

Quelles alternatives à la castration des porcelets ?

Armelle PRUNIER, Michel BONNEAU

UMR INRA Agrocampus-Rennes SENAH, 35590 Saint Gilles

Armelle.Prunier@rennes.inra.fr

Quelles alternatives à la castration des porcelets ?

Les porcelets mâles sont habituellement castrés par voie chirurgicale pour éviter les odeurs sexuelles lors de la cuisson des viandes qui sont dues essentiellement à l'androsténone et au scatol. La castration chirurgicale peut légalement être pratiquée par l'éleveur sur les porcelets jusqu'à 7 jours d'âge mais pourrait être interdite dans un avenir proche pour des raisons éthiques car cette intervention est très douloureuse. Une solution consisterait à réduire fortement la douleur liée à la castration. Compte tenu des nombreuses contraintes auxquelles sont soumis les élevages de porcs, très peu de possibilités existent. L'une d'elles serait d'associer une anesthésie locale à la lidocaïne avec un traitement antalgique par un anti-inflammatoire. Une autre alternative serait de remplacer la castration par voie chirurgicale par une immunocastration ou par la destruction du tissu testiculaire avec des sels minéraux. La solution la plus prometteuse consisterait à immuniser les porcs mâles contre le GnRH mais il n'existe actuellement aucun vaccin ayant un agrément dans l'UE. Par ailleurs, l'acceptabilité par les consommateurs et les conséquences de cette technique sur le bien-être des animaux n'ont pas encore été totalement évaluées. L'élevage de porcs mâles entiers pourrait être envisagé à condition de pouvoir réduire le risque d'odeur sexuelle dans la viande et de réussir à trier les carcasses défectueuses. La teneur en scatol pourrait être diminuée par des conduites d'élevage et des régimes alimentaires appropriés tandis que celle en androsténone pourrait plus facilement être diminuée par la sélection génétique. En conclusion, l'interdiction de la castration chirurgicale poserait de graves problèmes à la filière porcine qui ne dispose pas actuellement de solution alternative.

Alternatives to piglet castration

Male piglets are routinely castrated to prevent the development of off odours/flavours (boar taint) due essentially to androstenone and skatole. Surgical castration is legally performed without analgesia prior to 7 days of age, but could be banned in a few years for ethical reasons, since it is very painful at any age. One solution could be to relieve the castration-related pain, using anaesthesia and analgesia. Taking into account the numerous constraints for the use of drugs in pig farms, very few possibilities exist. One of them is to combine local anaesthesia with lidocaine and prolonged analgesia with an anti-inflammatory drug. Other possible alternatives to surgical castration include immunocastration and local destruction of testicular tissue by salts. The most promising solution is to immunize male pigs against GnRH, however there are currently no licensed products in the EU. Moreover, the consumer acceptability of the method and its consequences on the welfare of the animals have not been fully evaluated. Raising entire males could also be envisaged, provided that it is possible to decrease the incidence of boar taint and to sort out tainted carcasses. Skatole levels could be reduced via management and nutrition, whereas androstenone could be more efficiently lowered by genetic selection. Regarding carcass sorting, new methods are under evaluation. In conclusion, banning of surgical castration would presently cause serious problems to the pig industry that is not yet prepared to it.

INTRODUCTION

En France, comme dans la plupart des pays, il est habituel de castrer les porcs mâles précocement alors même que les mâles entiers offrent des coûts de production plus faibles et des carcasses plus maigres. Cette pratique, qui vise à protéger les consommateurs des odeurs sexuelles des viandes de verrat, pourrait être remise en cause au nom du bien-être animal car la castration chirurgicale sans anesthésie, telle qu'elle est actuellement pratiquée, est douloureuse pour les animaux (Prunier et al., 2006). En Norvège, il est prévu que la castration soit interdite à partir de 2009 et sa pratique sans anesthésie n'est d'ores et déjà plus autorisée. Une évolution similaire est envisagée en Suisse. Au sein de l'UE, la castration est pour l'instant régie par la directive 2001/93/EC qui autorise la castration chirurgicale sans anesthésie seulement avant 7 jours d'âge, mais sa révision est à l'étude.

Compte tenu d'une évolution réglementaire prévisible, il est prudent de se préparer à mettre en œuvre des alternatives à la castration des porcelets telle qu'elle se pratique aujourd'hui. Cet article propose de passer en revue les avantages et inconvénients des alternatives potentielles. Après avoir présenté les effets de la castration chirurgicale sans anesthésie sur les animaux, nous évaluerons dans quelle mesure le recours à l'anesthésie peut atténuer leur souffrance. Nous ferons ensuite le point des procédés de castration non chirurgicale utilisant soit des agents chimiques, soit l'immunisation anti-GnRH (immunocastration). Enfin, nous nous intéresserons aux possibilités et limites de l'élevage de porcs mâles entiers en mettant l'accent sur le problème posé par les odeurs sexuelles des viandes, qui résultent de l'accumulation

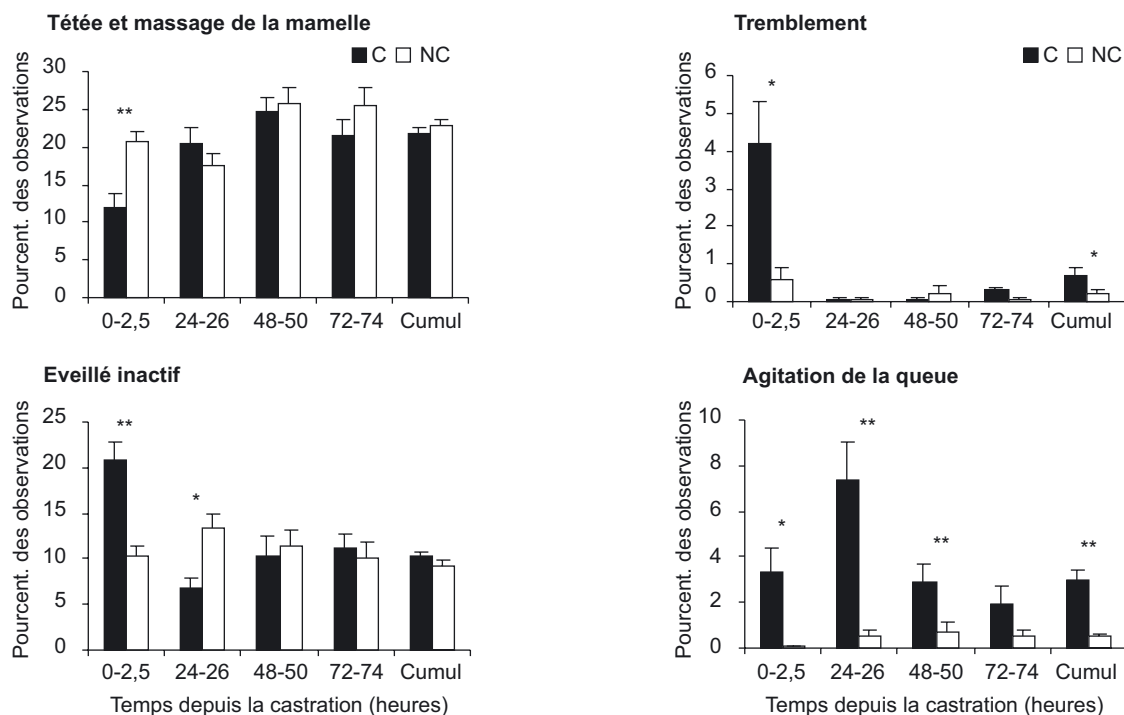
de composés malodorants dont l'androsténone, un stéroïde testiculaire, et le scatol, un produit de la dégradation du tryptophane dans le gros intestin (Babol et Squires, 1995 ; Bonneau, 1998).

