,88	+ 0,05
Androsténone	ELISA rapide	ELISA manuel	Total	+ 0,83	+ 1,08	+ 0,23
			1 <sup>ère</sup>	+ 0,90	+ 0,94	+ 0,13
			2 <sup>ème</sup>	+ 0,84	+ 1,35	+ 0,28

Les teneurs en scatol et en androsténone ainsi corrigées ne diffèrent pas significativement entre les deux répétitions. Elles sont comparativement les plus faibles au Danemark, en France et au Royaume-Uni (figure 1). Les Pays-Bas ont des teneurs en androsténone faibles mais des teneurs en scatol élevées alors que l'inverse est observé en Suède. L'Espagne se caractérise par des teneurs comparativement élevées pour les deux composés. Bien que chaque pays ait fait de son mieux pour que les animaux utilisés soient le plus représentatif possible de la situation nationale, le nombre d'animaux considérés dans chaque pays (de l'ordre de 700) interdit de tirer des conclusions définitives sur les différences entre situations nationales.

Sur l'ensemble des 6 pays, on observe que 26% des animaux présentent des teneurs en androsténone supérieures à 1 ppm alors que 11% d'entre eux présentent des teneurs en scatol supérieures à 0,22 ppm.

**Figure 1** - Teneurs en scatol et en androsténone pour chacun des 6 pays sur l'ensemble des 2 répétitions (moyennes  $\pm$  E.T.M. des valeurs corrigées; DK=Danemark; ES=Espagne; FR=France; GB=Royaume-Uni; NL=Pays-Bas; SE=Suède).



### 2.3. Acceptabilité des viandes de porc mâles entiers en fonction de la teneur en androsténone ou en scatol.

Le nombre de consommateurs était à peu près équilibré selon les sexes, avec cependant une légère prédominance de femmes (55%), particulièrement en Suède (65%). La distribution des consommateurs selon les classes d'âge était assez similaire dans les 7 pays (20, 29, 34 et 17% pour les classes 18--25, 26-40, 41-60 et 61-75 ans, respectivement) avec cependant une représentation plus forte de la classe d'âge la plus élevée au Royaume-Uni (25%) et au Danemark (23%).

La plupart des consommateurs faisaient la cuisine toujours (52%) ou parfois (41%). La plupart étaient des consommateurs réguliers de porc, au moins une fois par semaine (61%) ou une fois tous les 15 jours (23%).

Sur l'ensemble des échantillons (y compris ceux des femelles), 22% des échantillons ont été rejetés sur la flaveur et 34% sur l'odeur (tableau 4). On observe de grandes différences entre pays, le Royaume-Uni étant le moins critique de tous. Les consommateurs Français et Suédois ont été les plus critiques sur la flaveur alors que les Suédois et les Allemands ont été les plus critiques sur l'odeur. Les femmes émettent en moyenne davantage d'avis défavorables que les hommes.

Les données des enquêtes consommateurs ont été, pour l'instant, analysées seulement sur la base des teneurs en androsténone et en scatol mesurées par les méthodes rapides. Les résultats présentés au tableau 5 montrent que les deux composés scatol et androsténone contribuent tous les deux de manière significative à la manifestation d'odeurs et de flaveurs qui sont perçues défavorablement par les consommateurs. L'association des deux composés contribue aussi significativement à la perception de flaveurs et d'odeurs désagréables.

Particulièrement en ce qui concerne l'odeur, la contribution du scatol apparaît plus importante que celle de l'androsténone. De nombreux éléments ont pu cependant, dans la présente étude, conduire à sous-estimer la contribution de l'androsténone aux odeurs sexuelles:

- relativement à la population entière de départ, les teneurs élevées en scatol ( $\geq 0,22$  ppm) étaient sur-représentées dans la population sélectionnée, alors que les teneurs élevées en androsténone étaient sous-représentées, particulièrement dans la 2<sup>ème</sup> répétition,
- la surestimation des valeurs d'androsténone par la mesure rapide dans la 2<sup>ème</sup> répétition a conduit à sélectionner des valeurs d'androsténone nettement plus basses que prévu,
- les teneurs moyennes en scatol des échantillons sélectionnés était 32% plus élevée que dans la population totale alors que les teneurs moyennes en androsténone étaient au contraire globalement plus basses (-17%)
- les teneurs extrêmement élevées non prises en compte pour la sélection des animaux représentaient une proportion plus importante des porcs mâles entiers pour l'androsténone (1,6% d'animaux > 10 ppm) que pour le scatol (0,5% d'animaux > 1 ppm).

