

4. Interventions réalisées sur les porcelets, conséquences douloureuses et mesures de réduction¹

A. Prunier¹, N. Devillers², M.S Herskin³, D.A. Sandercock⁴, A.R.L. Sinclair⁴, C. Tallet¹, E. von Borell⁵

¹PEGASE, INRAE, Agrocampus-Ouest, 35590 Saint Gilles, France

²Agriculture and Agri-Food Canada, Sherbrooke Research and Development Centre, 2000 College Street, Sherbrooke, QC, J1M 0C8, Canada

³Department of Animal Science, AU Foulum, Aarhus University, Tjele, Denmark

⁴SRUC, West Mains Road, Edinburgh, EH9 3JG, UK

⁵Institute of Agricultural and Nutritional Sciences, Martin Luther-University Halle-Wittenberg, 06108 Halle (Saale), Germany

Auteur pour la correspondance : armelle.prunier@inrae.fr

Résumé

Durant les premiers jours de vie, les porcelets élevés pour la production de viande sont soumis à de nombreuses interventions qui provoquent des lésions de tissus innervés et sont donc des sources potentielles de douleur, dont l'intensité et la durée dépendent de la nature et de l'ampleur des lésions tissulaires. Chacune de ces interventions est effectuée pour des raisons spécifiques, telles que prévenir l'odeur de verrat dans la viande (castration), réduire le risque de morsure de la queue (caudectomie), limiter les lésions entre frères de portée et celles aux mamelles de la truie (épointage des dents), améliorer la santé (injections) ou identifier les animaux (tatouage, pose d'une boucle auriculaire ou entaille de l'oreille). Ce chapitre aborde le pourquoi et le comment de ces différentes interventions, les signes de douleur pendant et peu après l'intervention, la présence de douleur à long terme, les conséquences sur la santé et les relations entre l'homme et l'animal, les options disponibles pour réduire la douleur et les avantages et inconvénients de l'arrêt de ces interventions. Des solutions se dessinent pour minimiser la dépendance du secteur porcin à l'égard de ces interventions douloureuses et, lorsqu'elles sont jugées indispensables, pour permettre de

¹ Ce texte est une version traduite par G. Aubin-Houzelstein et revue par T. Bridgeman et A. Prunier du chapitre *Husbandry interventions in suckling piglets, painful consequences and mitigation* paru en 2020 dans l'ouvrage *The suckling and weaned piglet* rédigé sous la direction de C. Farmer et édité par Wageningen Academic Publishers. Il est en libre accès à l'adresse suivante : https://www.wageningenacademic.com/doi/epdf/10.3920/978-90-8686-894-0_4.

choisir l'option la moins douloureuse et pour réduire autant que possible toute douleur résiduelle. Toutefois, une meilleure connaissance de la composante émotionnelle de la douleur liée à ces interventions ainsi que l'établissement de protocoles standardisés et validés d'évaluation de la douleur sont nécessaires pour progresser et déterminer les meilleures solutions en termes de bien-être de l'animal et de faisabilité par les éleveurs.

Mots clés : castration, caudectomie, époinçage des dents, comportement, stress

4.1. Introduction

De nombreuses interventions sont couramment pratiquées sur les très jeunes porcelets. Elles comprennent la castration chirurgicale des mâles, et, dans les deux sexes, la caudectomie, l'époinçage des dents, l'injection de fer ou la vaccination, et parfois la réalisation d'entailles, la po-



Figure 4.1. Image d'un porcelet de 25 jours dont la queue a été coupée le jour suivant sa naissance et qui a été castré chirurgicalement à l'âge de 5 jours. Crédit photographique : A. Prunier.

pose d'une boucle auriculaire ou le tatouage des oreilles (Figure 4.1). Toutes ces interventions provoquent des lésions de tissus sensibles et sont donc potentiellement sources de douleurs aiguës et, pour certaines d'entre elles, persistantes, voire chroniques. Toutes ces procédures sont effectuées à titre préventif - pour éviter des problèmes ultérieurs d'odeur de verrat dans la viande ou limiter le risque de morsure de la queue ou d'apparition de maladies - et les arguments en leur faveur sont

donc souvent basés sur une éthique utilitariste. En outre, on a historiquement justifié la pratique de procédures douloureuses chez les très jeunes animaux par l'insensibilité à la douleur à ce stade de la vie. Cependant, les preuves scientifiques se sont accumulées pour démontrer que les très jeunes porcelets, comme les nouveau-nés d'autres espèces de mammifères, sont capables de ressentir la douleur (EFSA, 2017), même si la sensibilité aux stimuli nociceptifs peut varier avec l'âge (Kells et al., 2019).

Par définition, la douleur comporte une dimension sensorielle et une dimension émotionnelle dont la double présence est nécessaire pour conclure à la présence de douleur (IASP, 2019). Il est difficile d'inférer la présence de la dimension émotionnelle de la douleur chez les animaux puisqu'ils ne peuvent pas nous communiquer directement ce qu'ils ressentent. L'une des approches possibles est basée sur l'observation des comportements spontanés des animaux en réponse à des sources potentielles de douleur (pour en savoir plus, voir Weary et al., 2006, Prunier et al., 2013, Sneddon et al., 2014) tout en gardant à l'esprit que d'autres causes que la douleur peuvent souvent expliquer les changements observés. D'autres approches intéressantes sont basées sur l'évaluation de la motivation (Weary et al., 2006, Weary et al., 2017). Ces dernières années, des paradigmes impliquant l'apprentissage, développés initialement en psychologie humaine, tels que l'aversion conditionnée (Prus et al., 2009), ont été utilisés avec succès pour mettre en évidence la valence négative des procédures causant des lésions tissulaires, comme par exemple l'écornage chez les veaux (Adcock et Tucker, 2020). En outre, des tests de biais cognitifs, qui étudient la motivation d'un animal à effectuer une tâche et sa tendance à interpréter des informations ambiguës comme positives ou négatives, ont été effectués pour tirer des conclusions sur les changements à plus long terme des états affectifs des animaux après les avoir exposés à des interventions provoquant des lésions tissulaires (Neave et al., 2013).

Comme la douleur porte atteinte au bien-être des porcs, il est essentiel de déterminer avec précision les conséquences des différentes interventions qui leur sont appliquées. En outre, il est nécessaire de connaître les possibilités de supprimer ces interventions ou, lorsqu'elles sont inévitables, quelle est l'intervention la moins douloureuse lorsque plusieurs possibilités existent pour le même objectif (par exemple, couper ou meuler pour l'épointage des dents). Enfin, si une intervention douloureuse ne peut pas être évitée, il convient de préciser les possibilités de réduction de la douleur par un traitement analgésique ou anesthésique. Ces connaissances permettront aux éleveurs d'appliquer à la production porcine l'approche des "3S", c'est-à-dire "Supprimer,

Substituer et Soulager", développée par Guatteo et al. (2012), qui est parallèle à l'approche des "3R", Réduire, Raffiner et Remplacer, développée dans le contexte de l'expérimentation animale. Dans ce chapitre, nous examinons pourquoi et comment ces interventions sont pratiquées, quelles sont les preuves de douleur à court et à long terme, quelles sont les possibilités de réduire la douleur et quels sont les avantages et les inconvénients à arrêter ces interventions.

4.2. Castration chirurgicale des porcelets

4.2.1. Pourquoi et comment cette procédure est-elle pratiquée ?

Dans le monde entier, la plupart des porcelets mâles subissent encore une castration chirurgicale, comme en Chine (Xue et al., 2019), ou dans l'UE-24 où 61% des porcelets ont été castrés chirurgicalement en 2015 (De Briyne et al., 2016). Les principales raisons pour castrer sont d'élever des animaux moins agressifs, d'éviter les gestations si les mâles sont logés avec les femelles et, surtout, d'éviter l'odeur et la saveur désagréables de la viande de porc mâle non castré (EFSA, 2014). La castration chirurgicale des porcelets mâles est pratiquée pendant les premiers



Figure 4.2. Porcelet immobilisé pour une castration chirurgicale. Crédit photographique : M. Coutant.

jours ou les premières semaines de vie. Il s'agit d'un processus rapide qui peut prendre moins de 30 secondes, en comptant le temps de capture, lorsqu'aucun traitement de la douleur n'est effectué. Les porcelets sont immobilisés pendant l'intervention afin de minimiser leurs mouvements (Figure 4.2). Une ou deux incisions d'environ 2 cm sont pratiquées sur le scrotum, et les tissus

environnants sont sectionnés pour libérer les testicules. Ensuite, chaque testicule est extrait et retiré en déchirant les tissus ou en coupant le cordon spermatique (funiculus spermaticus) à l'aide d'un scalpel ou d'un émasculateur qui pince et écrase le cordon pour limiter les saignements. Tous les tissus lésés lors d'une castration chirurgicale étant fortement innervés (EFSA, 2014), la castration chirurgicale est donc douloureuse. Pour réduire cette douleur, un traitement peut être mis en place (voir ci-dessous). Afin de limiter le risque d'infection, l'opérateur peut appliquer un antiseptique sur la peau avant l'intervention et/ou sur la plaie après la castration. Il peut aussi administrer un antibiotique. Une enquête récente réalisée en Europe a révélé que les antibiotiques sont utilisés régulièrement mais pas de façon systématique, avec une fréquence d'administration variable entre et au sein des pays (consortium Castrum, 2016).

4.2.2. Manifestations de douleurs pendant, et dans les heures et jours qui suivent la castration chirurgicale

Un grand nombre d'expériences ont été consacrées à l'évaluation de la douleur chez les porcelets ayant subi une castration chirurgicale. Elles ont donné lieu à plusieurs revues de la littérature (Prunier et al., 2006, von Borell et al., 2009, Rault et al., 2011, Prunier et al., 2013, Sutherland, 2015, Ison et al., 2016, Prunier et al., 2020) démontrant que, pendant l'intervention et peu après, la castration induit une douleur intense. Celle-ci se manifeste par des changements dans l'activité électrique du cerveau (par exemple, une diminution de l'amplitude des ondes cérébrales Thêta pendant la chirurgie qui est moins marquée chez les porcelets ayant reçu une anesthésie locale : Haga et Ranheim, 2005), l'activation des systèmes neuroendocriniens de réponse au stress (par exemple, augmentation de la concentration plasmatique des catécholamines, du cortisol et de l'ACTH : Prunier et al., 2005, Prunier et al., 2006, Carroll et al., 2006), ainsi que de nombreux changements comportementaux pendant l'intervention (par exemple, davantage de mouvements de défense et de vocalisations aiguës) et au cours des heures suivantes (animaux plus souvent isolés, absence d'activité comportementale tout en étant éveillé et frottement de l'arrière-train), (Hay et al., 2003, Marx et al., 2003, Marchant-Forde et al., 2009).

Cependant, les effets à plus long terme de la castration sur le bien-être des porcs, c'est-à-dire dans les jours qui suivent l'intervention, sont moins clairs, car très peu d'études ont été réalisées sur le sujet et les études réalisées ont utilisé des protocoles très différents. Par exemple, une seule étude (Marsalek et al., 2011) sur un total de quatre (Carroll et al., 2006, Marchant-Forde et al., 2009, Marsalek et al., 2011, Sutherland et al., 2012), mesurant les concentrations de cortisol

plasmatique 24 et/ou 48 heures après l'intervention, a révélé une augmentation du cortisol plasmatique chez les mâles castrés. Dans une étude portant sur 28 porcelets mâles castrés et 56 porcelets mâles non castrés observés à intervalles réguliers, Hay et al. (2003) ont constaté que les porcelets castrés étaient plus fréquemment désynchronisés (ils réalisaient une activité différente de celle de la plupart des frères et sœurs de portée) le 1^{er} jour après la castration, ils se frottaient plus fréquemment l'arrière-train au sol jusqu'à la 4^{ème} nuit suivant la castration, et ils se blottissaient (couchés avec au moins trois pattes repliées sous le corps), agitaient la queue, s'agenouillaient et se déplaçaient plus fréquemment jusqu'au 4^{ème} jour après la castration. L'effet de la castration sur certains comportements (par exemple la désynchronisation ou le fait d'être éveillé tout en étant inactif) était parfois opposé d'un jour à l'autre, ce qui suggère l'existence d'effets de rebond et rend les résultats difficiles à interpréter lorsque les animaux ne sont pas observés à intervalles réguliers. Dans une autre étude portant sur les 3 premiers jours après la castration, les seules différences observées ont été une moindre fréquence de la position en "chien assis" le 3^{ème} jour et un plus grand isolement (aucun contact avec les truies et les frères et sœurs de portée) du 1^{er} au 3^{ème} jour chez les castrés (Llamas Moya et al., 2008). Quatre autres études portant sur le 1^{er} jour après la castration notent plus de frottements de l'arrière-train et de mouvements de la queue (Courboulay et al., 2010), ou plus de comportements anormaux, ceux-ci étant comptabilisés ensemble (nombre total de spasmes + frottements de l'arrière-train + raideur + recroquevillement + prostration chez Hansson et al (2011) ; nombre total de spasmes + frottements de l'arrière-train + raideurs + tremblements + mouvements de la queue chez Viscardi et Turner (2018b et 2018a)) chez les mâles castrés. La mise en place d'un traitement analgésique a permis de réduire ces comportements anormaux dans trois de ces quatre études. A l'opposé, certains auteurs n'ont pas réussi à démontrer une quelconque influence de la castration chirurgicale sur le comportement le lendemain de la castration (Yun et al., 2019) ou du 1^{er} au 4^{ème} jour après la castration (Kluivers-Poodt et al., 2013). Il est donc probable que les porcelets dont on ne soulage pas la douleur de façon appropriée éprouvent de la douleur dans les jours suivant l'intervention, mais que l'intensité de la douleur diminue et que ces signes deviennent plus difficiles à repérer avec le temps.

