HAL open science

L'élevage de porcs en systèmes alternatifs : atouts et défis en termes de bien-être animal, biosécurité, santé animale et sécurité sanitaire.

Maxime Delsart, Françoise Pol, Barbara Dufour, Nicolas Rose, Christelle Fablet

To cite this version:

Maxime Delsart, Françoise Pol, Barbara Dufour, Nicolas Rose, Christelle Fablet. L'élevage de porcs en systèmes alternatifs : atouts et défis en termes de bien-être animal, biosécurité, santé animale et sécurité sanitaire.. 54èmes Journées de la Recherche Porcine, Ifip; Inrae, Feb 2022, Paris, France. pp.327-338. anses-04081901

HAL Id: anses-04081901

https://anses.hal.science/anses-04081901v1

Submitted on 2 Oct 2023

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

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

2022. Journées Recherche Porcine, 54, 327-338.

L'élevage de porcs en systèmes alternatifs : atouts et défis en termes de bien-être animal, biosécurité, santé animale et sécurité sanitaire

Maxime DELSART (1), Françoise POL (2,3), Barbara DUFOUR (1), Nicolas ROSE (3), Christelle FABLET (3)

(1) Anses, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, Laboratoire de Santé Animale USC EPIMAI, F-94700, Maisons-Alfort, France
(2) ONIRIS, 44300, Nantes, France
(3) Anses, Laboratoire de Ploufragan/Plouzané/Niort, BP 53, 22440 Ploufragan, France

maxime.delsart@vet-alfort.Fr

L'élevage de porcs en systèmes alternatifs : atouts et défis en termes de bien-être animal, biosécurité, santé animale et sécurité sanitaire

En production porcine, le système en bâtiment fermé avec un sol en caillebotis est largement dominant actuellement. Toutefois, ce type de production fait l'objet de controverse, une part croissante des citoyens exprimant par exemple le souhait d'un accès à l'extérieur pour les animaux d'élevage afin d'améliorer leur bien-être. Dans ce contexte se développent des systèmes de production alternatifs. S'ils sont plébiscités par les consommateurs et les citoyens, ces élevages alternatifs ne sont toutefois pas sans présenter de points critiques. Pour cet article, les auteurs ont passé en revue la littérature scientifique internationale afin de faire un point sur les connaissances actuelles concernant le bien-être, la biosécurité, la santé des animaux et la santé publique vétérinaire dans les élevages alternatifs. D'une façon générale, ces élevages donnent aux animaux la possibilité d'exprimer un éthogramme plus large qu'en bâtiment et les animaux élevés dans ces élevages semblent moins sensibles aux maladies respiratoires. Toutefois, la gestion de l'alimentation, de l'abreuvement, des températures et des prédateurs est souvent plus délicate en plein-air. De plus, les mesures de biosécurité semblent plus difficiles à appliquer et observer que dans les élevages conventionnels, notamment dans les élevages plein-air. La gestion des écrasements de porcelets en maternité est également un véritable défi, au même titre que la gestion du parasitisme. En outre, la prévalence plus élevée de nombreux agents pathogènes zoonotiques dans ces élevages peut représenter un risque pour la santé humaine. Malgré la richesse de la littérature, peu d'études abordent l'élevage alternatif dans sa globalité. Pour assurer la durabilité de ces élevages, il est encore nécessaire de produire des connaissances pour mieux cerner leurs atouts et leurs limites.

Pig farming in alternative systems: strengths and challenges in terms of animal welfare, biosecurity, animal health and health safety

In pig production, the conventional indoor system with a slatted floor currently dominates. However, this production system is becoming less socially acceptable, with a growing number of citizens expressing a desire for outdoor access for livestock to improve their welfare. In this context, alternative production systems are gaining ground. Although they are popular with consumers and citizens, these alternative systems have points of potential criticism. Here, we reviewed the international scientific literature on animal welfare, biosecurity, animal health and pork safety in alternative pig-production systems. In general, alternative farms give pigs the opportunity to express a wider ethogram (i.e. set of behaviors) than pigs on conventional farms, and pigs in these farming systems seem to have fewer respiratory diseases. However, management of feeding, watering, temperatures and predators is often more complicated in these outdoor systems. In addition, biosecurity measures seem to be more difficult to apply and observe than those on conventional farms, especially in free-range systems. Both parasitism and piglet crushing (in farrowing units) remain a real challenge. Furthermore, the higher prevalence of many zoonotic pathogens on these farms may represent a risk to human health. Despite the abundance of literature, few studies approach alternative farms in their entirety. To ensure the sustainability of these farms, there is still a need to generate knowledge to better understand their strengths and challenges.

INTRODUCTION

La production porcine présente une très grande diversité de modes d'élevage. La production conventionnelle en bâtiment fermé avec un sol en caillebotis, largement dominante actuellement, coexiste avec d'autres systèmes de production dits alternatifs en regard du mode de logement, parmi lesquels on retrouve à la fois des élevages en plein-air mais aussi des élevages sur litière, et qui incluent notamment les élevages en production biologique. La production porcine en plein-air est définie comme un système qui permet aux porcs d'avoir un accès à l'extérieur et d'être en contact avec le sol et les plantes. Dans ce type d'élevage, tous les animaux ou seulement une partie d'entre eux peuvent avoir accès à l'extérieur, l'accès plein-air pouvant être réduit à une courette extérieure ouverte sur le bâtiment d'élevage. L'élevage sur litière présente le même type de diversité, tous les animaux n'étant pas forcément élevés sur litière au sein d'un élevage. Il existe en outre une grande diversité dans les substrats utilisés (paille, sciure, foin…).

Même s'ils sont plébiscités par les consommateurs et les citoyens, ces élevages alternatifs ne sont pas sans présenter de points critiques. L'objectif de cette revue est de faire le point sur les connaissances actuelles concernant le bien-être, la biosécurité, la santé des animaux et la santé publique vétérinaire dans les élevages alternatifs.