1. CONSÉQUENCES DE LA CASTRATION CHIRURGICALE SANS ANESTHÉSIE SUR LE BIEN-ÊTRE DES PORCELETS

De nombreux indices physiologiques et comportementaux montrent que la castration est douloureuse pour les porcelets (Prunier et al., 2006).

Pendant l'acte de castration, la plupart des porcelets crient et s'opposent physiquement à l'opérateur. Ces cris s'accompagnent d'une activation du système nerveux sympathique, comme le démontre l'augmentation du rythme cardiaque (White et al., 1995). L'analyse des cris suggère que le moment le plus douloureux se situe lorsque l'opérateur tire sur les testicules et sectionne les cordons testiculaires (Taylor et Weary, 2000).

Dans les heures qui suivent la castration, la mesure des hormones plasmatiques montre clairement une activation de l'axe corticotrope et du système sympathique (Prunier et al., 2002, 2005). Cette activation est due à la douleur puisqu'elle est fortement diminuée en cas d'application d'un anesthésique local. De même l'activation des neurones de la moelle épinière impliqués dans la transmission des messages nociceptifs est fortement réduite lorsque les porcelets reçoivent une anesthésie locale avant la castration (Nyborg et al., 2000). En sus des réactions physiologiques, on observe des modifications du comportement (Figure 1). Les porcs castrés



d'après Hay et al., 2003

Figure 1 - Effets de la castration sur le comportement des porcelets (C = porcs castrés, NC = porcs non castrés, ** P < 0,01 ; * P < 0,05)

passent moins de temps à masser la mamelle ou à téter (McGlone et Hellman, 1988). Ils sont moins actifs pendant les phases d'éveil, expriment des comportements évocateurs de douleur (tremblements, prostration, extension des pattes) et agitent plus souvent la queue (Hay et al., 2003). De plus, ils ont tendance à s'isoler et ont un comportement moins bien synchronisé par rapport à l'ensemble de la portée.

Dans les jours qui suivent la castration, il semble que l'axe corticotrope et le système sympathique ne soient plus stimulés, comme le suggère la mesure des corticostéroïdes et des catécholamines urinaires (Hay et al., 2003). Le comportement des animaux reste cependant altéré (Figure 1) : ils jouent moins et sont globalement moins actifs, ils agitent plus souvent la queue et se grattent davantage l'arrière train (Wemelsfelder et van Putten, 1985 ; Hay et al., 2003). Ceci suggère que les animaux continuent à ressentir de la douleur ou au moins une gêne jusqu'à 5 jours après castration. De plus, la castration chirurgicale semble avoir un effet négatif sur le système immunitaire et la santé des animaux (Prunier et al., 2006).

2. CASTRATION CHIRURGICALE AVEC ANALGÉSIE

L'anesthésie générale ou locale permettrait de réduire ou même supprimer la douleur pendant et immédiatement après la castration tandis que l'administration d'un analgésique à action prolongée (anti-inflammatoires non stéroïdiens, morphiniques...) permettrait de réduire la douleur à plus long terme (au moins 24 heures). La mise en oeuvre de tels traitements est cependant soumise à de nombreuses contraintes.

Tout d'abord, les produits utilisés doivent être sans risque pour les animaux et les opérateurs. Ensuite, les porcs étant destinés à la consommation humaine, l'emploi de médicaments est soumis à une législation très stricte de façon à protéger les consommateurs vis-à-vis d'éventuels résidus toxiques. Les substances employées doivent figurer sur l'une des trois annexes du règlement n° 90-2377/CEE/modifié qui établit une procédure communautaire pour la fixation des limites maximales de résidus de médicaments vétérinaires dans les aliments d'origine animale. Dans ce cadre, les analgésiques qui pourraient être utilisés sont la flunixin, l'acide acétylsalicylique (aspirine), le kétoprofène (anti-inflammatoires non stéroïdiens ayant une action antalgique prolongée) ; le paracétamol (antalgique) ; l'azapérone (sédatif), la kétamine (anesthésique général) ; la lidocaïne, la procaine et la tétracaïne (anesthésiques locaux).

Ces produits ne peuvent être utilisés pour la castration des porcelets qu'à l'état de spécialité vétérinaire après avoir reçu une autorisation de mise sur le marché (AMM) pour cette utilisation, en respectant les doses prescrites et, le cas échéant, le temps d'attente fixé par le résumé des caractéristiques du produit (RCP). Par ailleurs, certains actes ne peuvent être réalisés que par un vétérinaire et seraient considérés comme exercice illégal de la médecine ou de la chirurgie des animaux s'ils étaient pratiqués par l'éleveur (cf. Code Rural, article L243-1). Il en va ainsi de l'anesthésie générale. Le cas de l'anesthésie locale est ambigu. En effet, la castration des porcs est un acte chirurgical mais est autorisée par la loi. On

peut considérer que l'anesthésie locale (injection d'un anesthésique dans les testicules et/ou la poche scrotale) fait partie intégrante de cette intervention et admettre qu'elle puisse être pratiquée par l'éleveur. La dernière contrainte législative relative au stockage des médicaments rend impossible l'utilisation de nombreuses spécialités vétérinaires par l'éleveur.

Outre le coût des produits et de leur administration, il faudrait inclure le coût de la prescription par un vétérinaire, nécessaire pour la délivrance de ces produits, ou même de l'intervention du vétérinaire lorsqu'elle est nécessaire pour leur administration.