En résumé, si les manifestations comportementales et physiologiques de douleur pendant la castration chirurgicale et peu après sont très claires, elles deviennent moins évidentes dès le lendemain de l'intervention. Toutefois, il convient de rappeler que plus l'intervalle de temps entre l'intervention et l'observation augmente, moins il y a eu d'études réalisées et qu'il est difficile de

démontrer l'existence de la douleur chez les porcs en n'observant que leurs comportements spontanés. Par exemple, Castel et al. (2013), ayant développé un modèle de douleur postopératoire pour des porcs âgés d'environ 7 semaines, ont démontré la présence d'une hyperalgie autour de la plaie jusqu'à 7 jours après l'intervention à l'aide d'un test basé sur la réaction de retrait à la pression. Ils ont montré une augmentation des comportements spontanés indicateurs de douleur (agitation, isolement, éloignement à l'approche de l'expérimentateur et vocalisations) de 1 heure à 3 heures après l'intervention mais pas au-delà.

4.2.3. *Réduction de la douleur due à la castration chirurgicale*

Compte tenu que la douleur induite par la castration dure longtemps, la prise en charge de la douleur pendant la procédure elle-même devrait être associée à l'utilisation d'un analgésique à effet prolongé pendant au moins un jour. Comme elle est pratiquée en élevage, la méthode doit être peu coûteuse, facile à mettre en œuvre et sans risque pour la santé des personnels et des animaux. En outre, elle doit respecter les législations nationales sur l'utilisation des médicaments qui (a) réglementent leur administration chez les animaux élevés pour la consommation humaine afin de limiter les résidus de médicaments dans l'alimentation, et (b) réservent l'utilisation de certains médicaments aux seuls vétérinaires.

Deux enquêtes réalisées en 2015 (De Briyne et al., 2016) et 2016 (consortium Castrum, 2016) en Europe ont montré qu'environ la moitié des porcs castrés chirurgicalement avaient reçu un traitement pour réduire la douleur, et que ce traitement varie d'un pays à l'autre et au sein d'un même pays. L'anesthésie générale par inhalation de CO₂/O₂ (par exemple aux Pays-Bas) ou d'isoflurane (en Suisse) ou par injection de kétamine (par exemple en Allemagne) font partie des solutions possibles. Parfois, une sédation à l'azapérone est pratiquée, soit seule, soit en combinaison avec l'anesthésie générale. L'anesthésie locale par lidocaïne ou procaïne injectée par voie sous-cutanée (par exemple en Hongrie), par voie intra-testiculaire (par exemple en Suède et au Danemark) ou aux deux sites (par exemple en Norvège) est une autre possibilité. Une analgésie prolongée par administration d'un anti-inflammatoire non stéroïdien (AINS) tel que la flunixin (par exemple en Autriche), le méloxicam (par exemple en France) ou le kétoprofène (par exemple au Danemark) est souvent pratiquée, soit seule (par exemple en France), soit associée à une anesthésie locale (par exemple en Suède et au Danemark) ou générale (par exemple aux Pays-Bas). Moins souvent, le métamizole (également appelé dipyrone), un dérivé non opioïde de la pyrazolone, est utilisé pour l'analgésie (par exemple en Slovaquie). Très rarement, le butorphanol,

un dérivé opiacé, est utilisé (seulement en Suisse).

L'anesthésie générale agit sur l'activité du système nerveux central et entraîne une perte de conscience et de sensation. Par conséquent, la perception de la douleur est supprimée pendant l'intervention et jusqu'au réveil du porc. Dans le cas de l'anesthésie au CO₂/O₂, les porcelets sont placés dans des boîtes ou dans un dispositif spécifique et inhalent le mélange gazeux pendant au moins 30 secondes, ce qui entraîne une perte de conscience pendant environ 1 minute au moment de la castration, puis les porcelets sont replacés dans leur enclos d'origine où ils se rétablissent rapidement (Gerritzen et al., 2008). L'utilisation d'isoflurane nécessite un équipement plus coûteux et plus perfectionné. Les porcelets sont placés dans un appareil spécifique et inhalent le gaz pendant environ 90 secondes jusqu'à ce qu'ils perdent conscience et soient castrés (Walker et al., 2004). La récupération après l'anesthésie dure également environ 90 secondes et les porcelets peuvent être rapidement replacés dans leur loge d'origine. Dans des conditions expérimentales optimisées, la durée et la profondeur de l'anesthésie sont satisfaisantes avec les deux gaz (Walker et al., 2004, Gerritzen et al., 2008). Cependant, l'utilisation du CO₂/O₂ est discutable car ce mélange est très aversif pour les animaux et la marge de sécurité entre l'anesthésie et la mort est étroite (O'Connor et al., 2014). Une enquête sur l'utilisation de l'isoflurane en Suisse a indiqué que 14 % des porcelets n'étaient pas suffisamment anesthésiés (Enz et al., 2013a). Les auteurs ont également signalé davantage de saignements après la castration et recommandent donc l'utilisation d'un émasculateur. Avec l'hypnotique kétamine et/ou le neuroleptique azapérone, la durée et la profondeur de l'anesthésie sont beaucoup moins satisfaisantes. De plus, la longue période de sommeil (jusqu'à plusieurs heures) qui suit l'injection de kétamine retarde la reprise des tétées et augmente donc le risque d'hypothermie potentiellement fatale pour les porcelets (Enz et al., 2013b).

L'anesthésie locale bloque la transmission de certains influx nerveux entre la zone du corps ciblée et le système nerveux central, ce qui entraîne une perte de la sensation de douleur dans la zone ciblée. Taylor et Weary (2000) ont démontré que le moment le plus douloureux de la castration se situe lorsqu'on déchire ou coupe le cordon spermatique. Pour soulager cette douleur, l'injection directe dans le cordon spermatique (injection intrafuniculaire) ou indirecte dans les testicules (Haga et Ranheim, 2005) sont toutes deux des méthodes efficaces. Par conséquent, les voies d'injection les plus courantes d'un anesthésique local sont l'injection intratesticulaire, sous-cutanée et intrafuniculaire, ou une combinaison de celles-ci. Deux anesthésiques locaux, la procaine et la lidocaïne, sont couramment utilisés, le second ayant un début d'action plus rapide et

une durée d'action plus longue. Lorsqu'elle est utilisée correctement, l'anesthésie locale à la lidocaïne soulage mais ne supprime pas totalement la douleur lors de la castration chirurgicale (voir par exemple Marx et al., 2003, Hansson et al., 2011, Kluivers-Poodt et al., 2012). Bien que l'anesthésie locale à la procaine n'ait été abordée que dans quelques études non soumises à l'évaluation par les pairs, elle semble moins efficace (Courboulay et al., 2018, Hofmann et al., 2019). On soupçonne l'existence d'une douleur due à l'anesthésie locale elle-même, mais d'intensité plus faible que celle due à la castration chirurgicale, comme le suggère la réponse EEG plus faible lorsqu'on injecte de la lidocaïne soit dans les testicules soit dans le cordon spermatique que lorsqu'on coupe le cordon spermatique (Haga et Ranheim, 2005). De plus, l'augmentation de la concentration plasmatique de cortisol et d'ACTH après une injection intra-testiculaire de lidocaïne est beaucoup plus faible que celle qui suit la castration avec ou sans réduction de la douleur par l'anesthésie locale (étude non revue par des pairs : Prunier et al., 2002).

Les AINS sont des inhibiteurs des enzymes cyclo-oxygénases qui jouent un rôle central dans la production des prostaglandines. Ils agissent sur la douleur surtout au niveau périphérique en réduisant l'inflammation (par exemple le méloxicam) ou à la fois aux niveaux périphérique et central (par exemple le kétoprofène). De nombreuses études ont été menées pour déterminer leur efficacité pour réduire la douleur liée à la castration chez les porcs (Dzikamunhenga et al., 2014, O'Connor et al., 2014, Schoos et al., 2019). Nombre de ces études ont utilisé le cortisol plasmatique comme indicateur indirect de la douleur mais ce choix est discutable si des indicateurs comportementaux de la douleur ne sont pas aussi pris en compte (Dzikamunhenga et al., 2014). Plusieurs études ont mis en évidence une réduction des comportements induits par la castration (par exemple, prostration, tremblements, mouvements de la queue, frottements de l'arrière-train, tête basse ou isolement) dans les premières heures suivant la castration chirurgicale chez des porcelets ayant reçu du méloxicam avant l'intervention (Langhoff et al., 2009, Keita et al., 2010, Kluivers-Poodt et al., 2013, Tenbergen et al., 2014), contrairement à d'autres études (Hansson et al., 2011, Reiner et al., 2012, Viscardi et Turner, 2018a). Cet effet a été observé le lendemain de la castration dans une étude (Hansson et al., 2011) mais pas dans trois autres études (Reiner et al., 2012, Kluivers-Poodt et al., 2013, Viscardi et Turner, 2018a). Un nombre plus restreint d'études a examiné l'efficacité du kétoprofène et de la flunixin. Aucun effet positif d'un prétraitement à la flunixin sur le comportement n'a été mis en évidence par Reiner et al. (2012), alors que Langhoff et al. (2009) ont observé moins de mouvements de la queue et de changements de position dans les

heures suivant la castration. Courboulay et al. (2010) n'ont décrit qu'une réduction des mouvements de la queue, généralement considérée comme un indicateur de douleur liée à la castration, le lendemain de l'intervention, alors que Viscardi et Turner (2018a) n'ont montré aucun effet.

Le butorphanol inhibe la douleur au niveau central et devrait se révéler efficace sur les douleurs aiguës, même très intenses comme celle due à la castration. Courboulay et al. (2015) ont observé des effets positifs sur le comportement pendant et peu après la castration chirurgicale, mais l'utilisation de ce médicament a été rejetée par Viscardi et Turner (2018b) et Hug et al. (2018) en raison d'effets secondaires inacceptables (par exemple, vomissements, tremblements, pédalages). Le métamizole inhibe la douleur à la fois aux niveaux périphérique et central, mais aucun effet clair sur le comportement n'a été observé bien qu'il atténue l'augmentation postopératoire de la concentration plasmatique du cortisol (Langhoff et al., 2009).

Du fait du manque de standardisation des protocoles d'évaluation de la douleur, il est très difficile de comparer l'efficacité des différents traitements proposés pour réduire la douleur liée à la castration chirurgicale et donc de formuler des recommandations précises (Dzikamunhenga et al., 2014, O'Connor et al., 2014). Toutefois, les marges de sécurité étroites, le stress lié à la manipulation, l'efficacité et la facilité d'utilisation rendent certaines méthodes telles que l'anesthésie locale ou l'anesthésie générale par inhalation d'isoflurane, combinée à un traitement analgésique préventif (par exemple le méloxicam) plus appropriées en termes d'efficacité, de risques et d'inconvénients, que l'anesthésie par inhalation de CO₂/O₂ ou par injection de kétamine ou d'azapérone. Enfin, même si ces méthodes multimodales réduisent la douleur, le stress et la douleur dus à la castration chirurgicale ne sont pas totalement éliminés.

4.2.4 Conséquences à long terme de la castration chirurgicale

On manque d'observations sur les éventuelles douleurs neuropathiques à long terme dues à la castration chirurgicale chez les porcs. Si la castration est principalement associée à une lésion des tissus mous, elle implique cependant une section complète des nerfs testiculaires. Ces nerfs, qui innervent de nombreuses structures dans les testicules et le scrotum, contiennent des milliers de neurones somatosensoriels, et une proportion importante de ceux-ci sont des neurones afférents nociceptifs primaires responsables de la détection et de la conduction des signaux de douleur (Woolf et Ma, 2007). Suite à la coupe des nerfs associée à la castration, des névromes post-traumatiques pourraient se développer dans la partie régénératrice proximale des nerfs testiculaires

sectionnés. Les névromes post-traumatiques sont formés par de multiples axones bourgeonnants dont la croissance est dirigée vers la partie distale du nerf sectionné. Ces axones bourgeonnants prolifèrent pour former un faisceau désorganisé de neurones, de cellules de Schwann et de tissu conjonctif, qui peuvent être entourés par du tissu fibreux ou largement dispersés dans le tissu cicatriciel (Foltan et al., 2008). Chez l'homme, les névromes post-traumatiques peuvent être associés à une douleur épisodique, voire persistante dans certains cas (Rajput et al., 2012). Chez le cheval, à l'aide d'études neuroanatomiques, Bengtsdotter et al. (2019) ont démontré la présence de névromes post-traumatiques dans les nerfs testiculaires résiduels au site de castration. Ces auteurs proposent que, chez les hongres, les névromes, développés à la suite de l'écrasement et de la section des nerfs testiculaires pendant la castration induisent une douleur inguinale, des boiteries idiopathiques des membres postérieurs, des douleurs dorsales et des problèmes de comportement. L'existence de névromes post-traumatiques dans les nerfs testiculaires au niveau du site de castration reste à prouver chez les porcs.