1. BIEN-ETRE ANIMAL

Le citoyen méconnait le mode d'élevage des animaux de production. Il idéalise souvent l'élevage fermier, alternatif, dans lequel les animaux ont un accès à un parcours extérieur ou à une zone paillée plutôt que l'élevage conventionnel sur caillebotis. Une des attentes du consommateur qui achète des aliments biologiques est que les normes de bien-être animal soient supérieures dans ces systèmes d'élevage (Courboulay *et al.*, 2008). Mais la notion de bien-être animal est complexe. D'après l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), «le bien-être d'un animal est l'état mental et physique positif lié à la satisfaction de ses besoins physiologiques et comportementaux, ainsi que de ses attentes. Cet état varie en fonction de la perception de la situation par l'animal» (Anses, 2018b). Dans cette partie, les connaissances actuelles relatives au bien-être animal dans les élevages alternatifs de porcs sont synthétisées en suivant l'approche des cinq libertés.

1.1. Absence de faim et de soif

Peu de différences existent dans les modes de distribution d'aliment en élevage conventionnel et en élevage alternatif ; les causes de stress liées à des défauts d'alimentation sont les mêmes, notamment l'insuffisance de longueur d'auge ou une quantité insuffisante d'aliment distribuée aux animaux. À noter toutefois que les animaux élevés en plein-air consomment en moyenne plus d'aliment que les animaux élevés en bâtiment, pour des performances de croissance équivalentes, en raison d'une activité plus importante et d'une dépense d'énergie accrue par des températures ambiantes plus basses notamment l'hiver. À quantités d'aliment équivalent égales, les besoins d'un porc élevé en plein-air peuvent ne pas être couverts et générer des stress notamment physiologiques et comportementaux. Cependant, l'ingestion d'herbe et de terre par les porcs en plein-air peut apporter une contribution non négligeable aux besoins en énergie, en acides aminés, en minéraux et en micronutriments, en particulier pour les truies ayant une grande capacité à ingérer des aliments volumineux (Edwards, 2005).

L'appétence de l'aliment est importante pour la prise alimentaire et pour la capacité du porc à couvrir ses besoins. Une contamination microbienne (par exemple, un niveau élevé de levures et de moisissures), des mycotoxines (en particulier la vomitoxine) ou des niveaux inadéquats d'acides aminés spécifiques (le tryptophane par exemple) peuvent entraîner une diminution de la consommation d'aliment. Les paramètres suivants requièrent une attention particulière dans les systèmes d'élevage alternatifs : (i) la conservation des aliments, en particulier lorsqu'ils sont distribués à l'extérieur ; (ii) l'équilibre des acides aminés, en particulier dans les exploitations biologiques où l'incorporation d'acides aminés de synthèse n'est pas autorisée ; (iii) ou la présence de mycotoxines qui semble être plus élevée dans les céréales biologiques que dans les céréales conventionnelles, notamment le blé (Malmauret *et al.*, 2002).

Afin d'objectiver l'absence de faim, des indicateurs peuvent être utilisés, notamment les notes d'état corporel ou le taux d'animaux maigres (Welfare Quality Consortium, 2009). Dans une enquête réalisée dans 101 élevages biologiques européens, Dippel *et al.* (2013) ont montré que 18,8 % des truies étaient maigres avec une forte variabilité entre élevages. Ce taux est important si on le compare à ceux avancés par Scott *et al.* (2009) dans 82 élevages anglais ou néerlandais de tout type, dans lesquels seulement 0,1 % des truies étaient très maigres, sans différence apparente entre les truies élevées en plein-air et les autres. Ces résultats suggèrent que certains agriculteurs en production biologique ont plus de difficultés à répondre aux besoins nutritionnels des truies. Dans une autre étude, Temple *et al.* (2012) ont montré que les porcs en croissance élevés sur paille ou en système extensif à l'extérieur présentaient un risque plus élevé de mauvais état corporel que les porcs élevés dans des élevages conventionnels. Cela est d'autant plus vrai pour les porcs entièrement dépendants du pâturage.

L'absence de soif est assurée par l'apport d'une quantité d'eau permettant de couvrir les besoins des animaux. La disponibilité en eau potable peut être un problème, notamment dans les systèmes extensifs. Dans ces systèmes totalement ouverts vers l'extérieur, les abreuvoirs sont souvent accessibles aux oiseaux sauvages et contaminés par la poussière. Une eau de mauvaise qualité peut impacter la consommation hydrique et être à l'origine de problèmes de santé chez les animaux. Il est également important de contrôler la température de l'eau. Dans les systèmes extérieurs, les tuyaux d'approvisionnement en eau doivent être de préférence enterrés pour limiter les effets du gel (l'eau n'est alors plus distribuée aux animaux en période hivernale). L'action du soleil sur les canalisations favorise d'une part les proliférations bactériennes et d'autre part une augmentation importante de la température de l'eau diminuant sa consommation par les animaux.

1.2. Absence d'inconfort

L'absence d'inconfort est garantie par un environnement approprié, avec suffisamment d'espace pour que les animaux soient libres de leurs mouvements, une zone de repos confortable et sans courant d'air, un éclairage suffisant et non permanent pour que les porcs puissent voir et être soumis à un rythme nycthéméral, et le confort thermique nécessaire. Une litière composée de paille a des propriétés similaires au type de

substrat qu'un porc trouverait naturellement, agissant comme un coussin et réduisant ainsi l'inconfort et les blessures (Arey, 1993). Plusieurs études ont montré que le risque de bursite était nettement inférieur dans les élevages alternatifs, avec accès à l'extérieur ou sur paille, que dans les élevages en claustration (Kongsted et Sørensen, 2017). La gravité de la bursite en effet est associée à un environnement dur et inconfortable qui augmente la pression exercée sur la peau. Les porcs présentent des possibilités de régulation thermique limitées, dépendantes, en milieu sauvage, de sa capacité à se rafraîchir grâce à des bains de boue (Mormede *et al.*, 2006). Les animaux réagissent à une température ambiante élevée en se positionnant de préférence sur un sol favorisant les pertes de chaleur par conduction. Ducreux *et al.* (2002) ont montré que les porcs se reposent préférentiellement sur de la paille à 18°C et sur des sols composés de caillebotis béton ou de béton nu à 27°C. Cependant, en dehors des températures élevées, la paille est nettement plus confortable pour les porcs que les sols en béton nu. La paille apporte un confort thermique et peut réduire les exigences en température d'ambiance des porcs en croissance jusqu'à 6°C (Arey, 1993).