En prenant en compte toutes ces contraintes, il nous semble que les deux alternatives les plus facilement envisageables en élevage sont l'anesthésie générale au CO₂ et l'anesthésie locale sous lidocaïne, combinées avec un traitement anti-inflammatoire (quelques spécialités vétérinaires sont actuellement disponibles).

L'anesthésie générale au CO₂ ne nécessite pas de système d'évacuation de gaz et peut être facilement réalisée dans les conditions de l'élevage, mais son bénéfice pour l'animal est controversé. En effet, des réactions d'inconfort (nervosité, hyperventilation) ont été observées pendant l'induction de l'anesthésie au CO₂ (Kohler et al., 1998 ; Schönreiter et al., 2000). Par ailleurs, après la castration, les animaux anesthésiés au CO₂ présentent des niveaux de cortisol et de β endorphine plus élevés que les porcs non anesthésiés (Schönreiter et al., 2000). Ainsi, l'anesthésie au CO₂ semble peu efficace pour réduire le stress de castration. De nouvelles recherches sont à conduire pour mieux connaître et/ou améliorer son efficacité à réduire la douleur de castration notamment en la combinant avec un traitement anti-inflammatoire.

De nombreuses études ont été réalisées pour évaluer l'efficacité de l'anesthésie locale à la lidocaïne pour réduire la douleur de castration. La lidocaïne peut être injectée en sous-cutané au site d'incision du scrotum, dans les testicules, dans les cordons testiculaires ou à proximité dans le sac scrotal. En cas d'injection intratesticulaire avec de l'adrénaline, la lidocaïne diffuse dans les cordons testiculaires en moins de 10 minutes (Ranheim et al., 2003). L'injection de lidocaïne dans les testicules, qu'elle soit ou non associée à une injection à proximité des cordons testiculaires, réduit les cris de douleur (White et al., 1995 ; Marx et al., 2003) ainsi que les réponses de l'ACTH et du cortisol à la castration (Prunier et al., 2002). Plus précisément, la lidocaïne réduit le nombre de cris de haute fréquence et l'accélération du rythme cardiaque pendant l'extraction des testicules et la section des cordons testiculaires (White et al., 1995). Pour réduire les cris pendant la castration, il semble qu'il soit plus efficace de partager la dose de lidocaïne entre les testicules et le sac scrotal que de tout injecter dans les testicules (Prunier et al., 2002).

On peut légitimement se demander si l'injection de lidocaïne dans les testicules n'est pas douloureuse en elle-même, ce qui relativiserait l'effet bénéfique obtenu pendant la castration. En fait, on observe une légère élévation de l'ACTH

après l'injection de lidocaïne, mais bien plus faible que celle observée après la castration avec ou sans anesthésie locale (Prunier, non publié). Ces réactions de douleur sont associées à l'acidité de la solution et il est possible de les réduire en neutralisant le pH (Waldmann et al., 1994).

Concernant l'utilisation d'antalgiques à effet prolongé, il n'y a que très peu d'information disponible sur leur efficacité à réduire la douleur après castration et sur les effets secondaires éventuels comme les saignements. Une expérience préliminaire réalisée à l'INRA de Saint-Gilles indique que la flunixin administrée avant la castration et le jour suivant ne réduit pas la libération d'ACTH et de cortisol au-delà de ce qui est obtenu avec l'anesthésie locale seule. Par ailleurs, l'administration orale d'aspirine avant la castration n'a pas d'effet sur la réduction du gain de poids observée le lendemain de la castration de très jeunes porcelets (McGlone et al., 1993).

3. CASTRATION NON CHIRURGICALE

Au lieu d'essayer de réduire la douleur lors de la castration chirurgicale classique, on peut envisager de castrer les animaux par d'autres moyens. On peut chercher à détruire les tissus testiculaires par des composés chimiques ou inhiber la production des hormones qui contrôlent le développement testiculaire, soit en administrant des hormones exogènes qui exercent un rétrocontrôle négatif sur l'axe gonadotrope, soit en neutralisant les hormones endogènes par des anticorps spécifiques.

3.1. Destruction locale du tissu testiculaire par des composés chimiques

Plusieurs substances ont été testées dans différentes espèces pour détruire les tissus testiculaires : le formaldéhyde (bovin et mouton), l'acide lactique (bovin et porc), l'acide acétique (porc), les sels d'argent (porc) et de zinc (porc). La plupart des produits testés (acétate de zinc, acide lactique, formaldéhyde) appartiennent à l'annexe II du règlement n°90-2377 et ne posent pas de problème de résidus. Selon leurs promoteurs, ces substances présentent de très nombreux avantages : elles sont peu coûteuses, faciles à administrer, peu douloureuses, ne causent pas d'hémorragie et ont peu d'effets secondaires (les risques d'infection post-opératoire sont faibles). Un examen attentif des données révèle cependant l'existence d'œdèmes testiculaires qui témoignent d'une inflammation probablement source de douleur (Giri et al., 2002 ; Cohen et al., 1990, 1991), des épидидymites (Gardner, 1980) et des nécroses (Fordyce et al., 1989). Ces anomalies mettent beaucoup de temps à disparaître. Dans ces études, les évaluations de la douleur ont été très insuffisantes pour que l'on puisse conclure sur l'intérêt de ces méthodes par rapport à la castration chirurgicale.

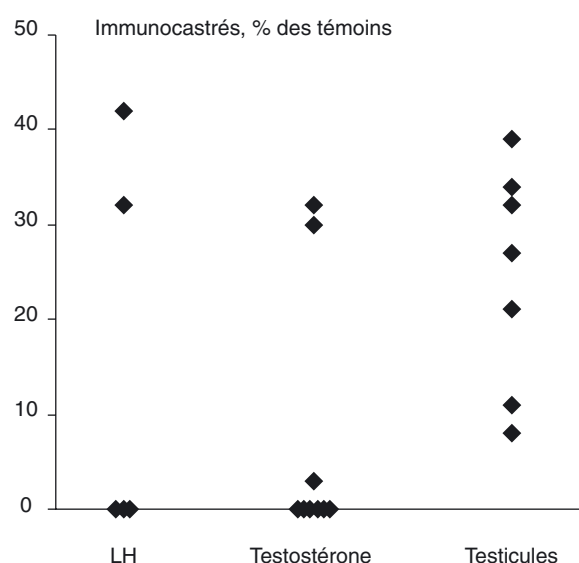
3.2. Rétrocontrôle négatif de l'axe gonadotrope par des hormones exogènes

A l'exception du zéranol, l'administration de stéroïdes ou d'agonistes des stéroïdes permet de réduire les teneurs en androsténone du gras et l'intensité des odeurs sexuelles. Le

même résultat peut être obtenu en administrant des agonistes du GnRH. Cette option impliquant l'administration d'hormones n'est cependant pas réaliste dans le contexte européen.