Il est possible que la castration chirurgicale puisse entraîner des problèmes de santé, par exemple, une mauvaise cicatrisation des plaies, des infections, des maladies contagieuses, une réduction des performances de croissance, la mortalité et la suppression des comportements spécifiques aux mâles mais très peu d'études ont cherché à évaluer ces conséquences potentielles. Dans leur étude de terrain, Hawkins et Strobel (2012) ont suggéré que l'utilisation d'un spray anti-infectieux peut améliorer le processus de cicatrisation des plaies, tandis que Sutherland et al. (2012) ont constaté que les scores de cicatrisation des plaies n'étaient pas améliorés par l'administration de flunixin au moment de la castration. L'incidence des problèmes de cicatrisation augmente de façon logique avec l'âge des porcelets au moment de la castration (par exemple, 28 jours contre 3 jours : Sutherland et al., 2012). Les problèmes d'hygiène et la propagation de maladies sont plus importants si l'antisepsie n'est pas respectée au moment de la castration et si le matériel d'anesthésie utilisé n'est pas correctement nettoyé et désinfecté (comme par exemple les appareils d'anesthésie gazeuse partagés par plusieurs élevages : Aluwé et al., 2016). La mortalité des porcs mâles castrés pendant la lactation ne semble pas différer de celle des femelles (McGlone et al. 1993), ou des mâles non castrés (Kluivers-Poodt et al., 2012, Bonastre et al., 2016) en élevages expérimentaux. Cependant, dans les élevages commerciaux, Morales et al. (2017) ont observé des différences entre les mâles castrés et les mâles entiers en fonction de leur poids vif à la naissance. Les 25 % de porcelets les plus légers et les 50 % de porcelets de poids moyen avaient un taux de

mortalité qui doublait lorsqu'ils étaient castrés, tandis que les 25 % de porcelets les plus lourds avaient une croissance légèrement plus lente pendant la lactation lorsqu'ils étaient castrés. Dans leur méta-analyse de 15 études impliquant des mâles immuno-castrés et castrés chirurgicalement, Allison et al. (2010) ont confirmé que les porcs castrés avaient un taux de mortalité plus élevé que leurs congénères non castrés. Toutefois, les performances relativement faibles de croissance des porcs en croissance et en finition proviennent plus probablement de facteurs métaboliques liés aux stéroïdes sexuels qui sont des anabolisants naturels (par exemple l'absence de stéroïdes testiculaires diminue l'efficacité alimentaire et le potentiel de croissance des mâles castrés à alimentation rationnée) que des effets à long terme de la procédure de castration elle-même. Alors que la castration peut empêcher certains des comportements spécifiques aux mâles entiers (par exemple monter ou mordre le pénis), qui peuvent provoquer des blessures, les mâles castrés semblent plus sujets au cannibalisme de queue. En effet, il a été rapporté que les mâles castrés étaient plus susceptibles de se faire mordre la queue que les femelles (Wallgren et Lindahl, 1996, Kritas et Morrison, 2004 et 2007), et que le risque pour les mâles augmente avec la proportion de femelles dans l'enclos (Kritas et Morrison, 2004). Toutefois, à notre connaissance, il n'existe aucune comparaison de la fréquence des morsures de la queue entre les mâles entiers et les mâles castrés.

De plus, la castration chirurgicale semble modifier la façon dont les porcs perçoivent l'homme. Tallet et al. (2013) ont rapporté que des porcs castrés âgés de 81 ou 125 jours et placés dans un environnement inconnu passent moins de temps à proximité d'un être humain inconnu que des mâles entiers de la même tranche d'âge. Ces résultats suggèrent que les porcs castrés pourraient associer le stress et la douleur dus à la castration à la présence humaine. Cependant, la castration ne semble pas affecter la maniabilité des animaux (Tallet et al., 2013). Des recherches plus approfondies sur ce sujet sont nécessaires.

4.2.5 Moyens possibles pour éviter la castration chirurgicale

Afin d'éviter la castration chirurgicale et ses conséquences négatives sur la santé et le bien-être des porcs, deux solutions principales sont envisageables : effectuer une vaccination qui inhibe l'activité testiculaire (immunocastration) ou élever des mâles entiers (Bonneau et Weiler, 2019). L'élevage de mâles entiers est déjà la règle dans certains pays comme le Royaume-Uni et l'Irlande. Pour les pays où la castration chirurgicale est encore fréquente, cette solution nécessite la conception et la mise en place d'un nouveau système tout au long de la chaîne de production porcine, afin de minimiser l'odeur de verrat chez les animaux vivants et de trier les carcasses en

fonction de leur niveau d'odeur pour les utiliser de façon appropriée et ainsi éviter leur rejet par les marchés et les consommateurs (Parois et al., 2018).

4.3 Épointage des dents des porcelets

4.3.1 Pourquoi et comment cette procédure est-elle pratiquée?

Les porcelets naissent avec une incisive et une canine de chaque côté de la mâchoire supérieure et inférieure. Ces huit dents sont très pointues et peuvent facilement blesser les truies ou les autres porcelets de la portée. Ce sont des dents de lait qui tombent spontanément entre 2 et 4 mois (Hay et al., 2004). A chaque mâchoire, quatre incisives de lait supplémentaires font leur apparition entre 2 et 35 jours d'âge (Tucker et Widowski, 2009). Dans le but de limiter les lésions sur les autres porcelets ou sur les mamelles des truies, d'éviter de perturber le comportement d'allaitement des truies, d'améliorer la croissance des porcelets et de réduire leur mortalité, l'épointage des dents est pratiquée de manière systématique dans de nombreux élevages conventionnels à travers le monde. Dans l'UE, il est interdit de pratiquer cette procédure en routine (2001/93/CE, 2001, 2008/120/CE, 2008). Toutefois, des données de 2008 indiquent que la plupart des porcs sont soumis à un épointage des dents en routine dans la majorité des pays européens (Fredriksen et al., 2009) et il n'y a aucune raison de croire que la situation ait changé depuis. De même, la plupart des porcelets provenant de grands élevages sont soumis à un épointage des dents en Chine (Yao Wen, communication personnelle).

L'épointage des dents est généralement effectuée dans les jours qui suivent la naissance, souvent en même temps que d'autres interventions telles que l'injection de fer, la coupe de la queue et parfois la castration des porcelets mâles. Les huit dents pointues sont épointées avec une pince coupante ou une meuleuse électrique (abrasion de la dent avec une pierre). La fraction de dent retirée varie de quelques pour cent à la totalité de la partie de la dent située au-dessus de la gencive (Gallois et al., 2005, Fu et al., 2019). Dans presque tous les cas, l'épointage de la dent entraîne une atteinte de la pulpe dentaire (Hutter et al., 1994, Hay et al., 2004) qui est fortement innervée. De ce fait, l'épointage des dents est source de douleur.

Plusieurs études ont démontré que l'épointage des dents permet de réduire le nombre et la gravité des lésions cutanées chez les porcelets, alors que son effet sur les lésions de la mamelle de la truie est variable (Weary et Fraser, 1999, Holyoake et al., 2004, Gallois et al., 2005, Lewis et al., 2005a, Fu et al., 2019). Son effet sur le comportement maternel est également peu clair. Les études

n'ont pas permis de conclure à un effet quelconque de l'épointage des dents, que ce soit par meulage ou par section, sur la posture de la truie, le nombre de changements de posture, l'intervalle de temps entre deux tétées ou entre la tétée et le changement de posture de la truie, pendant les deux jours suivant la mise bas (Prunier et al., 2004, Lewis et al., 2005a). Lewis et al. (2005a) ont trouvé qu'au quatrième jour, les truies qui allaitaient des porcelets aux dents coupées interrompaient moins de tétées que celles dont les porcelets avaient les dents intactes, et les 21^{ème} et 26^{ème} jours, elles ont moins pris la position en "chien assis" (interprétées comme un évitement des tentatives de tétée). Plus récemment, Fu et al. (2019), en effectuant des observations régulières entre les jours 1 et 24 de la lactation, n'ont constaté des effets de la coupe des dents ni sur la posture de la truie ni sur le pourcentage de temps que les porcelets passaient à téter ou à masser la mamelle.

4.3.2 *Manifestations de douleur pendant et peu après l'épointage des dents*

Fu et al.(2019) ont montré que des porcelets âgés de 3 jours dont les dents avaient été coupées jusqu'au niveau de la gencive présentaient une augmentation de la fréquence cardiaque et une diminution de la température périphérique de la peau par rapport à des porcelets manipulés mais dont les dents étaient restées intactes (= témoins).

Chez des porcelets âgés d'un jour, le fait de ne pas couper ni meuler les dents n'a pas eu d'effet sur les concentrations plasmatiques de cortisol, d'ACTH ou de lactate de 2 à 180 minutes après l'intervention (Prunier et al., 2005). De même, Marchant-Forde et al. (2009) n'ont pas constaté d'augmentation du cortisol plasmatique chez des porcelets âgés de 2 ou 3 jours, prélevés 45 minutes, 4 heures, 2 jours, 1 et 2 semaines après l'épointage des dents avec l'une ou l'autre méthode. La portion de dent enlevée dans les études de Prunier et al. (2005) et Marchant-Forde et al. (2009) était peu importante : il restait plusieurs millimètres de la dent au-dessus la gencive.

Noonan et al. (1994) et Marchant-Forde et al. (2009) ont constaté que la procédure de meulage s'accompagne d'un nombre de couinements plus faible que la procédure témoin. Cependant, les interventions sur la mâchoire modifient sans aucun doute à la fois la capacité de vocaliser et les caractéristiques des vocalisations. Les vocalisations pendant l'intervention constitueraient donc un outil peu pertinent pour l'évaluation de la douleur due à l'épointage des dents. On a observé plus de mouvements de fuite/défense par seconde chez les porcs traités que chez les porcs témoins, quelle que soit la méthode d'épointage des dents (Marchant-Forde et al., 2009).

Juste après l'intervention, les porcelets à dents coupées présentaient plus de mouvements des

mâchoires (ouverture et fermeture avec la bouche vide) que les porcelets témoins (Noonan et al., 1994, Bataille et al., 2002, Lewis et al., 2005b, Sinclair et al., 2019) mais la différence était moins marquée (Bataille et al., 2002) ou non significative (Lewis et al., 2005b, Sinclair et al., 2019) chez les porcelets dont les dents étaient meulées. Il convient toutefois de souligner que l'importance de l'épointage des dents n'était pas directement comparable d'une étude à l'autre : Bataille et al. (2002) et Sinclair et al. (2019) ont choisi d'enlever la moitié et le tiers de chaque dent respectivement, indépendamment du traitement, alors que dans l'étude de Lewis et al. (2005b) les dents ont été épointées jusqu'à la gencive lors de la coupe mais seules les pointes des dents ont été retirées lors du meulage. En isolement dans une zone de test comportemental, les porcelets aux dents coupées ont montré moins de comportements d'exploration des copeaux de bois que les porcelets témoins alors que les porcelets aux dents meulées ont montré une exploration intermédiaire (Sinclair et al., 2019).

Durant les 10 (Bataille et al., 2002) ou 30 premières minutes (Lewis et al., 2005b) suivant l'épointage des dents, la seule différence de comportement mise en évidence était que les porcs traités passaient moins de temps en activité sur un matelas chauffant que les porcs témoins dans l'une des deux études (Lewis et al., 2005b). Bataille et al. (2002) ont prolongé la durée des observations jusqu'à 12 heures et ont examiné les activités de tétée, de massage des mamelles et la posture des porcelets sans constater de différence significative entre les lots. Les observations plus détaillées de Lewis et al. (2005b) à 1, 4, 8, 14 et 21 jours après l'intervention ont révélé quelques différences dans le pourcentage de porcelets actifs mais ces différences étaient mineures et variables selon le stade, les porcelets témoins n'étant pas toujours les plus actifs. Plus récemment, Fu et al. (2019) ont montré que les porcelets dont les dents avaient été coupées jusqu'à la gencive passaient plus de temps isolés en position couchée et moins de temps à jouer et à se battre que les témoins, sur toute la durée de la lactation.

En résumé, les signes comportementaux et physiologiques de douleur après l'épointage des dents sont limités. Cependant, cette conclusion n'est basée que sur quelques études et, comme déjà indiqué pour la castration chirurgicale, démontrer l'existence de douleur est difficile chez les jeunes porcs.

4.3.3 Conséquences à long terme de l'épointage des dents

Dans la littérature scientifique, on ne trouve pas de preuves directes que l'épointage des dents provoque de la douleur à long terme chez les porcelets. Cependant, des observations chez l'homme

et d'autres espèces (par exemple le singe, le chat, le chien) montrent que les lésions dentaires impliquant l'ouverture de la pulpe (avec ou sans lésion nerveuse), l'activation et l'infiltration par des cellules inflammatoires ou la formation d'abcès sont associées à des douleurs sévères (voir la revue de Byers et Narhi, 1999). Hay et al. (2004) ont montré que les lésions pulpaires des porcelets soumis à un époinçage des dents par coupe ou meulage présentaient des caractéristiques similaires (par exemple inflammation ou abcès, Figure 4.3). Il est donc très probable que ces procédures provoquent une douleur intense également chez les porcelets. Des études préliminaires récentes (Sinclair et al., 2018) ont porté sur l'expression de certains gènes dans la pulpe dentaire de porcelets dont les dents avaient été époinçées par coupe ou meulage. Elles ont démontré que la chimiokine pro-inflammatoire CXCL8 était surexprimée de façon durable (toujours visible 6 semaines après la lésion dentaire) dans la pulpe dentaire sans qu'il y ait de différence de niveaux d'expression selon la méthode d'époinçage des dents. La CXCL8 est impliquée dans une voie de signalisation bien connue pour sa contribution au développement de l'inflammation sur le site de la lésion (Enzerink et al., 2009). Sa surexpression et son récepteur sont essentiels au développement de la neuro-inflammation et à l'apparition de la douleur (White et al., 2005). Les données de Sinclair et al. (2018) corroborent l'hypothèse selon laquelle l'époinçage des dents effectuée selon les deux méthodes entraîne la persistance d'un état inflammatoire dans la pulpe dentaire.