**Tableau 4** - Distribution des réponses des consommateurs sur l'ensemble des échantillons (DE=Allemagne, DK=Danemark, ES=Espagne, FR=France, GB=Royaume-Uni, NL=Pays-Bas, SE=Suède ; adapté de MATTHEWS et al, 1997)

Pays	N	Flaveur (%)			Odeur (%)		
		Aime 1-3	Indifférent 4	N'aime pas 5-7	Aime 1-3	Indifférent 4	N'aime pas 5-7
DE	2400	58	23	19	37	23	41
DK	1920	56	25	19	44	26	30
ES	2400	51	27	22	40	28	31
FR	2400	51	19	30	43	21	35
GB	2400	66	18	16	52	20	28
NL	2140	49	35	16	37	33	30
SE	2100	53	18	28	41	19	40
	<b>Hommes</b>	57	23	19	44	25	31
	<b>Femmes</b>	54	23	23	40	23	36
	<b>Total</b>	55	23	22	42	24	34

**Tableau 5** - Analyse statistique des contributions de l'androsténone (mesure rapide) et du scatol (mesure rapide) à la flaveur et à l'odeur des viandes de porcs mâles entiers (adapté de MATTHEWS et al, 1997)

Variable prédite	Variable(s) prédictrice(s)	Écart-type	Signification
<b>Note moyenne de flaveur</b>	aucune	0,480 (1)	
	scatol	0,457 (2)	***
	androsténone	0,470 (2)	***
	scatol & androsténone	0,446 (2)	** (3)
<b>Proportion d'avis défavorables sur la flaveur</b>	aucune	0,882 (1)	
	scatol	0,843 (2)	***
	androsténone	0,855 (2)	***
	scatol & androsténone	0,818 (2)	** (3)
<b>Note moyenne d'odeur</b>	aucune	0,606 (1)	
	scatol	0,486 (2)	***
	androsténone	0,601 (2)	*
	scatol & androsténone	0,483 (2)	NS (3)
<b>Proportion d'avis défavorables sur l'odeur</b>	aucune	0,949 (1)	
	scatol	0,781 (2)	***
	androsténone	0,936 (2)	**
	scatol & androsténone	0,771 (2)	* (3)

(1) Écart-type global de la note moyenne;

(2) Écart-type résiduel non expliqué par la(les) variable(s) prédictrice(s);

(3) Signification de l'amélioration apportée par la combinaison du scatol et de l'androsténone par rapport au scatol seul.

Par ailleurs, la contribution de l'androsténone aux odeurs sexuelles est plus difficile à mettre en évidence que celle du scatol, en raison du fait qu'une proportion importante de la population des consommateurs est anosmique pour l'androsténone (GRIFFITHS et PATTERSON, 1970; GILBERT et WYSOCKI, 1987). Dans le cadre de cette étude, WEILER et al (1997) ont analysé la réponse des consommateurs alle-

mands en fonction de leur capacité à percevoir l'odeur d'androsténone (tableau 6). La corrélation entre les notes de flaveur et la teneur en androsténone est non significative sur l'ensemble des consommateurs alors qu'elle est significative et aussi élevée que la corrélation avec le scatol pour le groupe des consommateurs sensibles (qui représente un tiers de la population).

**Tableau 6** - Corrélations entre les notes de flaveur données par des consommateurs et les teneurs en scatol ou en androsténone, en fonction de la sensibilité des consommateurs à l'androsténone (adapté de WEILER et al, 1997)

Groupe de consommateurs	Corrélation		Pente de la régression	
	Scatol	Androsténone	Scatol	Androsténone
Tous	0,58 **	0,32 NS	75	9
Sensibles à l'androsténone	0,51 *	0,50 *	110	24
Insensibles à l'androsténone	0,56 **	0,24 NS	59	4

## CONCLUSIONS

Dans les conditions de cette étude, il semble bien établi que le scatol contribue de façon importante à des odeurs et flaveurs désagréables associées aux viandes de porcs mâles entiers. L'androsténone est également responsable d'odeurs et flaveurs désagréables. La contribution de l'androsténone aux odeurs sexuelles n'a pas été mise en évidence de façon aussi nette que pour le scatol. Il semble bien cependant que la contribution de l'androsténone ait été sous-estimée.