3.3. Immunocastration

On appelle "immunocastration" le procédé qui consiste à neutraliser les hormones de l'axe gonadotrope par des anticorps spécifiques. L'immunisation contre la LH étant peu efficace, cette technique fait appel aux anticorps dirigés contre le GnRH.

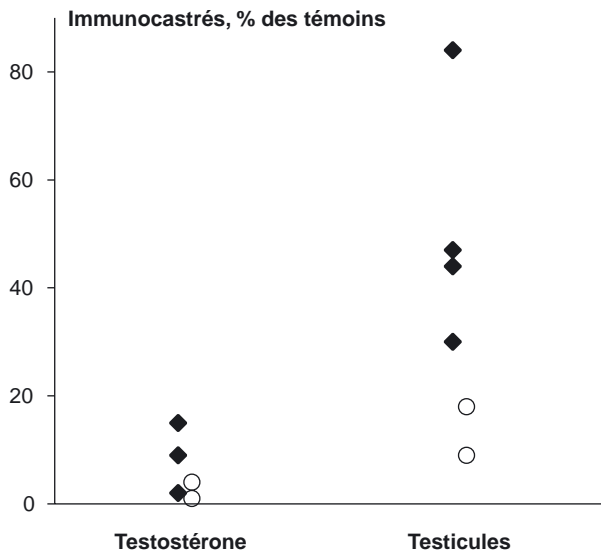


D'après les résultats de Caraty et Bonneau (1986), Falvo et al. (1986), Awoniyi et al. (1988), Hagen et al. (1988), Meloen et al. (1994), Manns et Robbins (1997), Liu et al. (2001), Metz et al. (2002), Zeng et al. (2002c), McCauley et al. (2003).

Figure 2 - Effets de l'immunocastration sur les niveaux d'hormones gonadotropes et sur le développement testiculaire : études utilisant de l'adjuvant de Freund et/ou de nombreuses administrations de l'immunogène. Chaque point représente un lot expérimental d'animaux immunocastrés

L'immunisation passive a été envisagée, mais la plupart des essais concernent une immunisation active contre le GnRH. Les études de faisabilité, utilisant de l'adjuvant de Freund et/ou des vaccinations répétées, ont démontré une inhibition du développement du tractus génital et une réduction drastique des niveaux plasmatiques de LH et de testostérone (Figure 2). De telles procédures de vaccinations ne sont cependant pas envisageables dans la pratique. Des méthodes de vaccination plus réalistes ont été développées par la suite, qui impliquent des adjuvants acceptables et seulement deux immunisations. Deux stratégies ont été envisagées (Figure 3). L'immunocastration précoce permet d'obtenir des résultats sans ambiguïté, faciles à apprécier sur la chaîne d'abattage par le poids testiculaire, mais les avantages économiques du mâle entier (indice de consommation réduit et teneur en muscles de la carcasse augmentée) sont perdus (Turkstra et al., 2002 ; Zeng et al., 2002a).

L'immunocastration tardive permet de conserver une bonne part de ces meilleures performances (Bonneau et al., 1994 ; Dunshea et al., 2001 ; Cronin et al., 2003 ; Oliver et al., 2003) mais les différences de poids testiculaires ne sont pas suffisantes pour servir de base de contrôle à l'efficacité de la vaccination.



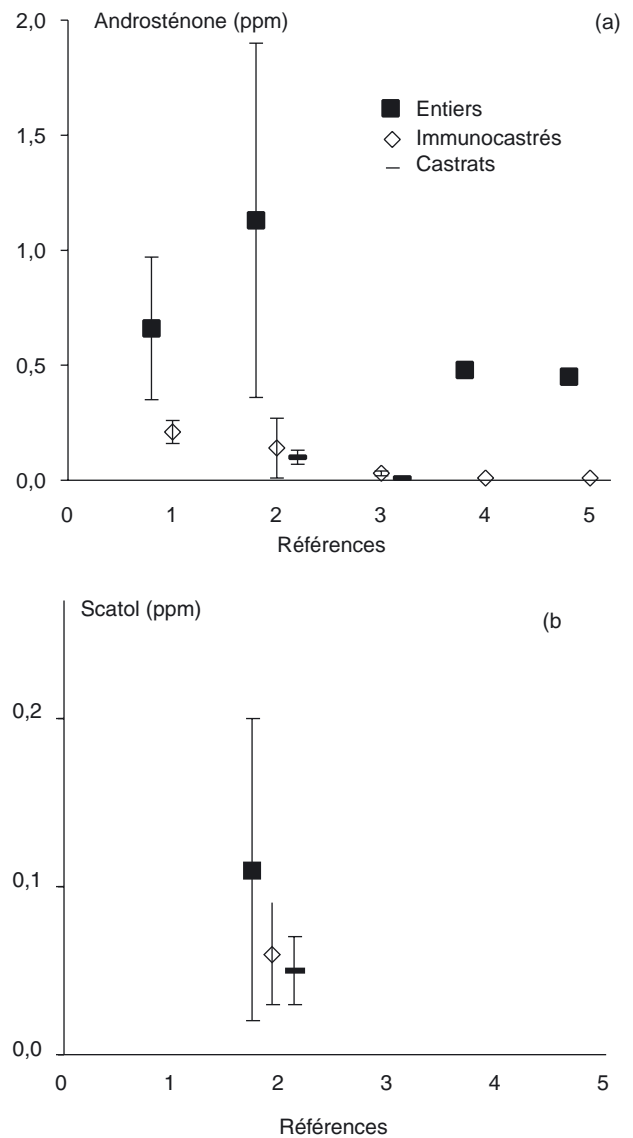
D'après les résultats de Bonneau et al. (1994), Dunshea et al. (2001), Turkstra et al. (2002), Zeng et al. (2002a), Cronin et al. (2003), Oliver et al. (2003), Jaros et al. (2005).

Figure 3 - Effets d'une immunocastration tardive (◆) ou précoce (○) sur les niveaux de testostérone et le développement testiculaire : études utilisant des adjuvants acceptables et seulement deux administrations d'immunogène. Chaque point représente un lot expérimental d'animaux immunocastrés

Pendant la période de croissance-finition, le comportement des porcs immunocastrés est très similaire à celui des castrés (Cronin et al., 2003). Comparativement aux mâles entiers, ils expriment moins de comportements d'agression et de monte et plus de comportements liés à l'alimentation.