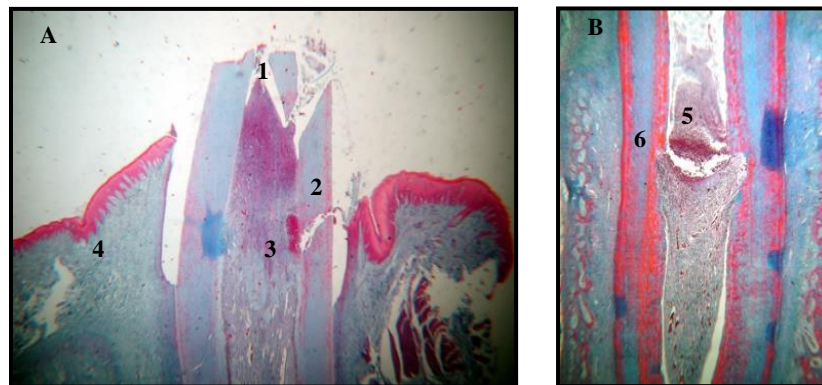


Figure 4.3. Coupes axiales histologiques d'une dent coupée à 3 jours et prélevée à 7 (A gauche) ou à 28 jours d'âge (B droite). (1) la pulpe dentaire est ouverte et des débris de dents sont présents, (2) fracture de la dentine, (3) hémorragie (4) os maxillaire, (5) abcès dans la pulpe dentaire, (6) résorption de la dentine. Coloration au trichrome de Masson (grossissement : 25 pour A, 100 pour B). Crédit photographique G. Brunel.

L'influence de l'épointage des dents sur la croissance et la mortalité des porcelets varie selon les études. Certaines montrent que l'épointage des dents des porcelets entraîne une diminution de la vitesse de croissance (Weary et Fraser, 1999, Bataille et al., 2002) ou de la mortalité (Holyoake et al., 2004), tandis que d'autres ne signalent aucun effet significatif ni sur la croissance ni sur la mortalité (Gallois et al., 2005, Lewis et al., 2005b, Fu et al., 2019), ou mettent même en évidence une augmentation de la vitesse de croissance (Holyoake et al., 2004).

4.3.4 Moyens possibles pour éviter l'épointage des dents

Comme nous l'avons montré précédemment, le seul effet positif évident de l'épointage des dents est la réduction du nombre des lésions cutanées chez les porcelets. Ces lésions peuvent se produire lors de combats entre les porcelets dans la loge ou à la mamelle quand ils se frottent ou se battent s'il y a compétition pour l'accès au lait lors des tétées. Par conséquent, une portée de grande taille, surtout lorsqu'elle est supérieure au nombre de tétines fonctionnelles, et une production de lait insuffisante constituent des facteurs de risque très importants pour les lésions cutanées. Éviter une taille de portée excessive en pratiquant l'adoption croisée ou en sélectionnant des lignées génétiques moins prolifiques ainsi que détecter et traiter précocement la production insuffisante de lait par la truie sont de bonnes mesures pour éviter l'épointage des dents.

4.4 Coupe de la queue

4.4.1 Pourquoi et comment cette procédure est-elle pratiquée?

Même si elle n'est pas totalement efficace, la coupe de la queue réduit le risque de morsure de la queue (D'Eath et al., 2016 ; Lahrmann et al., 2017 ; Thodberg et al., 2018). C'est pourquoi la caudectomie est couramment pratiquée dans de nombreux élevages conventionnels à travers le monde. Comme pour l'épointage des dents, la législation européenne ne permet pas de réaliser cette procédure de façon systématique (2001/93/CE, 2001, 2008/120/CE, 2008). Cependant, selon des données récentes, les porcs sont soumis, en routine, à la caudectomie dans la plupart des pays européens (De Briyne et al., 2018). De même, la plupart des porcelets provenant de grands élevages chinois subissent la caudectomie (Yao Wen, communication personnelle).

La caudectomie s'effectue à l'aide d'un scalpel, de ciseaux, d'une pince coupante ou de la lame cautérisante d'un coupe queue électrique (Figure 4.4). Dans la plupart des cas, on n'administre aucun traitement anesthésique ou analgésique pour réduire la douleur associée à cette

procédure. La portion de queue qui est retirée est variable : de la pointe jusqu'aux $\frac{3}{4}$ de la queue, voire plus. Des observations histologiques (Simonsen et al., 1991) ont montré l'existence de nerfs périphériques à l'extrémité de la queue chez les porcelets âgés d'un jour, et la présence de neurones sensoriels de type A-delta et C-fibre a récemment été démontrée par microscopie électronique à transmission (TEM) dans les nerfs caudaux dorsaux et ventraux de porcelets âgés de 3 jours (Carr et al., 2015), ce qui confirme que la caudectomie peut très certainement provoquer de la douleur.



Figure 4.4. Image d'un porcelet pendant la coupe de queue avec une lame cautérisante. Crédit photographique : L. R. Thomsen.

4.4.2 Manifestations de douleur pendant et peu après la coupe de la queue

Kells et al. (2017a, 2019) ont développé une approche basée sur les électroencéphalogrammes (EEG) pour évaluer la douleur lors de la caudectomie. En effet, il a été démontré que les modifications des spectres EEG sous anesthésie légère indiquent de manière fiable la présence de nociception pendant la castration chirurgicale dans des espèces telles que les chevaux (Murrell et al., 2003), les moutons (Johnson et al., 2005) et les porcs (Haga et Ranheim, 2005). Kells et al. (2017a, 2019) ont mis en évidence des changements de la fréquence médiane de l'EEG (F50) et de la fréquence spectrale à 95 % (F95), toutes deux indices de nociception, chez des porcelets soumis à une anesthésie légère lors de la caudectomie. En comparant des porcs ayant subi une caudectomie à des âges et avec des méthodes variables, les mêmes auteurs ont conclu que la caudectomie effectuée dans les premiers jours suivant la naissance pourrait être moins douloureuse que la caudectomie réalisée pendant la deuxième ou la troisième semaine de vie, et que la

caudectomie avec une pince coupante pourrait être plus douloureuse qu'avec une lame cautérisante.

La douleur lors de la caudectomie a également été démontrée par des observations comportementales. Pendant la procédure, davantage de mouvements de défense et de tentatives de fuite étaient observés chez les porcelets dont on coupait la queue (= traités) que chez les porcelets manipulés mais dont la queue était laissée intacte (= témoins) (Prunier et al., 2001, Marchant-Forde et al., 2009, Courboulay et al., 2015, Herskin et al., 2016, Tallet et al., 2019). Toutefois, la proportion de queue coupée (25 %, 50 % ou 75 % de la queue) n'avait aucun effet sur les mouvements brusques du corps et d'un ou plusieurs membres (= soubresauts) d'après Herskin et al. (2016). Pendant la caudectomie, le nombre et le pourcentage de vocalisations aiguës (y compris les cris et les couinements) ainsi que leur intensité sonore étaient plus élevés chez les porcs dont on coupait la queue à l'aide de pinces coupantes ou d'une lame cautérisante que chez les porcs témoins (Prunier et al., 2001, Marchant-Forde et al., 2009, Courboulay et al., 2015, Herskin et al., 2016, Backus et McGlone, 2018, Tallet et al., 2019). Dans leur étude, Di Giminiani et al. (2017a) n'ont pas montré de différence dans le nombre de vocalisations, le maximum ou la fréquence moyenne des vocalisations, mais ils ont observé une plus grande énergie moyenne, une plus forte intensité sonore et une plus faible amplitude chez les porcs traités que chez les porcs témoins, avec un effet plus important chez les porcs dont on coupait la queue à froid que chez les porcs dont on coupait la queue avec une lame cautérisante. Le pourcentage de porcelets qui couinent pendant la caudectomie augmente avec la proportion (de 25 à 75 %) de queue coupée (Herskin et al., 2016). Quelques expériences ont démontré qu'un traitement analgésique réduisait certains des comportements induits par la caudectomie (voir la partie sur la réduction de la douleur liée à la caudectomie).

Dans les minutes qui ont suivi la caudectomie, alors que les porcelets étaient isolés dans une caisse, les porcs traités gardaient plus souvent leur queue immobile et leurs oreilles plus souvent perpendiculaires à la tête ou en mouvement que les porcs témoins (Tallet et al., 2019). Au cours de la même période, on a noté davantage de grognements et de vocalisations aiguës (Noonan et al., 1994), de mouvements rapides de la queue (= frétillement de la queue) (Noonan et al., 1994, Prunier et al., 2001) ou une queue immobile plaquée contre l'arrière train (Prunier et al., 2001) chez les porcs traités que chez les porcs témoins.

Dans les minutes et les heures suivantes, certaines différences de comportement ont été mises en évidence : les porcs traités présentaient plus de tremblements de la queue que les porcs témoins

et leurs mouvements de queue étaient moins amples (Courboulay et al., 2015), ils présentaient plus de comportements indicateurs de douleur (blotissement + queue plaquée contre l'arrière train + se trainer sur le sol, Backus et McGlone, 2018), étaient plus souvent en position couchée (Tallet et al., 2019) et davantage présents dans le nid à porcelets (Herskin et al., 2016).

Couper la queue avec une lame cautérisante chez des porcelets âgés d'un jour était sans influence sur les concentrations plasmatiques de cortisol, d'ACTH ou de lactate entre 2 et 180 minutes après l'intervention (Prunier et al., 2005). Cependant, dans une expérience plus récente sur des porcelets âgés de 2 ou de 5 jours (Courboulay et al., 2015), un prélèvement unique réalisé 30 min après l'intervention a montré une augmentation du cortisol plasmatique chez les porcelets ayant eu la queue coupée avec une lame cautérisante par rapport aux porcelets témoins. Lorsque la queue a été coupée à 6 jours, les porcelets présentaient une augmentation du cortisol plasmatique 1 heure après la caudectomie à la pince, qui n'avait pas lieu après la caudectomie à la lame cautérisante (Sutherland et al., 2008), ce qui suggère à nouveau que cette dernière technique pourrait être moins douloureuse que la première. Chez les porcelets plus jeunes (3 jours d'âge) traités à la pince, l'augmentation de la concentration plasmatique du cortisol semble durer moins longtemps puisque cet écart par rapport aux porcelets témoins a été observée 30 minutes mais avait disparu 1 heure après l'intervention (Sutherland et al., 2011).

Le lendemain de la caudectomie (Courboulay et al., 2015) et au cours des 3 (Fu et al., 2019) ou 4 semaines suivantes (Tallet et al., 2019), certaines différences étaient encore présentes. Les porcelets ayant subi la caudectomie avaient la queue qui tremblait plus avec des mouvements moins amples que les porcs témoins (Courboulay et al., 2015), ils préféraient se coucher dans le nid à porcelets, passaient plus de temps seuls et moins de temps à se battre ou à jouer (Fu et al., 2019), leur queue était plus souvent immobile et en position horizontale (Tallet et al., 2019), et ils réagissaient davantage au toucher de la queue (par exemple par fuite, vocalisation ou agression : Tallet et al., 2019).

En résumé, la littérature scientifique fournit des indications claires de douleur pendant la coupe de la queue. Cette douleur procédurale semble plus aiguë avec la coupe à froid qu'avec la coupe réalisée avec une lame cautérisante et elle augmenterait avec l'âge des porcelets au moment de la caudectomie. Après l'intervention, les changements comportementaux sont de faible ou de moyenne amplitude mais semblent persister pendant plusieurs jours.

4.4.3 Réduction de la douleur liée à la coupe de queue

À l'heure actuelle, ni analgésie ni anesthésie ne sont pratiquées de façon systématique pour soulager la douleur causée par la caudectomie. Comme l'a constaté Sutherland (2015), il existe peu de recherches sur les stratégies efficaces de réduction de la douleur chez les porcelets.

Les AINS (par exemple le méloxicam), lorsqu'ils étaient administrés seuls, n'ont pas réussi à réduire la douleur pendant l'intervention, comme le montre l'absence d'effet sur l'intensité des vocalisations (Courboulay et al., 2015) ou les mouvements brusques (Herskin et al., 2016). L'injection d'un anesthésique local à la base de la queue avant l'intervention devrait se révéler plus efficace. En effet, l'injection sous-cutanée de lidocaïne 15 minutes avant la caudectomie a permis de réduire les réponses comportementales manifestées pendant l'intervention, avec un plus faible pourcentage de porcelets qui couinent ou présentent des mouvements brusques (Herskin et al., 2016).

Ni le méloxicam ni l'anesthésie locale n'ont été efficaces pour réduire la douleur post-opératoire, comme le montre l'absence d'effet sur le comportement post-opératoire (Courboulay et al., 2015, Herskin et al., 2016). L'injection sous-cutanée de lidocaïne à la base de la queue immédiatement avant la caudectomie ou l'application topicale de lidocaïne sur l'extrémité du moignon de queue n'ont pas permis de réduire la douleur post-opératoire (Sutherland et al., 2011). Plus récemment, Viscardi et Turner (2019) ont montré que l'injection intramusculaire, 20 minutes avant l'intervention, d'un opioïde (buprénorphine) seul ou en combinaison avec du méloxicam a diminué l'occurrence de comportements spécifiques, généralement observés après la caudectomie, ainsi que le score d'expression faciale après caudectomie.

Il existe donc des solutions pour soulager la douleur aiguë due à la caudectomie, même si elles ne sont pas totalement efficaces, mais elles ne sont ni simples ni faciles à réaliser (voire réalisables) dans les exploitations commerciales et/ou ne seraient pas autorisées pour les animaux élevés pour la consommation humaine.

4.4.4 Conséquences à long terme de la caudectomie

Comme la castration, la caudectomie peut induire une douleur neuropathique à long terme puisqu'elle nécessite une section complète des nerfs. Même s'ils elles ne sont pas nombreuses, quelques données sont pourtant disponibles pour le porc. Premièrement, on a démontré l'existence de névromes post-traumatiques (proliférations aléatoires d'axones de régénération et de cellules de soutien gliales, Figure 4.5) chez des porcs abattus un à plusieurs mois après la caudectomie

néonatale (Simonsen et al., 1991, Done et al., 2003, Sandercock et al., 2016, Kells et al., 2017b).