Pour les porcs en plein-air, la principale difficulté est de maintenir les animaux propres et secs en conditions météorologiques humides (Brillouet *et al.*, 2010). Le type et la gestion des cabanes doivent être adaptés. Elles doivent être suffisamment grandes pour accueillir les animaux et confortables. En maternité, il existe un effet saison sur la mortalité des porcelets en plein-air (Rangstrup-Christensen *et al.*, 2018). Cet effet est à rapprocher de la gestion du confort lors de la mise-bas, et à la capacité de la truie à préparer correctement son nid dans la cabane. Une mauvaise densité du couvert végétal du parc, accompagnée de la présence permanente de boue, augmente l'humidité et l'inconfort dans la cabane (Brillouet *et al.*, 2010). Or le porcelet est très sensible au froid et aux courants d'air à la naissance. Une température ambiante trop basse augmente la proximité des porcelets avec leur mère et favorise la mortalité par écrasement. Cela peut être corrigé par un paillage abondant des cabanes (Berger *et al.*, 1997). Le choix du type de cabane impacte également le taux de mortalité avant sevrage (Honeyman, 2005). Notons que les porcelets peuvent aussi souffrir lorsqu'il fait très chaud. La chaleur impacte les qualités laitières de la truie qui, en outre, passe plus de temps à l'extérieur de la cabane à se rafraîchir plutôt qu'à allaiter ses porcelets (Rangstrup-Christensen *et al.*, 2018). Pour limiter les effets de la chaleur en plein-air, il est nécessaire de mettre à la disposition des animaux des zones d'ombre ou des zones de rafraîchissement, comme des buses d'aspersion ou des bauges (EFSA, 2005). Les mares sont également utilisées pour se rafraichir par temps chaud et se protéger des insectes (D'Eath et Turner, 2009).

1.3. Absence de douleur, de blessure (et de maladie)

L'absence de maladie est développée dans la troisième partie de cette revue.

Blessures et douleurs peuvent être des conséquences de bagarres entre animaux. Dans l'étude de Dippel *et al.* (2013) réalisée dans des élevages biologiques européens, les lésions liées à des bagarres sur les truies, objectivées par la présence de blessures, concernaient 15,5 % et 7,9 % de l'ensemble des animaux observés, selon que ces blessures se trouvaient respectivement sur la partie antérieure ou postérieure de l'animal. Mais cela cachait une très grande variabilité entre élevages, indépendamment du système d'exploitation.

Les porcelets élevés en plein-air présentent moins de comportements agonistiques les uns envers les autres que ceux élevés en bâtiment, que ce soit avant ou après le sevrage (Hötzel *et al.*, 2004). Dans une étude réalisée au Royaume-Uni, il y avait significativement moins de blessures sévères sur les porcs en croissance élevés en plein-air que dans les élevages confinés (Pandolfi *et al.*, 2017). Paradoxalement il y avait plus d'animaux présentant des lésions dans les élevages dans lesquels les animaux élevés en bâtiment avaient un accès plein-air, la différence avec les animaux élevés en plein-air intégral étant significative. Des observations équivalentes ont été constatées au niveau des queues et des lésions de cannibalisme. Les animaux élevés en bâtiment avec accès à l'extérieur ont probablement plus de difficultés à contrôler leur environnement thermique en passant d'un système protégé à un système plein-air, ce qui pourrait expliquer les comportements agonistiques plus nombreux dans ce type d'élevage (Pandolfi *et al.*, 2017). Des études réalisées en abattoirs (Alban *et al.*, 2015 ; Kongsted et Sørensen, 2017) ont par ailleurs montré que des animaux élevés avec des parcours extérieurs présentaient plus de lésions de queues que des animaux issus de systèmes conventionnels. A noter toutefois que la caudectomie est moins souvent pratiquée dans ce type de production, contrairement aux productions conventionnelles. Cette différence de pratique peut expliquer, au moins en partie, ces observations à l'abattoir. En revanche, les morsures de queue sont moins fréquentes quand les animaux disposent de paille (Brillouet *et al.*, 2010), les animaux passant plus de temps à examiner le sol et à se déplacer, et significativement moins de temps à mordre la queue de leurs congénères par rapport aux animaux élevés sur caillebotis.

Les blessures et les douleurs peuvent être induites par le système d'élevage en lui-même et par les pratiques de l'éleveur. On pense bien entendu à la castration chirurgicale des animaux, encore très fréquente ou à l'épointage des dents, plus rare en production biologique (Prunier, 2010a) et en plein-air. En revanche, la pose d'anneau au niveau du groin des animaux élevés en plein-air est une pratique toujours utilisée aujourd'hui (D'Eath et Turner, 2009), principalement sur les truies, notamment en France, au Danemark et en Allemagne (Prunier, 2010a). Le comportement actif de recherche de nourriture des porcs peut conduire à la destruction des pâturages. Cette activité devient douloureuse avec un anneau au niveau du groin. Cette douleur ainsi que celle engendrée par la pose de l'anneau, associée à l'inhibition de l'activité de fouissement, sont des éléments négatifs pour le bien-être de ces animaux élevés en plein-air (Van der Mheen et Vermeer, 2005).

1.4. Liberté d'exprimer des comportements normaux

Parmi les critiques les plus fréquentes contre les systèmes de production conventionnels, on retrouve l'absence de liberté pour les animaux d'exprimer des comportements naturels. En milieu sauvage, les porcs sont actifs pendant la journée et passent 75% de ce temps actifs à rechercher de la nourriture, notamment à fouiller, à brouter, à mâchonner et à explorer avec leur groin (D'Eath et Turner, 2009). De nombreuses études montrent que les animaux sont plus actifs, en position debout, dans les systèmes de production alternatifs que dans les systèmes conventionnels *et al.*, 2013). Sur paille, les porcs en croissance passent plus de temps à être en interaction avec leur environnement, à avoir un comportement exploratoire. Il existe toutefois une variabilité inter-élevage élevée (Courboulay *et al.*, 2008).

La paille réduit également les comportements sociaux nuisibles, comme les morsures d'oreilles ou de queues (Van de Weerd *et al.*, 2006). Lorsqu'il n'est pas possible de fournir de la paille, il est possible d'apporter des objets d'enrichissement. Toutefois de nombreuses études (Temple *et al.*, 2012 ; Pandolfi *et al.*, 2017) montrent que la paille ou tout autre substrat organique utilisés en tant que litière, restent les matériaux les plus efficaces pour réduire les comportements inappropriés.