L'immunocastration entraîne une diminution spectaculaire des niveaux d'androsténone et de scatol (Figure 4), les principaux composés responsables des odeurs sexuelles. Non seulement le niveau moyen, mais aussi la variabilité des teneurs, sont fortement réduits par rapport aux mâles entiers, et comparables à ceux observés chez les castrats.

La forte variabilité de la réponse immunitaire des animaux est un phénomène bien connu. De ce fait, certains animaux peuvent échapper à l'immunocastration (voir par exemple les résultats de Bonneau et al. (1994) ou de Turkstra et al. (2002)) et on ne peut garantir l'absence d'odeurs sexuelles que si chaque carcasse est contrôlée individuellement, de préférence sur la chaîne d'abattage. Comme on l'a vu ci-dessus, ce contrôle est facile dans le cas de l'immunocastration précoce. Chez les animaux soumis à l'immunocastration tardive, il faudrait mesurer les niveaux d'odeurs sexuelles, ce qui peut s'avérer difficile (voir § 4.3.). Des études à grande



D'après les résultats de Bonneau et al., 1994 (1) ; Dunshea et al., 2001 (2) ; Jaros et al., 2005 (3) ; Turkstra et al., 2002 (4) ; Zeng et al., 2002b (5).

Figure 4 - Teneurs des gras en androsténone (a) et en scatol (b) observées chez des mâles entiers (■), des immunocastrés (◇) et des castrats (—) dans des études où le schéma d'immunisation visait une immunocastration tardive (études 1-3) ou précoce (études 4-5). Les barres verticales représentent l'écart-type (non disponible pour les études 4-5)

échelle ont montré que le pourcentage de porcs immunisés conservant des niveaux élevés de molécules odorantes est très faible.

Il faut également prendre en compte le fait qu'on ne peut pas garantir l'absence d'odeurs sexuelles quand les porcs mâles sont systématiquement castrés, comme c'est le cas à l'heure actuelle. En effet, dans toute population porcine il y a une proportion d'animaux cryptorchides (0,3-0,8%) ou intersexués (0,1-0,6%), qui sont reconnus porteurs de fortes odeurs sexuelles. Des niveaux élevés d'androsténone ou de 16-androstènes ont été mesurés chez ces animaux. A notre connaissance, les teneurs en scatol n'ont jamais été mesurées chez ce type d'animal, mais, sur la base des connaissances disponibles, tout laisse penser que certains d'entre eux pré-

sentent des teneurs élevés. On peut faire l'hypothèse qu'ils répondraient à l'immunocastration comme les mâles entiers.

Il convient aussi d'évoquer les inconvénients potentiels de l'immunocastration. Le coût du traitement doit être comparé aux gains économiques attendus. Pour des animaux immunocastrés tardivement, il faudrait ajouter le coût d'un contrôle d'efficacité (voir ci-dessus). Les consommateurs pourraient être réticents à accepter l'immunocastration du fait qu'il s'agit d'un vaccin contre une hormone. Il faut aussi envisager les risques d'auto-injection chez les opérateurs. Enfin, l'existence possible de douleur ou d'inconfort lié à l'immunocastration n'a jamais été étudiée directement. Avec des vaccins aqueux, il y a peu de réaction au site d'injection (Dunshen et al., 2001). Cependant, s'agissant d'un vaccin dirigé contre une hormone hypothalamique libérée au niveau de l'éminence médiane, l'hypothèse de dommages cellulaires à ce niveau a été testée par des chercheurs hollandais. Cette équipe a décrit des lésions dans une première étude (Molenaar et al., 1993) mais a démenti ultérieurement (Oonk et al., 1995). La question reste donc posée.

4. PRODUCTION DE PORCS MÂLES ENTIERS

4.1. Avantages et inconvénients de la production de porcs mâles entiers

Pour plus de détails sur cette question, le lecteur pourra se référer aux revues bibliographiques de Bonneau (1988) et de Bonneau et Squires (2000).

En sus d'éviter la douleur associée à la castration, les principaux avantages de la production de porcs mâles entiers sont les suivants :

- des coûts de production plus faibles (suppression du travail de castration ; indice de consommation plus bas, parfois vitesse de croissance améliorée),
- une réduction des quantités d'azote exportées dans les effluents en raison de la meilleure rétention protéique,
- des carcasses plus maigres,
- une meilleure qualité nutritionnelle liée à une teneur en lipides plus faible et une plus forte proportion d'acides gras polyinsaturés.

Mais il faut aussi évoquer les inconvénients associés à la production de porcs mâles entiers :

- des conditions de bien-être dégradées pour les animaux dominés, en lien avec l'augmentation sensible des comportements d'agression et de monte de la part des dominants (Cronin et al., 2003),
- une fréquence accrue des défauts de carcasses dus à l'augmentation des bagarres. Ces défauts vont de taches superficielles à d'importantes meurtrissures,
- un rendement à l'abattage plus faible à cause du poids du tractus génital,
- des carcasses excessivement maigres, et un manque de cohésion entre les tissus musculaire et adipeux peuvent se rencontrer dans les génotypes les plus maigres,
- une fréquence plus élevée de défauts de "viande sombre" (DFD) du fait que les mâles entiers sont plus actifs,

- une viande qui peut être moins tendre, en lien avec une teneur réduite en lipides intramusculaires,
- une détérioration de la qualité technologique des tissus adipeux du fait d'une plus forte teneur en eau et de la plus grande insaturation des acides gras. Les gras de mâles entiers sont plus mous et moins résistants à l'oxydation,
- la présence des odeurs sexuelles, déjà évoquée plus haut, qui constitue en fait l'obstacle majeur à l'élevage des porcs mâles entiers.

4.2. Maîtrise de la fréquence des odeurs sexuelles

Les niveaux de scatol peuvent être réduits via la nutrition et les conditions d'élevage, alors que la sélection génétique est plus efficace pour diminuer les niveaux d'androsténone. La revue la plus récente sur ces aspects est disponible à EFSA (2004).

La teneur en scatol des gras peut être limitée en élevant les porcs sur caillebotis plutôt que sur sol plein, en distribuant de l'aliment humide plutôt que sec, en tenant les animaux propres et en ne restreignant pas l'accès à l'eau de boisson. La distribution d'aliments riches en glucides fermentescibles (inuline, amidon cru, ...) permet de réduire très efficacement la teneur en scatol des gras (Lösel et Claus, 2005). La supplémentation du régime par de la zéolite est également efficace, de même que la mise à jeun des animaux la veille de l'abattage. Le contrôle des conditions nutritionnelles et d'élevage est cependant insuffisant pour garantir l'absence d'animaux à forte teneur en scatol.