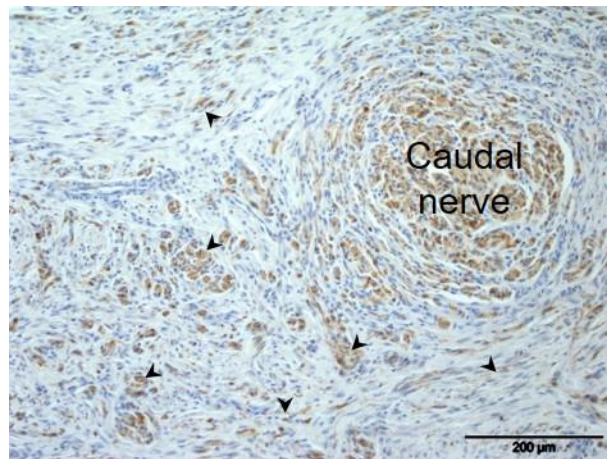


Figure 4.5. Image immunohistologique du moignon proximal d'une queue de porc qui a été coupée à 3 jours et prélevée à 8 semaines d'âge. L'image montre la coupe transversale d'un névrome post-traumatique du nerf caudal caractérisé par une prolifération axonale diffuse et une colonisation (indiquée par des pointes de flèches) du derme profond (immunomarquage à l'aide du marqueur neural S100 ; $\times 10$). Crédit photographique D. Sandercock.

La méthode de caudectomie (coupe à la pince versus coupe avec lame cautérisante) ne semble pas avoir d'incidence sur la formation des névromes (Kells et al., 2017b). Ces névromes sont connus pour provoquer de la douleur à cause de décharges spontanées de neurones nociceptifs ou d'une hypersensibilité à des stimuli tactiles très légers (Foltan et al., 2008). La présence d'une hypersensibilité de la queue après caudectomie chez les porcs a été étudiée (Di Giminiani et al., 2017a, Di Giminiani et al., 2017b). Dans une étude pionnière, Sandercock et al. (2011) ont étudié la sensibilité nociceptive de la queue de porcs soumis à caudectomie à l'aide de pinces chirurgicales pendant la première semaine de vie en mesurant la réponse comportementale induite par une stimulation mécanique et/ou par le froid. Les chercheurs ont comparé des porcs à queue coupée ou intacte sept semaines après le traitement sans détecter de différence significative entre les groupes. Des résultats similaires ont été obtenus avec des porcs dont la queue a été coupée (un ou deux tiers de la queue enlevés) pendant la première semaine de vie avec une lame cautérisante et dont la partie restante de la queue a été stimulée vers l'âge de 17 semaines (Di Giminiani et al., 2017a). Dans un modèle expérimental de morsure de la queue, l'amputation de la queue (retrait d'un ou deux tiers

de la queue) a été effectuée à l'âge de 9 ou 17 semaines d'âge et les animaux traités ont montré des signes d'hypersensibilité de l'extrémité de la queue après stimulation mécanique 1, 8 et 16 semaines après l'intervention, quelle que soit la taille de la portion de queue retirée (Di Giminiani et al., 2017b). Il semblerait donc que les porcs relativement âgés au moment de l'amputation de la queue soient plus à risque de développer une hypersensibilité. Toutefois, on ne peut pas totalement exclure le développement d'une hypersensibilité chez les porcelets dont la queue est coupée précocement, car ne pas démontrer l'existence d'une différence ne veut pas dire que cette différence n'existe pas. Il peut s'agir d'un problème méthodologique.

En utilisant une approche moléculaire, Sandercock et al. (2019) ont montré, 4 mois après la caudectomie, des changements significatifs et durables dans l'expression de 185 gènes caractéristiques de l'inflammation ou des douleurs neuropathiques. La caudectomie a été réalisée à l'âge de 3 jours (comme cela se fait habituellement en élevage) ou de 63 jours (comme modèle d'étude des effets de la morsure de queue chez les porcs en croissance). L'analyse des gènes exprimés a permis à Sandercock et al. (2019) de découvrir que l'expression de membres de la famille des gènes relatifs aux canaux ioniques (par exemple les canaux potassiques voltage-dépendants) et des récepteurs (par exemple les récepteurs GABA) était diminuée de façon significative dans les deux groupes de porcelets amputés. A partir de ces résultats, les auteurs ont proposé que la régulation négative de ces principaux neuromédiateurs de la douleur aurait pour conséquence fonctionnelle plus globale d'augmenter et de maintenir l'excitabilité neuronale périphérique après une amputation de la queue. Cette proposition est confortée par les observations histologiques démontrant la présence de névromes post-traumatiques après caudectomie (Simonsen et al., 1991, Done et al., 2003, Herskin et al., 2015, Sandercock et al., 2016) et par l'existence d'une hypersensibilité aux stimuli mécaniques des moignons de queue des porcs amputés (Di Giminiani et al., 2017b).

Comme la castration, la caudectomie entraîne de la douleur et du stress. Elle peut donc avoir des conséquences négatives sur la relation entre le porc et l'homme. En effet, il faut plus de temps à des porcelets de deux semaines dont la queue a été coupée pour interagir avec un humain inconnu dans un test comportemental qu'à des porcelets témoins (Tallet et al., 2019). C'est l'indice d'une augmentation de la peur de l'homme. Des résultats préliminaires suggèrent que ces différences disparaissent après le sevrage (Tallet et Prunier, données non publiées).

4.4.5 Moyens envisageables pour éviter la caudectomie

Comme nous l'avons déjà dit, la caudectomie est pratiquée pour réduire le risque de morsure de la queue. Les morsures de queue peuvent se produire pendant la période de post-sevrage ou d'engraissement et ont des conséquences très néfastes sur le bien-être, la santé et les performances des porcs. Par conséquent, la caudectomie ne peut être évitée que si le risque de morsure de la queue est suffisamment faible pour que les épisodes de morsure de la queue soient rares et, s'ils se produisent, qu'ils puissent être rapidement maîtrisés par les éleveurs. Ceci est possible, même dans les porcheries modernes, par exemple en Finlande, Norvège, Suède et Suisse, où le pourcentage de porcs à queue coupée est extrêmement faible (< 3 %, De Briyne et al., 2018). Plusieurs études ont testé les conditions favorables pour éviter la caudectomie (par exemple, Schroöder-Petersen et Simonsen, 2001, Valros et Heinonen, 2015, D'Eath et al., 2016). Parmi les points clés, on peut citer l'utilisation d'un d'enrichissement adéquat (par exemple la présence de paille), la mise à disposition d'un espace suffisant pour les animaux, le maintien du troupeau en bonne santé, la détection précoce et la prise en charge rapide des épisodes de cannibalisme. Bien que l'environnement dans lequel les porcs en post-sevrage et en engraissement se mordent la queue soit d'une importance majeure, les conditions de vie avant le sevrage devraient également être optimisées pour limiter le risque de cannibalisme en évitant, par exemple, la sous-nutrition et le stress social dû à la compétition et aux adoptions croisées (Prunier et al., 2019).

4.5 Autres interventions d'élevage douloureuses

En plus de la castration, de l'épointage des dents et de la caudectomie, les porcelets en élevage sont souvent soumis en routine à d'autres interventions potentiellement douloureuses et altérant leur bien-être. Certaines procédures, par exemple les soins du cordon ombilical ou la pose de bandelettes pour maintenir les membres postérieurs des porcelets « splay-leg », entraînent une restriction des mouvements mais elles ne sont pas invasives et ne représentent donc pas un enjeu en termes de douleur. Cependant, toute manipulation, même non douloureuse, peut être stressante pour les porcelets et peut nuire à la future relation homme-animal (Marchant-Forde et al., 2020). L'identification des porcelets implique des procédures invasives. Différents types de méthodes d'identification existent, incluant le tatouage ou la pose d'une boucle à l'oreille, l'entaille du bord des oreilles ou l'implantation de micropuces. L'injection de produits médicamenteux par différentes voies (intramusculaire, intrapéritonéale, sous-cutanée) est une autre intervention courante, qui sert à différentes fins telles que la supplémentation en fer, la vaccination, le traitement

antibiotique ou tout autre traitement médical. Enfin, l'euthanasie peut également être considérée comme une procédure potentiellement douloureuse si la technique utilisée n'entraîne pas une mort ou une perte de conscience immédiate. Toutefois, en raison de contraintes de place, l'euthanasie ne sera pas abordée ici.

4.5.1 *Manifestation de douleur pendant et peu après les procédures*

L'identification des porcs est largement utilisée et parfois imposée pour des raisons de biosécurité ou de traçabilité. Les méthodes d'identification les plus courantes sont l'entaille des oreilles, la pose d'une boucle auriculaire ou le tatouage à l'oreille, qui impliquent une lésion de tissus innervés et sont donc potentiellement douloureuses. Une enquête réalisée auprès d'éleveurs australiens a montré que l'entaille des oreilles était la technique la plus utilisée pour l'identification des porcelets sevrés dans ce pays (Hernandez-Jover et al., 2008)..

L'entaille de l'oreille, qui nécessite l'ablation de plusieurs petites parties du pavillon d'une ou deux oreilles, est douloureuse comme le montre la réaction des porcelets dont le nombre et l'intensité des vocalisations sont plus élevés pendant la procédure par rapport aux porcelets témoins (Leslie et al. 2010 ; Marchant-Forde et al. 2009, 2014) et les tentatives d'échappement sont plus nombreuses (Marchant-Forde et al., 2009), ainsi que les mouvements de retrait de la tête (Lomax et al., 2018). Après l'intervention, les porcelets dont les oreilles étaient entaillées réalisaient également plus de grognements, de secousses de la tête et de grattage des oreilles, passaient moins de temps debout et plus de temps éveillés inactifs que les témoins jusqu'à 3 heures après l'intervention, ce qui suggère la présence de douleur (Noonan et al., 1994, Marchant-Forde et al., 2009, Leslie et al., 2010, Marchant-Forde et al., 2014). La mesure de la concentration plasmatique du cortisol 4 heures après l'intervention n'a pas montré de différence significative par rapport aux porcelets témoins, mais le moment où cette mesure a été réalisée était sans doute trop tardif pour mettre en évidence la réponse du cortisol à la douleur (Marchant-Forde et al., 2009).

La pose d'une boucle à l'oreille est moins invasive que l'entaille de l'oreille car elle implique une seule perforation du pavillon de l'oreille. Elle devrait donc être moins douloureuse. En effet, elle déclenche une réponse comportementale pendant l'intervention, vocalisations et mouvements de défense, moins marquée que pour l'entaille de l'oreille (Marchant-Forde et al., 2009, Leslie et al., 2010). Il se peut que cette réponse plus faible soit également due à une durée d'intervention plus courte. Une augmentation de la concentration du cortisol plasmatique a été observée 30 et 60 minutes après la réalisation de l'entaille de l'oreille (Numberger et al., 2016). Elle n'était plus

présente 4 heures après l'intervention (Marchant-Forde et al., 2009). Une surveillance continue durant les 3 heures qui suivaient l'intervention a révélé des tremblements de la tête et des frottements de l'oreille plus fréquents après la pose d'une boucle qu'après l'entaille de l'oreille (Leslie et al., 2010), ce qui pourrait s'expliquer par la présence d'un corps étranger dans l'oreille plutôt que par une douleur plus intense. Au cours de la même période, les porcelets recevant une boucle à l'oreille se tenaient moins longtemps debout et passaient plus de temps éveillés mais inactifs et isolés que les porcelets témoins (Leslie et al., 2010). Aucune différence entre les porcelets recevant une boucle à l'oreille et ceux ayant eu l'oreille entaillée n'a été signalée pour ces comportements (Leslie et al., 2010). Le processus de cicatrisation évalué jusqu'à 14 jours après l'intervention était meilleur après la pose d'une boucle qu'après l'entaille de l'oreille (Marchant-Forde et al., 2009).

Le tatouage est moins pratiqué que l'entaille ou la pose d'une boucle aux oreilles et les études sur ses conséquences sont rares. En fait, le tatouage a comme défaut très pénalisant pour son utilisation d'être peu visible après quelques mois (Gosalvez et al., 2007, Barbieri et al., 2012). Une seule étude a fait état du comportement des porcelets dans les 5 minutes suivant le tatouage par rapport à d'autres procédures d'identification (Barbieri et al., 2012). Chez les porcs tatoués, la fréquence des secousses de la tête et des grattages des oreilles était aussi faible que chez les porcs recevant un implant intrapéritonéal, et bien moindre que chez les porcs recevant une puce électronique auriculaire (Barbieri et al., 2012).

De nouvelles techniques d'identification par implantation de micropuces de différentes tailles (de $1,4 \times 8$ mm à 4×32 mm) permettant une identification RFID sans fil ont été testées (Leslie et al., 2010, Barbieri et al., 2012, Bergqvist et al., 2015). Ces implants peuvent être injectés par voie sous-cutanée à la base du pavillon de l'oreille ou par voie intrapéritonéale. Des porcelets à qui on a injecté un implant électronique auriculaire n'ont pas présenté plus de secousses de la tête et de grattage des oreilles pendant les 5 minutes qui ont suivi l'injection que ceux qui avaient reçu une boucle électronique auriculaire (Barbieri et al., 2012). Les implants auriculaires provoquent également moins de lésions de l'oreille que les boucles auriculaires (Bergqvist et al., 2015). Les porcelets ayant reçu un implant électronique par injection intrapéritonéale ont passé moins de temps debout que les témoins et plus de temps isolés et éveillés mais inactifs pendant les 3 heures suivant l'intervention, ce qui suggère une douleur post-opératoire (Leslie et al., 2010).