Les porcelets non sevrés ont moins de comportements agonistiques et passent moins de temps à interagir avec leur mère lorsqu'ils sont en plein-air. Ils passent plus de temps à explorer le milieu, à se nourrir, à marcher et à jouer (Hötzel *et al.*, 2004). Ils bénéficient d'un grand espace et d'un enrichissement de leur milieu qui leur permettent d'exprimer leur comportement naturel dans de bonnes conditions (Prunier *et al.*, 2014). La possibilité d'avoir des interactions sociales entre les porcelets de différentes portées pendant la lactation est un autre facteur qui peut induire des différences comportementales. Au sevrage, les porcelets ayant eu des interactions avec ceux d'autres portées pendant la lactation sont moins agressifs après avoir été mélangés avec des porcelets inconnus, que les porcelets dont le groupe social est resté limité à celui de la portée (Verdon *et al.*, 2019). Leurs mères ont aussi un comportement différent lorsqu'elles sont en plein-air : elles passent plus de temps débout à explorer le milieu que les truies confinées (Hötzel *et al.*, 2004). Les truies et les porcelets en plein-air montrent un répertoire comportemental plus riche (Johnson *et al.*, 2001).

La paille et les matériaux trouvés en plein-air permettent aux truies de construire un nid et peuvent influencer leur comportement maternel. En milieu sauvage, les truies préparent un nid en creusant le sol avec leur groin et en faisant des allers et retours pour aller chercher des longues herbes, des feuilles et des petites brindilles (Mormede *et al.* ; 2006; D'Eath et Turner, 2009), supports que la paille peut simuler sans difficulté.

1.5. Absence de peur, de stress et d'anxiété

Les travaux sur la relation homme-animal décrivent une aptitude des porcs à développer des réactions de peur, d'anxiété à l'approche de l'homme (Hemsworth, 2003). Cette peur, que l'on peut notamment évaluer par les comportements de retrait des animaux au contact d'un homme (Welfare Quality Consortium, 2009), semble comparable selon que les truies sont logées en groupe en bâtiment ou en plein-air (Scott *et al.*, 2009). La domestication des animaux est aussi importante en élevage alternatif qu'en élevage confiné (Sutherland *et al.*, 2013).

Dans les conditions naturelles ou semi-naturelles, le sevrage des porcelets est un processus progressif, qui commence vers la 4ème semaine et se termine entre la 9ème et la 17ème semaine de vie. L'âge au sevrage a une influence sur l'adaptation des porcelets élevés en plein-air, en réduisant les comportements de détresse et en améliorant le comportement alimentaire (Hötzel *et al.*, 2010). Dans les élevages en agriculture biologique, les porcelets sont sevrés plus tard qu'en production conventionnelle, après l'âge de 6 semaines. Plusieurs études montrent que l'augmentation de l'âge au sevrage peut avoir un impact positif sur les taux de cortisol salivaire ou plasmatique au sevrage (Van der Meulen *et al.*, 2010).

Le stress, la peur et l'anxiété peuvent aussi être induits par la présence de prédateurs. Les jeunes porcelets élevés en plein-air sont exposés à la prédation, notamment par des corvidés, les renards et même les blaireaux (Prunier *et al.*, 2014). Dans une étude visant à analyser les causes de mortalité de porcelets en plein-air, Edwards *et al.* (1994) ont montré que 6 % des cadavres de porcelets présentaient des traces d'attaques d'oiseaux.

1.6. Bilan

Les systèmes extensifs donnent aux animaux la possibilité d'exprimer un panel comportemental plus large qu'en bâtiment, comprenant la plupart de leurs comportements naturels, mais le contrôle de l'environnement y est plus difficile, notamment la gestion de l'alimentation, de l'abreuvement, des températures et des prédateurs. Les systèmes sur litières permettent également l'expression d'un éthogramme plus large et procure aux animaux une source de confort, sous réserve que la litière soit saine et sèche. Les systèmes alternatifs, avec un environnement enrichi, offrent de nombreuses solutions pour contrôler les points critiques du bien-être animal, contrairement à l'élevage conventionnel, où les porcs ont plus de difficultés à exprimer leur comportement naturel, malgré l'ajout de matériaux d'enrichissement, voire une augmentation des surfaces par animal. Si les points critiques sont sous contrôle, les systèmes alternatifs sont plus adaptés que les systèmes conventionnels pour garantir un niveau plus élevé de bien-être.

2. BIOSECURITÉ

La biosécurité englobe toutes les mesures à mettre en place pour limiter le risque d'introduction d'agents pathogènes dans les élevages (bio-exclusion), pour limiter la dissémination du pathogène au sein de l'exploitation (bio-compartimentation), pour limiter la dissémination de l'agent infectieux en dehors de l'exploitation, afin de prévenir le risque de contamination des animaux, des humains et de l'environnement.

2.1. Bio-exclusion

Les mesures de biosécurité ont pour objectif d'éviter que des agents pathogènes ne pénètrent puis ne contaminent les élevages. Les élevages alternatifs, proposant aux animaux un accès extérieur, ont plus de difficultés à mettre en place des mesures de biosécurité strictes. La probabilité d'exposition de ces élevages à certains agents pathogènes circulant dans la faune sauvage comme le virus de la peste porcine africaine par exemple, est beaucoup plus élevée (Anses, 2018a). C'est d'autant plus le cas dans les systèmes très extensifs, notamment le système sylvopastoral largement répandu dans certains pays du sud de l'Europe (par exemple en Espagne), dans lequel les porcs pâturent dans des zones de forêts naturelles (Sørensen *et al.*, 2006). La biosécurité est presque impossible à appliquer lorsque les animaux ont accès à des parcours partagés par différents troupeaux, comme on peut le rencontrer en Sardaigne, en Corse ou dans les forêts publiques en Géorgie ou en Arménie (Bellini *et al.*, 2016).