Plusieurs travaux semblent montrer l'existence d'un contrôle génétique de la teneur en scatol des graisses chez le porc en relation avec le polymorphisme de certaines des enzymes impliquées dans sa dégradation hépatique (Lin et al., 2004). La sélection directe de porcs à faible teneur en scatol (parce qu'ils le dégradent rapidement) est difficile à mettre en place car il faudrait placer les animaux dans des conditions favorables à la production de quantités importantes de scatol dans le gros intestin, ce qui est difficilement répétable. La disponibilité de marqueurs génétiques pour la capacité de dégradation du scatol serait ici un outil de choix.

L'héritabilité de la teneur en androsténone des graisses est très élevée, entre 0,25 et 0,87 selon les études (Willeke, 1993). Mais une sélection contre l'androsténone entraîne aussi une diminution de la production d'androgènes et d'oestrogènes et a donc des conséquences négatives sur la maturation sexuelle et les performances de reproduction. Ce problème pourrait être partiellement résolu en utilisant un index de sélection qui associe à l'androsténone un critère de développement sexuel (Sellier et Bonneau, 1988 ; Sellier et al., 2000), mais ceci est difficilement envisageable dans la pratique. Là encore il serait très utile de disposer de marqueurs génétiques, qui pourraient être basés sur l'expression du cytochrome b5 (Davis et Squires, 1999), de gènes majeurs (Fouilloux et al., 1997) ou sur l'utilisation de QTLs (Quintanilla et al., 2003).

Une immunisation spécifique contre l'androsténone permettrait de se débarrasser de ce composé, sans effet négatif sur la pro-

duction d'androgènes et d'estrogènes, qui promeuvent la croissance musculaire et l'efficacité alimentaire. Mais les résultats des études réalisées en ce sens ont été très décevants.

4.3. Evaluation des odeurs sexuelles sur la chaîne d'abattage

Dans l'état actuel des choses, il n'existe pas de procédé fiable qui permette de garantir l'absence d'odeurs sexuelles sur tous les porcs mâles entiers ou même immunocastrés. Dans la plupart des pays, la production de tels animaux devrait sans doute s'accompagner de la mise en place d'une évaluation systématique des carcasses sur la chaîne d'abattage pour exclure les viandes défectueuses des circuits de commercialisation en frais. La mise en place d'une telle évaluation nécessite de définir des seuils d'acceptabilité universellement reconnus et de développer des méthodes rapides, à grand débit, peu coûteuses et fiables.

Sur la base des résultats obtenus avec des jurys de dégustation entraînés, on considère généralement que les seuils d'acceptabilité se situent vers 0,20-0,25 ppm pour le scatol et entre 0,5 et 1 ppm pour l'androsténone. Les jurys entraînés ne sont pas réellement représentatifs des consommateurs, mais il est très difficile d'établir des seuils d'acceptabilité à partir d'enquête auprès des consommateurs car leurs réponses sont trop "bruitées". Une approche plus réaliste consisterait à tenter de modéliser la proportion de consommateurs insatisfaits en fonction des teneurs en composés malodorants.

Pour ce qui concerne les procédures d'évaluation sur la chaîne d'abattage, il est irréaliste de vouloir faire appel à une évaluation sensorielle par un opérateur humain car cette méthode est extrêmement peu répétable. Des procédés de mesure objective ont été testés ou sont en cours de développement (revue récente disponible dans EFSA, 2004) mais il n'existe à l'heure actuelle aucune méthode satisfaisante.

CONCLUSIONS

La castration chirurgicale des porcelets sans anesthésie, telle qu'elle est pratiquée actuellement, pourrait être interdite à terme, du fait que cette pratique est douloureuse. Si l'on excepte les quelques pays qui produisent actuellement des porcs mâles entiers à grande échelle, les filières de production porcine ne disposent actuellement d'aucune solution pour faire face à une telle interdiction. Dans les pays où l'on ne castré plus, on observe des plaintes de plus en plus nom-

breuses de la part des consommateurs car la fréquence des odeurs sexuelles est à la hausse, en lien avec l'augmentation générale des poids d'abattage.

Il reste quelques années pour se préparer. Les voies à explorer qui nous semblent les plus réalistes à l'heure actuelle sont :

- la castration chirurgicale avec anesthésie et analgésie prolongée, sous réserve que des études à grande échelle démontrent l'absence d'effets secondaires et que les coûts de mise en œuvre soient raisonnables. En ce sens, la question de savoir si de telles procédures doivent obligatoirement être mises en œuvre par des vétérinaires est tout à fait centrale. Dans tous les cas de figure, l'adoption de cette procédure se traduirait par une augmentation des coûts par rapport à la situation actuelle.
- l'immunocastration est une voie prometteuse, qui a fait la preuve de son efficacité. Il reste cependant quelques inconnues relatives à la proportion d'animaux ne répondant pas à la vaccination, à ses effets sur le bien-être de l'animal et sur l'acceptabilité de cette procédure par le grand public. Les conséquences en terme de coût de production sont à évaluer en fonction du prix de vente des doses de vaccin sachant que pour le moment, aucun vaccin n'est disponible sur le marché européen.
- la production de porcs mâles entiers ne peut être envisagée que si l'on est capable de garantir que la fréquence des odeurs sexuelles ne sera pas plus élevée qu'actuellement. Le contrôle de l'alimentation et des conditions d'élevage permet de réduire les teneurs en scatol, mais de manière insuffisante, et n'a aucun effet sur l'androsténone. La sélection d'animaux indemnes d'odeurs sexuelles ne peut s'envisager de façon réaliste qu'avec l'aide de marqueurs moléculaires qui restent à définir.