Dans l'état actuel de l'analyse des données de cette étude, il est encore trop tôt pour proposer des seuils de teneur pour chacun des 2 composés. Le risque encouru en proposant aux consommateurs des viandes de porc mâle entier dont les teneurs en composé malodorant sont supérieures à un seuil donné s'obtiendra en multipliant la probabilité de réponse

défavorable au-dessus de ce seuil par la proportion d'animaux présentant des teneurs supérieures à ce seuil. En raison du fait que les teneurs élevées sont plus fréquentes pour l'androsténone que pour le scatol, l'importance réelle de l'androsténone est probablement plus élevée que ce qui apparaît au seul vu des résultats de l'enquête consommateurs. Ceci reste cependant à démontrer, et c'est précisément un des objectifs majeurs des analyses en cours.

## REMERCIEMENTS

La présente étude a bénéficié d'un soutien financier de la Communauté Européenne (Contrat EU AIR3 - PL94 - 2482). Pour la partie française du programme, un soutien financier complémentaire a été accordé par l'OFIVAL.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BONNEAU M., 1993. 44ème Réunion Annuelle de la F.E.Z., Aarhus, Danemark, 16-19 Août, P2.3, 326-327.
- BONNEAU M. 1997a. In: Boar Taint in Entire Male Pigs; Proc. Meeting EAAP Working Group "Production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs". M. Bonneau, K. Lundström, B. Malmfors, eds., EAAP Publication N°92, Wageningen Pers., 3-6.
- BONNEAU M. 1997b. In: Boar Taint in Entire Male Pigs; Proc. Meeting EAAP Working Group "Production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs". M. Bonneau, K. Lundström, B. Malmfors, eds., EAAP Publication N°92, Wageningen Pers., 37-40.
- BONNEAU M., COOK G., 1997. In: Boar Taint in Entire Male Pigs; Proc. Meeting EAAP Working Group "Production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs". M. Bonneau, K. Lundström, B. Malmfors, eds., EAAP Publication N°92, Wageningen Pers., 16-19.
- CLAUS R., WEILER U., COOK G., WALSTRA P., CLAUDI-MAGNUSSEN C., 1997. In: Boar Taint in Entire Male Pigs; Proc. Meeting EAAP Working Group "Production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs". M. Bonneau, K. Lundström, B. Malmfors, eds., EAAP Publication N°92, Wageningen Pers., 7-10.
- CLAUS R., HERBERT E., DEHNHARD M., 1997. Archiv f. Lebensmittelhygiene, 48, 25-48.
- DEHNHARD M., CLAUDI-MAGNUSSEN C., HILLENBRAND M., HERZOG A., 1993. J. Chromatogr., 616, 205-209.
- DIJKSTERHUIS G., WALSTRA P., AGERHEM H., FONT I FURNOLS M., OLIVER M.A., SIRET F., BÉAGUE M-P., CLAUDI-MAGNUSSEN C., FISCHER K., COOK G., 1997. In: Boar Taint in Entire Male Pigs; Proc. Meeting EAAP Working Group "Production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs". M. Bonneau, K. Lundström, B. Malmfors, eds., EAAP Publication N°92, Wageningen Pers., 20-28.
- GILBERT A.N., WYSOCKI C.J., 1987. National Geographics, 172, 514-525.
- GRIFFITHS N.M., PATTERSON R.L.S., 1970. J. Sci. Food Agric., 21, 4-6.
- HANSEN-MØLLER J., ANDERSEN J.R., 1994. Fleischwirtsch., 74, 963-966.
- MATTHEWS K.R., AGERHEM H., BÉAGUE M-P., CLAUDI-MAGNUSSEN C., COOK G., FISCHER K., FONT I FURNOLS M., GISPERT M., PUNTER P., SIRET F., 1997. In: Boar Taint in Entire Male Pigs; Proc. Meeting EAAP Working Group "Production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs". M. Bonneau, K. Lundström, B. Malmfors, eds., EAAP Publication N°92, Wageningen Pers., 29-36.
- PATTERSON R.L.S., 1968. J. Sci. Food Agric., 19, 31-38.
- VOLD, 1970. Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole, 49, 16, 25pp.
- WALSTRA P., CLAUDI-MAGNUSSEN C., CHEVILLON P., COOK G., 1997. In: Boar Taint in Entire Male Pigs; Proc. Meeting EAAP Working Group "Production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs". M. Bonneau, K. Lundström, B. Malmfors, eds., EAAP Publication N°92, Wageningen Pers., 11-15.
- WEILER U., FISCHER K., KEMMER H., DORROWOLSKI A., CLAUDI-MAGNUSSEN C., 1997. In: Boar Taint in Entire Male Pigs; Proc. Meeting EAAP Working Group "Production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs". M. Bonneau, K. Lundström, B. Malmfors, eds., EAAP Publication N°92, Wageningen Pers.