C'est bien entendu le contact avec la faune sauvage, et principalement les sangliers, qui pose le plus de problème lorsque les porcs sont élevés en plein-air. Le contact avec la faune sauvage est considéré comme une source d'infection, par exemple de brucellose, de peste porcine classique, de peste porcine africaine ou de maladie d'Aujeszky. Le nombre croissant de sangliers sauvages dans certaines régions, notamment en Europe, et leur capacité à coloniser de nouveaux espaces, constituent des menaces pour les élevages plein-air. Les sangliers s'approchent d'autant plus près de la clôture du parc

où sont élevés les porcs que la distance entre le parc et la ferme est importante (Wu *et al.*, 2012).

Les porcs peuvent être aussi en contact avec d'autres espèces vectrices de maladies, comme le lièvre par exemple qui peut véhiculer la brucellose. Les porcs élevés en plein-air sont inévitablement exposés à certains sérovars de leptospires provenant de diverses espèces sauvages dont le hérisson, le renard et les rats (Roman *et al.*, 2006). Les rongeurs peuvent être des réservoirs de multiples pathogènes pouvant affecter les porcs comme *Erysipelothrix rhusiopathiae* (Leirs *et al.*, 2004), *Brachyspira hyodysenteriae*, *Lawsonia intracellularis* (Roman *et al.*, 2006), plusieurs sérovars de *Salmonella enterica subsp enterica* et de *Yersinia*, des parasites comme *Toxoplasma gondii*, *Trichinella* spp. et *Echinococcus multilocular*is (Leirs *et al.*, 2004). Le contrôle des rats dans les élevages alternatifs est particulièrement compliqué, les lieux de protection ou de nidification étant plus nombreux et la lutte chimique moins aisée qu'en bâtiment fermé. Il a été mis en évidence une corrélation positive entre la présence de rats et le stockage de paille dans les porcheries (Leirs *et al.*, 2004).

Les oiseaux constituent un autre vecteur qu'il est très difficile de contrôler dans les systèmes alternatifs. Ils peuvent être impliqués par exemple dans la propagation de la gastro-entérite transmissible, de salmonelloses, ou de tuberculoses aviaires (Roman *et al.*, 2006).

Parmi les autres vecteurs on peut aussi citer certaines tiques, comme *Ornithodoros moubata* et *O. erraticus* qui ont contribué à la transmission du virus de la peste porcine africaine (PPA) dans les élevages plein-air en péninsule ibérique.

Enfin, les animaux élevés en plein-air sont plus accessibles pour des visiteurs curieux, ce qui facilite la transmission d'agents zoonotiques (Sørensen *et al.*, 2006) ou encore la distribution de restes d'aliments contaminés par des agents infectieux comme les virus de la PPA ou de la peste porcine classique.

La litière utilisée dans les élevages alternatifs représente un autre danger en termes de biosécurité. Plusieurs études ont montré que lorsque les systèmes de production comprennent de la sciure, des copeaux de bois ou de la paille, l'incidence de la tuberculose causée par *Mycobacterium avium* augmente (Álvarez *et al.*, 2011). La litière peut avoir été exposée à d'autres animaux, et avoir été contaminée (Roman *et al.*, 2006). La litière doit donc être protégée et entreposée de sorte à empêcher les contacts avec des suidés domestiques autres que ceux détenus sur l'exploitation, ou des suidés sauvages. Elle doit en outre être protégée d'éventuelles contaminations par des nuisibles. Il en est de même pour les aliments distribués aux animaux (Bellini *et al.*, 2016).

Afin de réduire les contacts entre la faune sauvage et les porcs domestiques élevés avec un accès extérieur, la mise en place de clôtures est fortement recommandée, voire obligatoire selon les pays. La succession des crises sanitaires, et notamment la diffusion de la peste porcine africaine, pousse les filières porcines et les Etats à prendre conscience de l'importance de la biosécurité. En France, le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation a signé en 2018 un arrêté relatif aux mesures de biosécurité applicables dans les exploitations détenant des suidés (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2018). Les mesures les plus importantes pour les élevages alternatifs concernent les clôtures devant interdire d'une part l'intrusion de suidés sauvages au sein de la zone d'élevage et d'autre part, les contacts groins à groins entre les suidés de l'élevage et les suidés sauvages. Ces mesures ne concernent pas seulement les élevages plein-air car ce type de contact est aussi possible dans des élevages avec courettes extérieures, ou pour des animaux élevés en bâtiment sur litière avec un ou plusieurs pans de murs ajourés sur l'extérieur. Ces clôtures sont souvent coûteuses et difficiles à mettre en place, mais aussi à entretenir sur le long terme (Bellini *et al.*, 2016). Leur entretien est primordial, notamment lorsqu'il s'agit de systèmes électrifiés. Tout contact entre les fils et le sol diminue l'efficacité de la clôture (fuite de courant vers le sol). Un désherbage autour de la clôture est donc nécessaire mais peut rapidement être fastidieux, notamment dans les élevages biologiques où l'utilisation de désherbants de synthèse est en général interdite.

2.2. Bio-compartimentation

Le maintien d'une infection au sein d'une population peut être favorisé dans les élevages alternatifs par la présence de litière augmentant la probabilité de contact des animaux avec leurs déjections. À la différence des élevages en bâtiment sur caillebotis, les types de sol rencontrés dans ces élevages ne permettent pas toujours un drainage correct de l'urine et une évacuation suffisante des matières fécales. Le contact permanent ou répété du porc avec les excréments augmente le risque de contamination (notamment de troubles entériques), entre les porcs d'un même enclos (EFSA, 2005). Le type de sol et de bâtiment a également un impact sur la capacité à décontaminer l'environnement après le passage des animaux. Le nettoyage et la désinfection suivis du vide sanitaire représentent les éléments principaux de la bio-compartimentation. Il va sans dire que ces techniques sont difficilement applicables en élevage plein-air et restent compliquées dans les élevages sur litière où il est difficile de retirer l'ensemble des matières organiques. À cela s'ajoute le nombre limité de produits désinfectants utilisables dans les élevages biologiques, notamment en Europe.