En résumé, l'interdiction de la castration, telle qu'elle est pratiquée actuellement, poserait de graves problèmes à l'industrie porcine qui doit se préparer aux évolutions prévisibles de la réglementation. Sur la base des connaissances actuelles, on peut définir des pistes d'évolution sérieuses et prometteuses qui méritent d'être explorées.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Louis Pinault (Pr. Emérite, Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes) et Mme Kolf-Clauw (Pr. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse) pour leur lecture critique du manuscrit et les informations relatives à la castration chirurgicale avec analgésie.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Awoniyi C.A., Chandrashekar V., Arthur R.D., Schanbacher B.D., Amador A.G., Falvo R.E., 1988. Pituitary and Leydig cell function in boars actively immunized against gonadotrophin-releasing hormone. *J. Reprod. Fertil.*, 84, 295-302.
- Babol J., Squires E.J., 1995. Quality of meat from entire male pigs. *Food Res. Int.* 28, 201-212.
- Bonneau M., 1988. Qualités des viandes de porc mâle entier : voies de recherches et perspectives. *Journées Rech. Porcine en France*, 20, 291-296.
- Bonneau M., 1998. Use of entire males for pig meat in the European Union. *Meat Sci.*, 49 (suppl. 1), S257-S272.
- Bonneau M., Squires E.J., 2000. Use of entire males for pig production. I Conferência Virtual Internacional sobre Qualidade de Carne Suína 16 de novembro a 16 de dezembro de 2000, 1-22. - Via Internet : <http://www.cnpsa.embrapa.br/home.en.html>.
- Bonneau M., Dufour R., Chouvet C., Roulet C., Squires E.J., 1994. The effects of immunization against Luteinizing Hormone-Releasing Hormone on performance, sexual development, and levels of boar taint-related compounds in intact male pigs. *J. Anim. Sci.*, 72, 14-20.
- Caraty A., Bonneau M., 1986. Immunisation active du porc mâle contre la gonadolibérine : effets sur la sécrétion d'hormones gonadotropes et sur la teneur en 5-alpha-androst-16-ène-3-one du tissu adipeux. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences de Paris, Série D* 303, 673-676.
- Cohen R.D.H., King B.D., Thomas L.R., Janzen, E.D., 1990. Efficacy and stress of chemical versus surgical castration of cattle. *Canad. J. Anim. Sci.*, 70, 1063-1072.
- Cohen R.D.H., King B.D., Janzen E.D., Hunter, P.S.W., 1991. Efficacy of chemical castration and effects of age at castration and implant regime on growth rate, testicular measurements and testosterone levels of beef calves. *Canad. J. Anim. Sci.*, 71, 1-11.
- Cronin G.M., Dunshea R., Butler K. L., McCauley I., Barnett J.L., Hemsworth P.H., 2003. The effects of immuno- and surgical-castration on the behaviour and consequently growth of group-housed, male finisher pigs. *App. Anim. Behav. Sci.*, 81, 111-126.
- Davis S.M., Squires E.J., 1999. Association of Cytochrome b5 with 16-Androstene Steroid Synthesis in the Testis and Accumulation in the Fat of Male Pigs. *J. Anim. Sci.*, 77, 1230-1235.
- Dunshea F.R., Colantoni C., Howard K., McCauley I., Jackson P., Long K.A., Lopaticki S., Nugent E.A., Simons J.A., Walker J., Hennessy D.P., 2001. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. *J. Anim. Sci.*, 79, 2524-2535.
- EFSA, 2004. Welfare aspects of the castration of piglets. Scientific Report of the Scientific Panel for Animal Health and Welfare on a request from the Commission related to welfare aspects of the castration of Piglets. European Food Safety Authority- AHAW/04- 087. http://www.efsa.eu.int/science/ahaw/ahaw_opinions/512_it.html
- Falvo R.E., Chandrashekar V., Arthur R.D., Kuenstler A.R., Hasson T., Awoniyi C., Schanbacher B.D., 1986. Effect of active immunization against LHRH or LH in boars: reproductive consequences and performance traits. *J. Anim. Sci.*, 63, 986-994.
- Fordyce G., Hodge, P.B., Beaman N.J., Laing A.R., Campero C., Shepherd R.K., 1989. An evaluation of calf castration by intra-testicular injection of a lactic acid solution. *Austr. Vet. J.*, 66, 272-276.
- Fouilloux M.N., Le Roy P., Gruand J., Renard C., Sellier P., Bonneau M., 1997. Support for single major genes influencing fat androstenone level and development of bulbo-urethral glands in young boars. *Genet. Select. Evol.*, 29, 357-366.
- Gardner I.A., 1980. Sclerosing sterilisation in bulls. *New South Wales Veterinary Proceedings*, 16, 60-61.
- Giri S.C., Yadav B.P.S., Panda S.K., 2002. Chemical castration in pigs. *Indian J. Anim. Sci.*, 72, 451-453.
- Hagen G., Andresen O., Framstad T., Blichfield T., Berg, K.A., 1988. Effects of immunisation of young boars against gonadotropin-releasing hormone. *Proceedings 11th Congress on Animal Reproduction and Artificial Insemination, Dublin*, 493-495.
- Hay M., Vulin A. ; Genin S., Sales P. ; Prunier A. 2003. Assessment of pain induced by castration in piglets: behavioral and physiological responses over the subsequent 5 days. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 82, 201-218.
- Jaros P., Bürgi E., Stärk K.D.C., Claus R., Hennessy D., Thun R., 2005. Effect of active immunization against GnRH on androstenone concentration, growth performance and carcass quality in intact male pigs. *Livest. Prod. Sci.*, 92, 31-38.
- Kohler I., Moens Y., Busato A., Blum J., Schatzmann U., 1998. Inhalation anaesthesia for the castration of piglets: CO₂ compared to halothane. *J. Vet. Med. Series A*, 45, 625-633.
- Liu C.Y., Cheng L.C., Yang P.C., Chang T.Y., Shen M., Finstad C.L., Wang C.Y., 2001. Effects of immunization against LHRH on growth performance, sex characteristics and meat quality of intact male pigs. *J. Anim. Sci.*, 79 suppl. 1, 51-100.
- Lin Z., Lou Y., Squires J.E., 2004. Molecular cloning and functional analysis of porcine SULT1A1 gene and its variant: a single mutation SULT1A1 causes a significant decrease in sulfation activity. *Mammalian Genome*, 15 218-226.
- Lösel D., Claus R., 2005. Dose-dependent Effects of Resistant Potato Starch in the Diet on Intestinal Skatole Formation and Adipose Tissue Accumulation in the Pig. *J. Vet. Med. A*, 52, 209-212.
- Manns J.G., Robbins S.R., 1997. Prevention of boar taint with a recombinant based GnRH vaccine. In *Boar taint in entire male pigs*, Eds. M. Bonneau, K. Lundström and B. Malmfors. EAAP Publication, 92, 137-140.
- Marx G., Horn T., Thielebein J., Knubel B., von Borell E., 2003. Analysis of pain-related vocalization in young pigs. *J. Sound Vibr.* 266, 687-698.
- McCauley I., Watt M., Suster D., Kerton D.J., Oliver W.T., Harrell R.J., Dunshea F.R., 2003. A GnRF vaccine (Improvac®) and porcine somatotropin (Reporcin®) have synergistic effects upon growth performance in both boars and gilts. *Austral. J. Agric. Res.*, 54, 11-20.
- McGlone J.J., Hellman J.M., 1988. Local and general anesthetic effects on behavior and performance of two- and seven-week-old castrated and uncastrated piglets. *J. Anim. Sci.*, 66, 3049-3058.
- McGlone J.J. , Nicholson R.I., Hellman J.M., Herzog D.N., 1993. The development of pain in young pigs associated with castration and attempts to prevent castration-induced behavioural changes. *J. Anim. Sci.*, 71, 1441-1446.
- Meloen R.H., Turkstra J.A., Lankhof H., Puijk W.C., Schaaper W.M.M., Dijkstra G., Wensing C.J.G., Oonk R.B., 1994. Efficient immunocastration of male piglets by immunoneutralization of GnRH, using a new GnRH-like peptide. *Vaccine*, 12, 741-746.
- Metz C., Hohl K., Waidelich S., Drochner W., Claus R., 2002. Active immunization of boars against GnRH at an early age: consequences for testicular function, boar taint accumulation and N-retention. *Livest. Prod. Sci.*, 74, 147-157.
- Molenaar G.J., Lugard-Kok C., Meloen R.H., Oonk R.B., De Koning J., Wensing C.J., 1993. Lesions in the hypothalamus after active immunisation against GnRH in the pig. *J. Neuroimmunology*, 48, 1-11.
- Nyborg P.Y. , Sorig A., Lykkegaard K., Svendsen O., 2000. Nociception after castration of juvenile pigs determined by quantitative estimation of c-Fos expressing neurons in the spinal cord dorsal horn. *Dansk Veterinaertidsskrift*, 83, 16-17.
- Oliver W.T., McCauley I., Harrell R.J., Suster D., Kerton D.J., Dunshea F.R., 2003. A gonadotropin-releasing factor vaccine (Improvac) and porcine somatotropin have synergistic and additive effects on growth performance in group-housed boars and gilts. *J. Anim. Sci.*, 81, 1959-1966.