Les porcelets reçoivent souvent des injections sous-cutanées ou intramusculaires pour des

raisons de santé, à titre préventif (par exemple, supplémentation en fer ou vaccinations) ou pour traiter une maladie. Plus rarement, des injections peuvent être effectuées pour réduire la douleur (cf. section sur la castration). Dans les deux cas, l'ampleur de la lésion des tissus est faible si bien qu'on n'attend qu'une légère douleur. Il existe peu d'études examinant les réponses de douleur des porcelets suite aux injections. Outre les études sur les implants de micropuces précédemment évoquées, Marchant-Forde et al. (2009 et 2014) ont examiné l'effet de l'injection intramusculaire de fer par rapport à l'administration orale et à la seule manipulation des porcelets et n'ont observé aucune différence dans les réponses comportementales indicatrices de douleur pendant la procédure.

Quelques études ont cherché à comparer les réponses aux procédures d'identification et à la caudectomie. Après correction pour la durée de la procédure, les porcelets subissant une caudectomie ont réalisé plus de vocalisations pendant la procédure que les porcelets dont on entaillait l'oreille (Noonan et al., 1994). Une différence similaire a été observée dans la minute qui a suivi le retour des porcelets dans leur loge d'origine. Cependant, l'augmentation de la concentration plasmatique du cortisol 30 et 60 minutes après la procédure était similaire pour les porcelets soumis à la caudectomie ou à la pose d'une boucle à l'oreille (Numberger et al., 2016).

Il est intéressant de noter que l'entaille des oreilles, la caudectomie et l'épointage des dents ont également été étudiées en combinaison (Noonan et al., 1994, Torrey et al., 2009, Van Beirendonck et al., 2011a, Marchant-Forde et al., 2014) car ces procédures sont souvent effectuées au même âge et au même moment dans les porcheries commerciales. D'après ces études, il est clair que les porcelets soumis à des procédures combinées présentent des réponses comportementales qui semblent provenir de chaque site d'intervention (oreille, dents et queue), sans que l'on sache vraiment si l'intensité de leur réponse à la douleur est plus élevée ou plus faible que lorsque les procédures sont effectuées séparément.

Il est certain que la procédure d'identification peut induire une douleur aiguë due à la lésion des tissus innervés et/ou à la perturbation lorsqu'un corps étranger externe est ajouté (par exemple, une boucle auriculaire). L'intensité et la durée de la douleur induite sont difficiles à évaluer et, plus encore, à comparer entre méthodes d'identification en raison du nombre insuffisant d'études, notamment dans les heures et le premier jour suivant l'application des procédures d'identification, et en raison de l'absence de protocoles communs pour évaluer la douleur. Toutefois, d'après la littérature scientifique, il semble que la pose d'une boucle à l'oreille soit préférable à l'entaille et

qu'un implant sous-cutané serait encore mieux du point de vue du bien-être.

4.5.2 Réduction de la douleur liée aux procédures

Plusieurs méthodes sont disponibles pour soulager la douleur pendant et après ces procédures en pratiquant une anesthésie générale ou locale couplée ou non à une analgésie (Dzikamunhenga et al., 2014). Dans le cas d'une injection, comme le niveau de douleur est supposé léger, il n'est pas nécessaire de soulager la douleur. Dans le cas des méthodes d'identification où le niveau de douleur est probablement modéré, la réduction de la douleur serait utile, mais l'anesthésie générale serait probablement excessive, sauf si d'autres interventions douloureuses sont pratiquées simultanément. Dans une étude sur l'utilisation d'une anesthésie au CO₂ à 100 % lors d'interventions combinées de caudectomie, époutage des dents, pose d'une boucle à l'oreille et injection de fer chez des porcelets âgés de 7 jours, Van Beirendonck et al. (2011b) ont conclu que la perception de douleur (qui est inexistante tant que les animaux sont inconscients) est présente après leur réveil, sachant que ce dernier intervient moins de 2 min après la fin de l'inhalation du CO₂ (Gerritzen et al., 2008).

Pour l'identification à l'oreille, plusieurs moyens de réduction de la douleur ont été testés : l'anesthésie locale (Lomax et al., 2018), l'injection d'AINS (Übel et al., 2015, Numberger et al., 2016) ou l'administration de saccharose (Rand et al., 2002). Pendant l'entaille de l'oreille, une anesthésie locale par vaporisation topique d'un produit qui réduit la température de l'oreille à moins de 10°C ou par injection dans le bord de l'oreille d'un anesthésique local tel que la lidocaïne s'est révélée efficace pour réduire la réponse de douleur des porcelets (Lomax et al., 2018). La vaporisation de liquide réfrigérant a également permis de réduire la douleur due à la pose de boucle auriculaire et à l'entaille de l'oreille chez les veaux (Lomax et al., 2017). La vaporisation a l'avantage d'être non invasive. Malheureusement, la douleur à long terme n'a pas été évaluée dans ces études. L'application de la crème anesthésique « Eutectic Mixture of Local Anesthetics » (EMLA), qui est aussi non invasive, s'est avérée efficace chez le lapin lors du tatouage des oreilles (Keating et al., 2012), mais cette méthode n'a pas encore été évaluée chez les porcelets. Chez des porcelets de 3 jours, l'injection intramusculaire de méloxicam 30 minutes avant la pose d'une boucle auriculaire a permis de réduire l'augmentation du cortisol sanguin consécutive à l'intervention (Numberger et al., 2016). Cependant, cette méthode nécessite de manipuler deux fois les porcelets et de pratiquer une injection qui peut provoquer un stress supplémentaire. Enfin, le comportement des porcelets recevant une solution de saccharose à 12% par voie orale juste avant la procédure était similaire à celui des porcelets recevant un placebo (Rand et al., 2002).

En conclusion, il existe des options non invasives et efficaces pour réduire la douleur liée aux procédures d'identification entraînant des lésions tissulaires. La vaporisation d'un produit réfrigérant a l'avantage d'avoir une durée d'application de 2 secondes et un effet instantané, alors que l'EMLA doit être appliquée 20 minutes avant la procédure, ce qui nécessite une seconde manipulation des porcelets. Pour la douleur post-opératoire, l'administration intramusculaire d'AINS semble efficace, mais implique une manipulation supplémentaire.

4.5.3 Effets à long terme des procédures

La plupart des études précédemment citées se sont focalisées sur les conséquences à court terme des méthodes d'identification, et les conséquences à long terme ne sont généralement pas prises en compte. Une seule étude a examiné la présence de lésions auriculaires à proximité des boucles au moment de l'abattage et a relevé la présence de blessures visibles chez 23,4% des porcs (Bergqvist et al., 2015).

Plusieurs études ont examiné l'impact de la manipulation et du comportement de l'homme envers les porcelets sur les relations ultérieures entre l'homme et l'animal. Par exemple, Somnavilla et al. (2011) ont montré qu'un comportement négatif du soignant pendant la phase de lactation entraîne une augmentation significative de la réactivité des porcelets vis-à-vis de l'homme au moment du sevrage et un comportement plus négatif dans les jours qui suivent le sevrage : davantage de tentatives de fuite, davantage de combats et moins de repos. Ceci n'est pas étonnant car les porcelets sont capables de se souvenir des manipulations agressives ou douces pendant plusieurs semaines (Brajon et al., 2015b) ou même plusieurs mois (Hemsworth et Barnett 1992) et peuvent distinguer les manipulateurs en fonction de leur expérience antérieure (Brajon et al., 2015a).

4.5.4 Moyens envisageables pour éviter les procédures

Étant donné que les injections sont souvent liées aux soins et aux traitements médicaux des porcelets, la non-application des procédures de prévention sanitaire ou du traitement des porcelets malades aura des effets négatifs beaucoup plus marqués sur le bien-être des animaux que leur réalisation. Par ailleurs, même si on admet qu'une injection est douloureuse, par exemple l'injection d'un anesthésique dans le testicule, les avantages de l'anesthésie (la réduction de la douleur pendant la castration) l'emportent sur ses inconvénients (douleur due à l'injection) (Haga et Ranheim, 2005 ; Prunier et al., 2002). En ce qui concerne les méthodes d'identification, la réglementation varie entre pays et régions (Madec et al., 2001, Schembri et al., 2007). Lorsque

l'identification est obligatoire pour des raisons de traçabilité, elle se fait souvent plus tard dans la vie de l'animal en utilisant le tatouage à l'aide d'une frappe juste avant le départ à l'abattoir. L'identification individuelle à l'élevage est une bonne pratique pour la gestion de la santé et de l'élevage. Compte tenu de la douleur induite par la pose d'une boucle auriculaire ou l'entaille des oreilles évoquée précédemment, l'injection de micropuces constituerait une bonne alternative.

4.6 Conclusions

Il ressort clairement de ce chapitre que les interventions d'élevage sont sources de douleur. La composante sensorielle de la douleur a été clairement démontrée par les modifications cérébrales détectées par l'EEG, les comportements spontanés visant à éviter les dommages tissulaires (réactions d'évitement et de défense) lors de la procédure, l'induction de médiateurs de la douleur dans les voies nerveuses de la douleur, et l'existence d'une hyperalgésie dans les tests nociceptifs ultérieurs. La composante émotionnelle est moins bien documentée. Cependant, les vocalisations pendant la procédure, certains changements de comportements après la procédure (par exemple l'isolement ou le fait d'être éveillé mais inactif), et la baisse ultérieure de la confiance de l'animal envers l'homme peuvent être considérés comme les preuves d'un état affectif négatif. À notre connaissance, aucune étude n'a jusqu'à présent réalisé de tests de biais motivationnels ou cognitifs sur des porcs ayant subi des interventions d'élevage. Par conséquent, de telles méthodes d'évaluation de la composante émotionnelle de la douleur en réponse à des procédures d'élevage devraient être développées chez le porc.

Il est possible de réduire les conséquences sur le bien-être des animaux de la plupart des interventions d'élevage douloureuses, soit en choisissant l'option la moins douloureuse, soit en traitant les animaux à l'aide d'analgésiques ou d'anesthésiques. Dans la plupart des cas, réduire efficacement la douleur nécessite une approche multimodale impliquant une anesthésie (locale ou générale) pour diminuer la douleur liée à l'intervention, et des analgésiques (par exemple des médicaments anti-inflammatoires non stéroïdiens) pour réduire la douleur après l'intervention. Mettre fin à la plupart de ces interventions est également possible, mais à condition de modifier les conditions d'élevage (par exemple, les conditions d'hébergement pour la caudectomie), de choisir d'autres lignées génétiques ou de modifier les objectifs de la sélection (par exemple, des lignées moins prolifiques pour éviter l'épointage des dents) et même d'adapter l'ensemble de la chaîne de production (par exemple, détecter l'odeur de verrat dans les abattoirs). Toutefois, pour choisir avec

certitude la pratique la moins dommageable ou bien le meilleur protocole de réduction de la douleur, tout en restant conforme à la législation sur la production d'animaux destinés à la consommation humaine, nous devons mettre au point des méthodes pratiques, fiables et validées d'évaluation de la douleur qui tiennent compte des composantes sensorielles et émotionnelles de celle-ci.

Références

- 2001/93/EC CD 2001. Minimum standards for the protection of pigs. In <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32001L0093:en:NOT> (Ed. E Commission), p. 3. Brussels, Belgium.
- 2008/120/EC CD 2008. Laying down minimum standards for the protection of pigs. In <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0120&from=EN> (Ed. E Commission), p. 3. Brussels, Belgium.
- Adcock SJJ and Tucker CB 2020. Conditioned place preference reveals ongoing pain in calves 3 weeks after disbudding. *Scientific Reports* 10, 3849.
- Allison J, Pearce M, Brock F and Crane J 2010. A comparison of mortality (animal withdrawal) rates in male fattening pigs reared using either physical castration or vaccination with Improvac® as the method to reduce boar taint. In 21st IPVS Congress, Vancouver, Canada, p. 1139.
- Backus BL and McGlone JJ 2018. Evaluating environmental enrichment as a method to alleviate pain after castration and tail docking in pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 204, 37-42.
- Barbieri S, Minero M, Barattiero D, Cantafora AFA and Crimella C 2012. Recognised-by-law versus other identification systems in pigs: piglets discomfort evaluation and performance testing. *Italian Journal of Animal Science* 11, 190-195.
- Bataille G, Rugraff Y, Meunier-Salaün MC, Bregeon A and Prunier A 2002. Conséquences comportementales, zootechniques et physiologiques de l'épointage des dents chez le porcelet. *Journées de la Recherche Porcine* 34, 203-209.
- Bengtsson EA, Ekman S and Andersen PH 2019. Neuromas at the castration site in geldings. *Acta Veterinaria Scandinavica* 61.
- Bergqvist A-S, Forsberg F, Eliasson C and Wallenbeck A 2015. Individual identification of pigs during rearing and at slaughter using microchips. *Livestock Science* 180, 233-236.
- Bonastre C, Mitjana O, Tejedor MT, Calavia M, Yuste AG, Ubeda JL and Falceto MV 2016. Acute physiological responses to castration-related pain in piglets: the effect of two local anesthetics with or without meloxicam. *Animal* 10, 1474-1481.
- Bonneau M and Weiler U 2019. Pros and Cons of Alternatives to Piglet Castration: Welfare, Boar Taint, and Other Meat Quality Traits. *Animals* 9.
- Brajon S, Laforest JP, Bergeron R, Tallet C and Devillers N 2015a. The perception of humans by piglets: recognition of familiar handlers and generalisation to unfamiliar humans. *Animal Cognition* 18, 1299-1316.