2.3. Bilan

La biosécurité est probablement le plus grand défi pour l'élevage de porcs alternatif. Au cours des dernières décennies, de grandes épizooties sont apparues dans les exploitations agricoles conventionnelles. Toutefois, ces exploitations ont la possibilité de les contrôler, au moins à long terme, en mettant en place des mesures strictes de biosécurité internes et externes. D'une façon générale, les élevages alternatifs appliquent les mesures de biosécurité de façon moins rigoureuse, notamment les élevages plein-air, dans lesquels elles sont plus difficiles à mettre en œuvre, et pour lesquels les investissements de clôtures sont importants. Le développement des élevages de production alternatifs peut représenter une difficulté dans la lutte contre les agents pathogènes, en particulier ceux circulant dans la faune sauvage.

3. SANTE ANIMALE

La plus grande difficulté à appliquer des mesures de biosécurité et la diversité biologique du milieu dans lequel évoluent les porcs en systèmes alternatifs peuvent augmenter les probabilités d'exposition à des agents infectieux pathogènes. De plus, la conduite des animaux liée à ces systèmes d'élevage peut également être à l'origine de troubles de la santé.

3.1. Mortalités

La mortalité des porcelets dans les jours qui suivent la naissance concerne tous les élevages de porcs mais plus particulièrement

les élevages en systèmes alternatifs. En effet de nombreuses études montrent que la mortalité périnatale est plus importante dans ces types de production. Robledo *et al.* (2007) ont comparé trois systèmes pour les mise-bas. Le taux de survie des porcelets nés dans un système où les truies sont bloquées durant la lactation est nettement meilleur que ceux obtenus soit en plein-air, soit dans une case sur sol plein avec de la paille et un accès extérieur pour les porcelets. Cette mortalité intervient principalement dans les 4 premiers jours de vie du porcelet. Elle est d'autant plus élevée en production biologique que la taille de la portée est importante et que la truie est grasse et âgée (Rangstrup-Christensen *et al.*, 2018).

Les écrasements constituent de loin la première cause de mortalité avant sevrage. La surmortalité par écrasement peut en partie s'expliquer par le fait qu'il est plus difficile de surveiller les mise-bas et d'intervenir en toute sécurité lorsqu'une truie est en liberté que lorsqu'elle est bloquée (Kilbride *et al.*, 2012). Mais cela ne signifie pas pour autant que l'éleveur doit être plus présent. En effet, en système plein-air, les interventions des éleveurs lors de la mise-bas semblent avoir un effet défavorable sur les taux de mortalité avant sevrage (Berger *et al.*, 1997).

Dans une étude réalisée dans 112 élevages en Angleterre, aucune différence en termes de mortalité de porcelets n'a été mise en évidence au cours de la phase de lactation selon le mode d'élevage des truies. Cette absence de différence peut s'expliquer par des causes de mortalité différentes selon les types d'élevage : par écrasement en alternatif et pour des raisons infectieuses en bâtiment (Kilbride *et al.*, 2012). Dans cette même étude il a été constaté une réduction du risque de mort-nés dans les systèmes plein-air, liée, d'après les auteurs, à une plus grande liberté de mouvements des truies induisant des mise-bas plus rapides.

En post-sevrage et d'engraissement, les taux de mortalité semblent être moins élevés en systèmes alternatifs qu'en élevage confiné (Lahrmann *et al.*, 2004). Par contre, le taux de mortalités des truies semble plus important sur les truies élevées en plein-air, avec moins de mammites-métrites-agalactie (MMA) et de torsions ou de distensions intestinales, mais plus d'infections urogénitales, d'insuffisances cardiaques et de problèmes locomoteurs (Karg et Bilkei, 2002).

3.2. Troubles de la reproduction

Plusieurs études suggèrent que les truies élevées en plein-air présentent moins de MMA que celles élevées en bâtiment (Karg et Bilkei, 2002 ; Leeb *et al.*, 2019). Notons toutefois qu'il est probablement plus difficile pour un éleveur d'observer une MMA sur une truie élevée en plein-air.

Parmi les principaux agents infectieux auxquels les animaux ayant un accès plein-air sont plus exposés, il y a bien entendu *Brucella suis*, dont la séroprévalence est élevée chez les sangliers, notamment en Europe. Dans une étude réalisée en Croatie, 67 des 1 997 troupeaux testés ont présenté des anticorps contre la brucellose (3,3%). Parmi eux, seuls deux n'étaient pas conduits en plein-air (Cvetnić *et al.*, 2009).

Les performances de reproduction sont souvent plus faibles en élevage biologique (Brillouet *et al.*, 2010 ; Lindgren *et al.*, 2013), mais cela ne signifie pas forcément que la santé des truies est moins bonne. Les problèmes de reproduction peuvent aussi être liés au système d'élevage. On sait par exemple que des truies élevées en groupe durant la lactation ont plus de risque d'ovuler durant leur lactation (Hultén *et al.*, 1995) avec une diminution de la fertilité après le sevrage.

3.3. Maladies respiratoires

Bien que l'élevage en système ouvert semble offrir de nombreux facteurs protecteurs vis-à-vis des maladies respiratoires, notamment en raison d'une meilleure qualité de l'air, les troubles respiratoires même si moins fréquents, ne sont pas totalement absents en système alternatif (Früh *et al.*, 2018). Leeb *et al.* (2019) ont réalisé des comptages d'éternuements et de toux dans 74 élevages biologiques dans huit pays européens. Ils ont mis en évidence qu'il y avait moins de troubles respiratoires quand les animaux sont élevés avec un parcours plein-air durant toute leur vie. Mais il est plus difficile de dénombrer les toux et les éternuements en plein-air, ce qui peut induire un biais dans ces résultats. Pour limiter ce biais, il est possible d'objectiver et de comparer les lésions du système respiratoire au moment de l'abattage des animaux. D'après une étude réalisée au Danemark, la prévalence réelle des lésions respiratoires serait de 42 % en production porcine conventionnelle contre 16,5 % en production biologique (Bonde *et al.*, 2010). Dans une autre étude réalisée en Suède, 7,4 % des porcs conventionnels observés à l'abattoir présentaient des lésions de pleurésie contre seulement 1,8 % des porcs biologiques (Hansson *et al.*, 2000). Mais il existe des études discordantes, plus récentes, réalisées au Danemark, qui ne mettent pas en évidence de différence significative au niveau des lésions du système respiratoire en fonction du système d'élevage (Alban *et al.*, 2015 ; Kongsted et Sørensen, 2017). Seules les pleurésies sont plus fréquentes dans l'étude d'Alban *et al.* (2015) dans les élevages conventionnels.