- Oonk R.B., Turkstra J.A., Schaaper W.M.M., Meloen R.H., 1993. Further experience with anti-GNRH vaccines in male pigs. Proc. EAAP Working Group Production and utilisation of meat from entire male pigs. Milton (GB), 27-29/09/1995.
- Prunier A., Hay M., Servièrre J., 2002. Evaluation et prévention de la douleur induite par les interventions de convenue chez le porcelet. Journées Rech. Porcine, 34, 257-268.
- Prunier A., Mounier A.M., Hay M., 2005. Effects of castration, tooth resection, or tail docking on plasma metabolites and stress hormones in young pigs. J. Anim. Sci., 83: 216-222.
- Prunier A., Bonneau M., Borell von E.H., Cinotti S., Gunn M., Fredriksen B., Giersing M., Morton D.B., Tuytens F.A.M., Velarde A., 2006. A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and evaluation of non-surgical methods. Animal Welfare (sous presse).
- Quintanilla R., Demeure O., Bidanel J.P., Milan D., Iannuccelli N., Amigues Y., Gruand J., Renard C., Chevalet C., Bonneau M., 2003. Detection of quantitative trait loci for fat androstenone levels in pigs. J. Anim. Sci., 81, 385-394.
- Ranheim B., Haga H.A., Andresen O., Ingebrigtsen K., 2003. Distribution of radioactive lidocaine injected into the testes in piglets: preliminary results. 8th World Congress of Veterinary Anesthesia, Knoxville TN, p 209.
- Schönreiter S., Lohmüller V., Huber H., Zanella A.J., Unshelm J., Erhardt W., 2000. Effects of the CO₂/O₂-anaesthesia on behaviour, beta-endorphin- and cortisol concentrations of male piglets after castration. KTBL-Schrift, 391, 137-145.
- Sellier P., Bonneau M., 1988. Genetic relationships between fat androstenone level in males and development of male and female genital tract in pigs. J. Anim. Breed. Genet., 105, 11-20.
- Sellier P., Le Roy P., Fouilloux M.N., Gruand J., Bonneau M., 2000. Responses to restricted index selection and genetic parameters for fat androstenone level and sexual maturity status of young boars. Livest. Prod. Sci., 63, 265-274.
- Taylor A.A., Weary D.M., 2000. Vocal responses of piglets to castration: identifying procedural sources of pain. Appl. Anim. Behav. Sci., 70, 17-26.
- Turkstra J.A., Zeng X.Y., van Diepen J.Th.M., Jongbloed A.W., Oonk H.B., van de Wiel D.F.M., Meloen R.H., 2002. Performance of male pigs immunized against GnRH is related to the time of onset of biological response. J. Anim. Sci., 80, 2953-2959.
- Waldmann K.H., Otto K., Bollwahn W., 1994. Castration of piglets - pain and anaesthesia. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift, 101, 105-109.
- Wemelsfelder F., van Putten G., 1985. B-260 Zeist: Instituut voor Veeteeltkundig Onderzoek 'Schoonoord'.
- White R.G., Deshazer J.A., Tressler C.J., Borchert G.M., Davey S., Waninge A., Parkhurst A.M., Milanuk M.J., Clemens E.T., 1995. Vocalization and physiological response of pigs during castration with or without local anesthetic. J. Anim. Sci., 73, 381-386.
- Willeke H., Claus R., Müller E., Pirchner F., Karg H., 1993. Possibilities of breeding for low 5 α -androstenone content in pigs. Pig News Inform., 14, 31N-33N.
- Zeng X.Y., Turkstra J.A., Jongbloed A.W., van Diepen J.Th.M., Meloen R.H., Oonk H.B., Guo D.Z., van de Wiel D.F.M., 2002a. Performance and hormone levels of immunocastrated, surgically castrated and intact male pigs fed ad libitum high- and low- energy diets. Livest. Prod. Sci., 77, 1-11.
- Zeng X.Y., Turkstra J.A., Tsigos A., Meloen R.H., Liu X.Y., Chen F.Q., Schaaper W.M.M., Oonk H.B. (Ria), Guo D.Z., van de Wiel D.F.M., 2002b. Effects of active immunization against GnRH on serum LH, inhibin A, sexual development and growth rate in Chinese female pigs. Theriogenology, 58, 1315-1326.
- Zeng X., Turkstra J., Meloen R., Liu X., Chen F., Schaaper W., Oonk H., Guo D., Wiel D., 2002c. Active immunization against gonadotrophin-releasing hormone in Chinese male pigs: effects of dose on antibody titer, hormone levels and sexual development. Anim. Reprod. Sci., 70, 223-233.