- Brajon S, Laforest JP, Bergeron R, Tallet C, Hotzel MJ and Devillers N 2015b. Persistency of the piglet's reactivity to the handler following a previous positive or negative experience. *Applied Animal Behaviour Science* 162, 9-19.
- Byers MR and Narhi MVO 1999. Dental injury models: Experimental tools for understanding neuroinflammatory interactions and polymodal nociceptor functions. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine* 10, 4-39.
- Carr RW, Coe JE, Forsch E, Schmelz M and Sandercock DA 2015. Structural and functional characterisation of peripheral axons in the caudal nerves of neonatal pigs: preliminary data. In 9th Congress of the European Pain Federation (EFIC), Vienna, Austria,
- Carroll JA, Berg EL, Strauch TA, Roberts MP and Kattesh HG 2006. Hormonal profiles, behavioral responses, and short-term growth performance after castration of pigs at three, six, nine, or twelve days of age. *Journal of Animal Science* 84, 1271-1278.
- Castel D, Willentz E, Doron O, Brenner O and Meilin S 2013. Characterization of a porcine model of post-operative pain. *European Journal of Pain*.
- Castrum consortium 2016. Pig castration: methods of anaesthesia and analgesia for all pigs and other alternatives for pigs used in traditional products. In, Luxembourg.
- Courboulay V, Hémonic A and Prunier A 2018. Evaluation des différentes méthodes de prise en charge de la douleur lors de la castration. *Journées Recherche Porcine* 50, 305-310.
- Courboulay V, Hémonic A, Gadonna M and Prunier A 2010. Castration avec anesthésie locale ou traitement anti-inflammatoire : quel impact sur la douleur des porcelets et quelles conséquences sur le travail en élevage ? *Journées de la Recherche Porcine en France* 42, 27-33.
- Courboulay V, Gillardeau M, Meunier-Salaün MC and Prunier A 2015. La prise en charge de la douleur lors de la caudectomie et de la castration des porcelets. *Journées Recherche Porcine* 47, 235-240.
- D'Eath RB, Niemi JK, Ahmadi BV, Rutherford KMD, Ison SH, Turner SP, Anker HT, Jensen T, Busch ME, Jensen KK, Lawrence AB and Sandoe P 2016. Why are most EU pigs tail docked? Economic and ethical analysis of four pig housing and management scenarios in the light of EU legislation and animal welfare outcomes. *Animal* 10, 687-699.
- De Briyne N, Berg C, Blaha T and Temple D 2016. Pig castration: will the EU manage to ban pig castration by 2018? *Porcine Health Management* 2, 29.
- De Briyne N, Berg C, Blaha T, Palzer A and Temple D 2018. 'Phasing out pig tail docking in the EU - present state, challenges and possibilities'. *Porcine Health Management* 4.
- Di Giminiani P, Nasirahmadi A, Malcolm EM, Leach MC and Edwards SA 2017a. Docking piglet tails: How much does it hurt and for how long? *Physiology & Behavior* 182, 69-76.
- Di Giminiani P, Edwards SA, Malcolm EM, Leach MC, Herskin MS and Sandercock DA 2017b. Characterization of short- and long-term mechanical sensitisation following surgical tail amputation in pigs. *Scientific Reports* 7.
- Done SH, Guise J and Chennells D 2003. Tail biting and tail docking in pigs. In *Proceedings of the Pig Veterinary Society Meeting, Burleigh Court, Loughborough, UK, 14-15 November 2002.*, pp. 136-154.
- Dzikamunhenga RS, Anthony R, Coetzee J, Gould S, Johnson A, Karriker L, McKean J, Millman ST, Niekamp SR and O'Connor AM 2014. Pain management in the neonatal piglet during routine

- management procedures. Part 1: a systematic review of randomized and non-randomized intervention studies. *Animal Health Research Reviews* 15, 14-38.
- EFSA 2014. Scientific Opinion concerning a Multifactorial approach on the use of animal and non-animal-based measures to assess the welfare of pigs. *EFSA Journal* 12, 3702.
- EFSA 2017. Animal welfare aspects in respect of the slaughter or killing of pregnant livestock animals (cattle, pigs, sheep, goats, horses). *EFSA Journal* 15, e04782.
- Enz A, Schüpbach-Regula G, Bettschart R, Fuschini E, Bürgi E and Sidler X 2013a. Erfahrungen zur Schmerzausschaltung bei der Ferkelkastration in der Schweiz. Teil 1: Inhalationsanästhesie. *Schweizer Archiv Fur Tierheilkunde* 12, 651-660.
- Enz A, Schüpbach-Regula G, Bettschart R, Fuschini E, Bürgi E and Sidler X 2013b. Erfahrungen zur Schmerzausschaltung bei der Ferkelkastration in der Schweiz Teil 2: Injektionsanästhesie. *Schweizer Archiv Fur Tierheilkunde* 12, 661-668.
- Enzerink A, Salmenpera P, Kankuri E and Vaheri A 2009. Clustering of fibroblasts induces proinflammatory chemokine secretion promoting leukocyte migration. *Molecular Immunology* 46, 1787-1795.
- Foltan R, Klima K, Spackova J and Sedy J 2008. Mechanism of traumatic neuroma development. *Medical Hypotheses* 71, 572-576.
- Fredriksen B, Font i Furnols M, Lundström K, Migdal W, Prunier A, Tuyttens FAM and Bonneau M 2009. Practice on castration of piglets in Europe. *Animal* 3, 1480-1487.
- Fu LL, Zhou B, Li HZ, Liang TT, Chu QP, Schinckel AP, Li Y and Xu FL 2019. Effects of tail docking and/or teeth clipping on behavior, lesions, and physiological indicators of sows and their piglets. *Animal Science Journal* 90, 1320-1332.
- Gallois M, Cozler YL and Prunier A 2005. Influence of tooth resection in piglets on welfare and performance. *Preventive Veterinary Medicine* 69, 13-23.
- Gerritzen MA, Kluivers-Poodt M, Reimert HGM, Hindle V and Lambooij E 2008. Castration of piglets under CO₂-gas anaesthesia. *Animal* 2, 1666-1673.
- Gosalvez LF, Santamarina C, Averos X, Hernandez-Jover M, Caja G and Babot D 2007. Traceability of extensively produced Iberian pigs using visual and electronic identification devices from farm to slaughter. *Journal of Animal Science* 85, 2746-2752.
- Guatteo R, Levionnois O, Fournier D, Guémené D, Latouche K, Leterrier C, Mormède P, Prunier A, Servièrre J, Terlouw C and Le Neindre P 2012. Minimising pain in farm animals: the 3S approach – ‘Suppress, Substitute, Soothe’. *Animal* 6, 1261-1274.
- Haga HA and Ranheim B 2005. Castration of piglets: the analgesic effects of intratesticular and intrafunicular lidocaine injection. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 32, 1-9.
- Hansson M, Lundeheim N, Nyman G and Johansson G 2011. Effect of local anaesthesia and/or analgesia on pain responses induced by piglet castration. *Acta Veterinaria Scandinavica* 53.
- Hawkins PG and Strobel M 2012. Barrier wound spray with pain relief for the health and welfare of baby pigs. In 43rd AASV annual meeting, Denver, USA, p. 1139.
- Hay M, Vulin A, Génin S, Sales P and Prunier A 2003. Assessment of pain induced by castration in piglets: behavioral and physiological responses over the subsequent 5 days. *Applied Animal Behaviour Science* 82, 201-218.

- Hay M, Rue J, Sansac C, Brunel G and Prunier A 2004. Long-term detrimental effects of tooth clipping or grinding in piglets: a histological approach. *Animal Welfare* 13, 23-32.
- Hernandez-Jover M, Schembri N, Toribio JALML and Holyoake PK 2008. Biosecurity risks associated with current identification practices of producers trading live pigs at livestock sales. *Animal* 2, 1692-1699.
- Herskin MS, Thodberg K and Jensen HE 2015. Effects of tail docking and docking length on neuroanatomical changes in healed tail tips of pigs. *Animal* 9, 677-681.
- Herskin MS, Di Giminiani P and Thodberg K 2016. Effects of administration of a local anaesthetic and/or an NSAID and of docking length on the behaviour of piglets during 5 h after tail docking. *Research in Veterinary Science* 108, 60-67.
- Hofmann K, Rauh A, Harlizius J, Weiss C, Scholz T, Schulze-Horsel T, Escribano D, Ritzmann M and Zols S 2019. Pain and distress responses of suckling piglets to injection and castration under local anaesthesia with procaine and lidocaine Part 1: Cortisol, chromogranin A, wound healing, weights, losses. *Tieraerztliche Praxis Ausgabe Grosstiere Nutztiere* 47, 87-96.
- Holyoake PK, Broek DJ and Callinan APL 2004. The effects of reducing the length of canine teeth in sucking pigs by clipping or grinding. *Australian Veterinary Journal* 82, 574-576.
- Hug PJ, Cap VH, Honegger J, Schupbach-Regula G, Schwarz A and Bettschart-Wolfensberger R 2018. Optimization of analgesia for piglet castration under isoflurane anaesthesia with parenteral butorphanol, meloxicam or intratesticular lidocaine. *Schweizer Archiv Fur Tierheilkunde* 160, 461-467.
- Hutter S, Heinritzi K, Reich E and Ehret W 1994. Efficacité de différentes méthodes de résection des dents chez le porcelet non sevré. The effect of different methods of tooth resection in piglets. *Revue de Médecine Vétérinaire* 145, 205-213.
- IASP 2019. International Association for the Study of Pain. IASP Terminology In.
- Ison SH, Clutton RE, Di Giminiani P and Rutherford KMD 2016. A Review of Pain Assessment in Pigs. *Frontiers in Veterinary Science* 3.
- Johnson CB, Stafford KJ, Sylvester SP, Ward RN, Mitchinson S and Mellor DJ 2005. Effects of age on the electroencephalographic response to castration in lambs anaesthetised using halothane in oxygen. *New Zealand Veterinary Journal* 53, 433-437.
- Keating SCJ, Thomas AA, Flecknell PA and Leach MC 2012. Evaluation of EMLA Cream for Preventing Pain during Tattooing of Rabbits: Changes in Physiological, Behavioural and Facial Expression Responses. *PLoS one* 7.
- Keita A, Pagot E, Prunier A and Guidarini C 2010. Pre-emptive meloxicam for postoperative analgesia in piglets undergoing surgical castration. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 37, 367-374.
- Kells NJ, Beausoleil NJ, Sutherland MA and Johnson CB 2019. Post-natal development of EEG responses to noxious stimulation in pigs (*Sus scrofa*) aged 1-15 days. *Animal Welfare* 28, 317-329.
- Kells NJ, Beausoleil NJ, Chambers JP, Sutherland MA, Morrison RS and Johnson CB 2017a. Electroencephalographic responses of anaesthetized pigs (*Sus scrofa*) to tail docking using clippers or cautery iron performed at 2 or 20 days of age. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 44, 1156-1165.

- Kells NJ, Beausoleil NJ, Johnson CB, Sutherland MA, Morrison RS and Roe W 2017b. Comparison of neural histomorphology in tail tips from pigs docked using clippers or cautery iron. *Animal* 11, 1222-1227.
- Kluyvers-Poodt M, Zonderland JJ, Verbraak J, Lambooi E and Hellebrekers LJ 2013. Pain behaviour after castration of piglets; effect of pain relief with lidocaine and/or meloxicam. *Animal* 7, 1158-1162.
- Kluyvers-Poodt M, Houx BB, Robben SRM, Koop G, Lambooi E and Hellebrekers LJ 2012. Effects of a local anaesthetic and NSAID in castration of piglets, on the acute pain responses, growth and mortality. *Animal* 6, 1469-1475.
- Kritas SK and Morrison RB 2004. An observational study on tail biting in commercial grower-finisher barns. *Journal of Swine Health and Production* 12, 17-22.
- Kritas SK and Morrison RB 2007. Relationships between tail biting in pigs and disease lesions and condemnations at slaughter. *Veterinary Record* 160, 149-152.
- Langhoff R, Zols S, Barz A, Palzer A, Ritzmann M and Heinritzi K 2009. Investigation about the use of analgesics for the reduction of castration-induced pain in suckling piglets. *Berliner Und Munchener Tierarztliche Wochenschrift* 122, 325-332.
- Leslie E, Hernandez-Jover M, Newman R and Holyoake P 2010. Assessment of acute pain experienced by piglets from ear tagging, ear notching and intraperitoneal injectable transponders. *Applied Animal Behaviour Science* 127, 86-95.
- Lewis E, Boyle LA, Brophy P, O'Doherty JV and Lynch PB 2005a. The effect of two piglet teeth resection procedures on the welfare of sows in farrowing crates. Part 2. *Applied Animal Behaviour Science* 90, 251-264.
- Lewis E, Boyle LA, Lynch PB, Brophy P and O'Doherty JV 2005b. The effect of two teeth resection procedures on the welfare of piglets in farrowing crates. Part 1. *Applied Animal Behaviour Science* 90, 233-249.
- Llamas Moya SL, Boyle LA, Lynch PB and Arkins S 2008. Effect of surgical castration on the behavioural and acute phase responses of 5-day-old piglets. *Applied Animal Behaviour Science* 111, 133-145.
- Lomax S, Witenden E, Windsor P and White P 2017. Effect of topical vapocoolant spray on perioperative pain response of unweaned calves to ear tagging and ear notching. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 44, 163-172.
- Lomax S, Hall E, Oehlers L and White P 2018. Topical vapocoolant spray reduces nociceptive response to ear notching in neonatal piglets. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 45, 366-373.
- Madec F, Geers R, Vasseur P, Kjeldsen N and Blaha T 2001. Traceability in the pig production chain. *Revue Scientifique Et Technique De L Office International Des Epizooties* 20, 523-537.
- Marchant-Forde JN, Lay DC, Jr., McMunn KA, Cheng HW, Pajor EA and Marchant-Forde RM 2009. Postnatal piglet husbandry practices and well-being: the effects of alternative techniques delivered separately. *Journal of Animal Science* 87, 1479-1492.
- Marchant-Forde JN, Lay DC, Jr., McMunn KA, Cheng HW, Pajor EA and Marchant-Forde RM 2014. Postnatal piglet husbandry practices and well-being: the effects of alternative techniques delivered in combination. *Journal of Animal Science* 92, 1150-1160.