3.4. Pathologie digestive

La pathologie digestive est une autre grande dominante en production porcine et concerne aussi les systèmes de production alternatifs, et notamment la production biologique (Leeb *et al.*, 2019). Mais peu d'études comparant les troubles digestifs en fonction des systèmes d'élevage existent. Leeb *et al.* (2019) observent une fréquence plus élevée de diarrhées dans les élevages biologiques lorsque les porcs ne sont pas élevés en plein-air. Toutefois, ces résultats sont à relativiser, au regard de la difficulté à observer ce type de symptômes sur des animaux à l'extérieur. Au-delà des désordres digestifs *per se*, aucune différence n'a été mise en évidence au niveau de la flore fécale, dans une étude réalisée sur des porcs en fin de période d'engraissement, selon que les animaux proviennent d'élevages conventionnels ou biologiques (Gerzova *et al.*, 2015).

L'observation de lésions digestives à l'abattoir montre qu'il y aurait plus de lésions d'entérite ou de péritonite en production biologique qu'en production conventionnelle (Bonde *et al.*, 2010). Il y aurait cependant des niveaux moins élevés de parakératose ou d'ulcération au niveau de la *pars oesophagia* dans les élevages en systèmes alternatifs (plein-air ou sur paille) que dans les élevages conventionnels (Guy *et al.*, 2002).

Au-delà du système d'élevage à proprement parler, il existe une grande variabilité d'expression des troubles digestifs entre élevages qui peut s'expliquer par des différences de gestion des facteurs de risque, comme le confort, la conduite d'élevage, l'alimentation ou l'hygiène. En l'absence de certaines matières premières, et notamment les acides aminés de synthèse, l'alimentation des porcs biologiques peut être délicate. Cela impose une attention particulière quant au choix des matières premières composant l'aliment distribué aux animaux, afin de prévenir notamment les troubles digestifs. L'hygiène tient une place primordiale dans la gestion des troubles digestifs. D'après

Vannucci *et al.* (2019), les entérites nécrotiques induites par *Lawsonia intracellularis* sont plus fréquentes dans des conditions qui facilitent le cycle oro-fécal, comme l'utilisation d'une litière de paille ou d'un sol plein.

3.5. Parasitisme

La présence de parasites internes (endoparasites) ainsi que l'intensité des infestations sont fortement influencées par le système de production. Le parasitisme interne reste une préoccupation majeure dans les systèmes alternatifs, notamment ceux avec un accès plein-air (Früh *et al.*, 2018). Ces conditions d'élevage sont en effet plus favorables au développement et à la survie des différents stades des parasites dans l'environnement (Salajpal *et al.*, 2013).

Dans une étude réalisée aux Pays-Bas dans neuf élevages conventionnels, 11 élevages biologiques et 16 élevages non biologiques avec un accès plein-air, la prévalence des infestations par les helminthes était plus importante quand les animaux étaient élevés à l'extérieur, indépendamment du statut biologique de l'élevage (Eijck et Borgsteede, 2005). La diversité des parasites reste toutefois faible. Dans cette étude, seuls trois helminthes (*Ascaris suum*, *Oesophagostomum* spp et *Trichuris suis*) et des coccidies ont été identifiés. D'autres espèces comme *Hyostrongylus rubidus*, *Metastrongylus* spp, *Strongyloïdes ransomi* ou *Stephanurus dendatus* sont moins souvent observées (Carstensen *et al.*, 2002 ;Prunier, 2010b).

La coccidiose peut être une cause importante de diarrhées chez les porcelets non sevrés de plus de 7 jours d'âge. Elle est en général due à *Cystoisospora suis*. Dans l'étude précédemment mentionnée (Eijck et Borgsteede, 2005), il y avait systématiquement plus d'oocystes présents dans les déjections des truies en système alternatif. Mais il s'agissait d'*Eimeria* spp. dont l'impact sur les animaux reste à évaluer. *Cystoisospora suis* a été isolé dans des déjections de porcelets, sans différence significative selon le système de production.

Les helminthes représentent une problématique très importante dans les élevages alternatifs. Dans l'étude néerlandaise (Eijck et Borgsteede, 2005), il n'y avait pas de différence entre les niveaux d'infestation par *Oesophagostomum* spp entre les systèmes d'élevage. Environ 25 % des élevages présentaient des Oesophagostomes, confirmant les observations d'autres études (Carstensen *et al.*, 2002 ; Prunier, 2010b). Concernant *Trichuris suis*, le niveau d'infestation était nettement supérieur (37 %) dans les élevages plein-air que dans les élevages conventionnels (11 %). *T. suis* était le deuxième endoparasite le plus souvent mis en évidence, loin derrière *Ascaris suum* isolé dans 60 % des élevages alternatifs, contre seulement 11 % des élevages conventionnels (Eijck et Borgsteede, 2005). Lors de sa migration larvaire, *A. suum* traverse le foie, ce qui entraine la formation de taches blanches (*milk spots*) facilement observables à l'abattoir si la migration s'est produite dans le mois précédent l'abattage des animaux. De nombreuses études ont comparé les niveaux de prévalence de foies présentant des « *milk spots* » selon le système d'élevage. Dans quasiment toutes les études la fréquence de foies atteints est plus élevée quand les porcs proviennent de systèmes d'élevage avec un accès plein-air (Alban *et al*, 2015 ; Kongsted et Sørensen, 2017). Une étude britannique a en outre montré que la présence de litière sur sol plein (de la paille par exemple) représentait un facteur de risque (Odds ratio (OR)=1,5 [1,26 ; 1,85]$_{95\,\%}$) d'une prévalence élevée de « *milk spots* » (Sanchez-Vazquez *et al.*, 2010).

Le contrôle des parasitoses est fondé sur la rupture du cycle de vie du parasite, ce qui est compliqué dans les élevages alternatifs de par la nature de l'environnement. Lindgren *et al.* (2019) ont mis en évidence des œufs d'*A. suum* et de *T. suis* dans respectivement 79 % et 57 % des 28 prélèvements de sol effectués dans des élevages biologiques en Suède. Les élevages hébergeant des porcs en plein-air depuis longtemps semblent plus infestés, en lien probablement avec la résistance des œufs, notamment d'*A. suum* qui peuvent rester viables jusqu'à 10 ans dans l'environnement (Roepstorff et Nansen, 1994).