- Marsalek P, Svoboda M, Smutna M, Blahova J and Vecerek V 2011. Neopterin and biopterin as biomarkers of immune system activation associated with castration in piglets. *Journal of Animal Science* 89, 1758-1762.
- Marx G, Horn T, Thielebein J, Knubel B and von Borell E 2003. Analysis of pain-related vocalization in young pigs. *Journal of Sound and Vibration* 266, 687-698.
- Morales J, Dereu A, Manso A, de Frutos L, Pineiro C, Manzanilla EG and Wuyts N 2017. Surgical castration with pain relief affects the health and productive performance of pigs in the suckling period. *Porcine Health Management* 3.
- Murrell JC, Johnson CB, White KL, Taylor PM, Haberham ZL and Waterman-Pearson AE 2003. Changes in the EEG during castration in horses and ponies anaesthetized with halothane. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 30, 138-146.
- Neave HW, Daros RR, Costa JHC, von Keyserlingk MAG and Weary DM 2013. Pain and Pessimism: Dairy Calves Exhibit Negative Judgement Bias following Hot-Iron Disbudding. *PloS one* 8.
- Noonan GJ, Rand JS, Priest J, Ainscow J and Blackshaw JK 1994. Behavioural observations of piglets undergoing tail docking, teeth clipping and ear notching. *Applied Animal Behaviour Science* 39, 203-213.
- Numberger J, Ritzmann M, Übel N, Eddicks M, Reese S and Zöls S 2016. Ear tagging in piglets: the cortisol response with and without analgesia in comparison with castration and tail docking. *Animal* 10, 1864-1870.
- O'Connor A, Anthony R, Bergamasco L, Coetzee J, Gould S, Johnson AK, Karriker LA, Marchant-Forde JN, Martineau GS, McKean J, Millman ST, Niekamp S, Pajor EA, Rutherford K, Sprague M, Sutherland M, Borell Ev and Dzikamunhenga RS 2014. Pain management in the neonatal piglet during routine management procedures. Part 2: Grading the quality of evidence and the strength of recommendations. *Animal Health Research Reviews* 15, 39-62.
- Parois S, Bonneau M, Chevillon P, Larzul C, Quiniou N, Robic A and Prunier A 2018. Odeurs indésirables de la viande de porcs mâles non castrés : problèmes et solutions potentielles
- Boar taint in the meat of entire male pigs: the problems and the potential solutions. *INRA Productions Animales* 31, 23-35.
- Prunier A, Hay M and Servière J 2002. Evaluation et prévention de la douleur induite par les interventions de convenance chez le porcelet. *Journées de la Recherche Porcine* 34, 257-268.
- Prunier A, Mounier AM and Hay M 2005. Effects of castration, tooth resection, or tail docking on plasma metabolites and stress hormones in young pigs. *Journal of Animal Science* 83, 216-222.
- Prunier A, Tallet C and Sandercock D 2020. Evidence of pain in piglets subjected to invasive management procedures. In *Understanding the behaviour and improving the welfare of pigs* (ed. S Edwards) Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK.
- Prunier A, Gallois M, Klouyppen A and Le Cozler Y 2004. Effets de l'épointage des dents sur les performances, les lésions cutanées et le comportement des truies et des porcelets
- Influence of tooth resection on performance, skin lesions and behaviour of sows and piglets *Journées de la Recherche Porcine* 36, 379-388.
- Prunier A, Bataille G, Meunier-Salaun MC, Bregeon A and Rugraff Y 2001. Influence of tail docking, with or without a cold analgesic spray, on the behaviour, performance and physiology of piglets

- Consequences comportementales, zootechniques et physiologiques de la caudectomie réalisée avec ou sans "insensibilisation" locale chez le porcelet. *Journées de la Recherche Porcine en France* 33, 313-318.
- Prunier A, Mounier L, Le Neindre P, Leterrier C, Mormède P, Paulmier V, Prunet P, Terlouw C and Guatteo R 2013. Identifying and monitoring pain in farm animals: a review. *Animal* 7, 998-1010.
- Prunier A, Bonneau M, Von Borell EH, Cinotti S, Gunn M, Fredriksen B, Giersing M, Morton DB, Tuytens FAM and Velarde A 2006. A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and the evaluation of non-surgical methods. *Animal Welfare* 15, 277-289.
- Prunier A, Averos X, Dimitrov I, Edwards SA, Hillmann E, Holinger M, Ilieski V, Leming R, Tallet C, Turner SP, Zupan M and Camerlink I 2019. Review: Early life predisposing factors for biting in pigs. *Animal*, 1-18.
- Prus AJ, James JR and Rosecrans JA 2009. Conditioned Place Preference.
- Rajput K, Reddy S and Shankar H 2012. Painful Neuromas. *Clinical Journal of Pain* 28, 639-645.
- Rand JS, Noonan GJ, Priest J, Ainscow J and Blackshaw JK 2002. Oral administration of a 12% sucrose solution did not decrease behavioural indicators of distress in piglets undergoing tail docking, teeth clipping and ear notching. *Animal Welfare* 11, 395-404.
- Rault J-L, Lay DC, Jr. and Marchant-Forde JN 2011. Castration induced pain in pigs and other livestock. *Applied Animal Behaviour Science* 135, 214-225.
- Reiner G, Schollasch F, Hillen S, Willems H, Piechotta M and Failing K 2012. Effects of Meloxicam and Flunixin on pain, stress and discomfort in male piglets during and after surgical castration. *Berliner Und Munchener Tierarztliche Wochenschrift* 125, 305-314.
- Sandercock DA, Smith SH, Di Giminiani P and Edwards SA 2016. Histopathological Characterization of Tail Injury and Traumatic Neuroma Development after Tail Docking in Piglets. *Journal of comparative pathology* 155, 40-49.
- Sandercock DA, Gibson IF, Rutherford KMD, Donald RD, Lawrence AB, Brash HM, Scott EM and Nolan AM 2011. The impact of prenatal stress on basal nociception and evoked responses to tail-docking and inflammatory challenge in juvenile pigs. *Physiology & Behavior* 104, 728-737.
- Sandercock DA, Barnett MW, Coe JE, Downing AC, Nirmal AJ, Di Giminiani P, Edwards SA and Freeman TC 2019. Transcriptomics Analysis of Porcine Caudal Dorsal Root Ganglia in Tail Amputated Pigs Shows Long-Term Effects on Many Pain-Associated Genes. *Frontiers in Veterinary Science* 6.
- Schembri N, Toribio JA, Sithole F and Holyoake PK 2007. Review of identification and traceability legislation for pigs in Australia. *Australian Veterinary Journal* 85, 255-260.
- Schoos A, Devreese M and Maes DGD 2019. Use of non-steroidal anti-inflammatory drugs in porcine health management. *Veterinary Record* 185.
- Schroöder-Petersen D and Simonsen H 2001. Tail biting in pigs. *Veterinary Journal* 162, 196-210.
- Simonsen HB, Klinken L and Bindseil E 1991. Histopathology of intact and docked pigtails. *British Veterinary Journal* 147, 407-412.
- Sinclair A, D'Eath R, Brunton P, Prunier A and Sandercock D 2018. Long-term effects of piglet tooth resection on molecular markers of inflammation and pain in tooth pulp. In *UFAW Animal Welfare Conference*, p. 14. Newcastle.
- Sinclair ARL, Tallet C, Renouard A, Brunton PJ, D'Eath RB, Sandercock DA and Prunier A 2019. Behaviour of piglets before and after tooth clipping, grinding or sham-grinding in the absence

- of social influences. In 53rd Congress of the International Society for Applied Ethology (ISA), Bergen, Norway, p. 328.
- Sneddon LU, Elwood RW, Adamo SA and Leach MC 2014. Defining and assessing animal pain. *Animal Behaviour* 97, 201-212.
- Sommavilla R, Hötzel MJ and Dalla Costa OA 2011. Piglets' weaning behavioural response is influenced by quality of human-animal interactions during suckling. *Animal* 5, 1426-1431.
- Sutherland MA 2015. Welfare implications of invasive piglet husbandry procedures, methods of alleviation and alternatives: a review. *New Zealand Veterinary Journal* 63, 52-57.
- Sutherland MA, Davis BL and McGlone JJ 2011. The effect of local or general anesthesia on the physiology and behavior of tail docked pigs. *Animal* 5, 1237-1246.
- Sutherland MA, Bryer PJ, Krebs N and McGlone JJ 2008. Tail docking in pigs: acute physiological and behavioural responses. *Animal* 2, 292-297.
- Sutherland MA, Davis BL, Brooks TA and Coetzee JF 2012. The physiological and behavioral response of pigs castrated with and without anesthesia or analgesia. *Journal of Animal Science* 90, 2211-2221.
- Tallet C, Rakotomahandry M, Herlemont S and Prunier A 2019. Evidence of Pain, Stress, and Fear of Humans During Tail Docking and the next four weeks in Piglets (*Sus scrofa domestica*). *Frontiers in Veterinary Science* 6.
- Tallet C, Brilloüet A, Meunier-Salaün M-C, Paulmier V, Guérin C and Prunier A 2013. Effects of neonatal castration on social behaviour, human-animal relationship and feeding activity in finishing pigs reared in a conventional or an enriched housing. *Applied Animal Behaviour Science* 145, 70-83.
- Taylor AA and Weary DM 2000. Vocal responses of piglets to castration: identifying procedural sources of pain. *Applied Animal Behaviour Science* 70, 17-26.
- Tenbergen R, Friendship R, Cassar G, Amezcua MR and Haley D 2014. Investigation of the use of meloxicam for reducing pain associated with castration and tail docking and improving performance in piglets. *Journal of Swine Health and Production* 22, 64-70.
- Torrey S, Devillers N, Lessard M, Farmer C and Widowski T 2009. Effect of age on the behavioral and physiological responses of piglets to tail docking and ear notching. *Journal of Animal Science* 87, 1778-1786.
- Tucker AL and Widowski TM 2009. Normal profiles for deciduous dental eruption in domestic piglets: Effect of sow, litter, and piglet characteristics. *Journal of Animal Science* 87, 2274-2281.
- Übel N, Zöls S, Otten W, Sauter-Louis C, Heinritzi K, Ritzmann M and Eddicks M 2015. Impact of the simultaneous implementation of husbandry procedures on suckling piglets. *Tieraerztliche Praxis Ausgabe Grosstiere Nutztiere* 43, 359-366.
- Valros A and Heinonen M 2015. Save the pig tail. *Porcine Health Management* 1, 2.
- Van Beirendonck S, Driessen B and Geers R 2011a. Painful Standard Management Practices with Piglets: Does Bundling and/or Anesthesia Improve Animal Welfare? *Journal of Anesthesia and Clinical Research in Veterinary Science* 2, 157.
- Van Beirendonck S, Driessen B, Verbeke G and Geers R 2011b. Behavior of piglets after castration with or without carbon dioxide anesthesia. *Journal of Animal Science* 89, 3310-3317.
- Viscardi AV and Turner PV 2018a. Use of Meloxicam or Ketoprofen for Piglet Pain Control Following Surgical Castration. *Frontiers in Veterinary Science* 5.

- Viscardi AV and Turner PV 2018b. Efficacy of buprenorphine for management of surgical castration pain in piglets. *Bmc Veterinary Research* 14.
- Viscardi AV and Turner P 2019. A multimodal approach for piglet pain management after tail docking. *Journal of Animal Science* 97, 6-6.
- von Borell E, Baumgartner J, Giersing M, Jäggin N, Prunier A, Tuyttens FAM and Edwards SA 2009. Animal welfare implications of surgical castration and its alternatives in pigs. *Animal* 3, 1488-1496.
- Walker B, Jaggin N, Doherr M and Schatzmann U 2004. Inhalation anaesthesia for castration of newborn piglets: Experiences with isoflurane and isoflurane/N₂O. *Journal of Veterinary Medicine Series a-Physiology Pathology Clinical Medicine* 51, 150-154.
- Wallgren P and Lindahl E 1996. The influence of tail biting on performance of fattening pigs. *Acta Veterinaria Scandinavica* 37, 453-460.
- Weary DM and Fraser D 1999. Partial tooth-clipping of suckling pigs: effects on neonatal competition and facial injuries. *Applied Animal Behaviour Science* 65, 21-27.
- Weary DM, Droege P and Braithwaite VA 2017. Behavioral Evidence of Felt Emotions: Approaches, Inferences, and Refinements. In *Advances in the Study of Behavior*, Vol 49 (eds. M Naguib, J Podos, LW Simmons, L Barrett, SD Healy and M Zuk), pp. 27-48.
- Weary DM, Niel L, Flower FC and Fraser D 2006. Identifying and preventing pain in animals. *Applied Animal Behaviour Science* 100, 64-76.
- White FA, Bhangoo SK and Miller RJ 2005. Chemokines: Integrators of pain and inflammation. *Nature Reviews Drug Discovery* 4, 834-844.
- Wolf CJ and Ma QF 2007. Nociceptors-noxious stimulus detectors. *Neuron* 55, 353-364.
- Xue Y, Zheng W, Zhang F, Rao S, Peng Z and Yao W 2019. Effect of immunocastration on growth performance, gonadal development and carcass and meat quality of SuHuai female pigs. *Animal Production Science* 59, 794-800.
- Yun J, Ollila A, Valros A, Larenza-Menzies P, Heinonen M, Oliviero C and Peltoniemi O 2019. Behavioural alterations in piglets after surgical castration: Effects of analgesia and anaesthesia. *Research in Veterinary Science* 125, 36-42.