Les principaux ectoparasites (externes) chez le porc sont la gale (*Sarcoptes scabiei* var. *suis*) et les poux (*Haematopinus suis*), même si des puces ou des tiques peuvent aussi être détectées, notamment chez les porcs ayant accès à des pâturages extensifs ou aux bois (Salajpal *et al.*, 2013). Dans une enquête réalisée dans 110 élevages allemands, respectivement 2,5 % et 19,1 % des truies observées étaient infestées par *Haematopinus suis* et *Sarcoptes scabiei* var. *suis* (Damriyasa *et al.*, 2004). Les auteurs ont observé que les truies logées sur paille en maternité avaient significativement plus de risque d'être infestées par *S. scabiei* (OR=15,0 [2,9 ; 77,6]$_{95\,\%}$) que les truies non logées sur paille. Pour *H. suis*, c'est l'accès des truies au plein air qui constituait un important facteur de risque (OR=12,7 [4,0 ; 40,7]$_{95\,\%}$).

3.6. Pathologie cutanée

Au-delà des lésions induites par les bagarres (griffures, blessures) ou des parasitoses, les troubles cutanés sur les porcs élevés en production biologique semblent rares (Brillouet *et al.*, 2010). Toutefois, dans l'étude de Kongsted et Sørensen (2017) réalisée à l'abattoir, les porcs ayant un accès plein-air présentaient trois fois plus de lésions cutanées que les porcs issus d'élevage conventionnels. Cependant il n'y a pas de différenciation dans cette étude du type de lésions, constituées principalement de blessures, dermatites, eczéma et piqûres d'insectes. Il parait toutefois probable que certaines lésions, comme les coups de soleil, soient plus importantes sur les animaux élevés à l'extérieur.

3.7. Troubles locomoteurs

Les troubles locomoteurs, objectivés en premier lieu par la présence de boiteries sur les animaux, sont des affections souvent observées en élevages, notamment en production biologique (Früh *et al.*, 2018). Elles touchent tous les stades, y compris les reproducteurs. Plusieurs études montrent que les truies élevées dans des systèmes alternatifs présentent moins de risque de boiteries. Dans l'étude de Knage-Rasmussen *et al.* (2014), 24,4 % des truies conventionnelles présentaient une boiterie, contre seulement 5,4 % des truies biologiques, avec toutefois un effet saison (plus de boiteries en été et en automne). La qualité du sol semble avoir une importance. Leeb *et al.* (2019) ont observé moins de boiteries lorsque les truies ne sont pas élevées en bâtiment, en lien, d'après les auteurs, avec un revêtement plus souple, une exposition moindre au fumier et une activité accrue. Un sol sur caillebotis béton est un facteur de risque important de boiterie par rapport à un sol sur paille (OR = 9,9 [4,4 ; 34,5]$_{95\,\%}$) (Cador *et al.*, 2014).

Des observations menées à l'abattoir montrent que les arthrites seraient plus fréquentes lorsque les animaux sont élevés en plein-air (Alban *et al.*, 2015 ; Kongsted et Sørensen, 2017). Une des explications serait la difficulté de traiter les animaux malades dans ces systèmes de production. Dans une étude réalisée à l'abattoir, la fréquence d'arthrites était plus élevée sur les porcs biologiques que non biologiques (respectivement

1,5 % et 0,4 %) (Hansson *et al.*, 2000). Une moins bonne gestion d'*Erysipelothrix rhusiopathiae* dans les élevages biologiques, et un plus faible taux de vaccination des animaux sont parmi les hypothèses explicatives avancées par les auteurs. Il existe probablement d'autres facteurs intrinsèques à l'élevage plein-air non identifiés.

3.8. Anémie et supplémentation en fer

Le porcelet nait naturellement avec peu de réserves en fer. En élevage conventionnel, pour pallier ce manque, l'administration de fer par voie intra-musculaire ou par voie orale est quasi systématique. Or elle est rarement réalisée en production plein-air ou biologique. Il est souvent convenu que les porcelets nés en plein-air ingèrent suffisamment de fer du sol et n'ont pas besoin de supplémentation (Kleinbeck et McGlone, 1999). Cependant plusieurs études montrent que la supplémentation en fer pourrait tout de même être utile, voire indispensable sur des animaux nés en plein-air. Szako et Bilkei (2002) ont montré que les porcelets nés en plein-air ayant été supplémentés avaient une hémoglobinémie plus élevée au sevrage, un taux de morbidité et de mortalité avant sevrage plus faible et un poids de sevrage plus important que les animaux non supplémentés. Plus récemment, Heidbüchel *et al.* (2019) ont montré qu'un second apport en fer vers 2 semaines d'âge pouvait même être utile sur des porcelets biologiques sevrés vers 42 jours d'âge, pour assurer un apport en fer suffisant et de meilleures croissances des porcelets jusqu'au sevrage. Il faut donc sans doute nuancer et dire que le risque d'anémie est faible dans les élevages plein-air où le sol apporte du fer dans sa composition intrinsèque (Brillouet *et al.*, 2010).

3.9. Immunité

Des différences semblent exister sur le plan immunitaire selon que les animaux sont élevés en plein-air ou non. En effet, Kleinbeck *et al.* (1999) ont montré que les porcs élevés à l'extérieur présentaient d'une part une numération leucocytaire, des niveaux de lymphocytes et une réponse des cellules Natural Killer plus faibles, et d'autre part des niveaux de neutrophiles plus élevés que les porcs n'ayant pas accès à l'extérieur. Millet *et al.* (2005) ont quant à eux montré des différences de réponses immunitaires suite à des injections de thyroglobuline bovine selon que les porcs sont élevés en bâtiment ou avec un accès plein-air, en raison, d'après les auteurs, des différences de pression d'infection, des différences environnementales et des niveaux de stress.

L'exposition à certains composés toxiques peut affecter les capacités de défenses immunitaires des animaux. Certaines mycotoxines, comme le déoxynivalénol ou les fumonisines par exemple, ont un impact négatif sur le système immunitaire des porcs, avec une susceptibilité accrue aux maladies infectieuses et une diminution de l'efficacité des vaccins. Or les élevages biologiques ne pouvant pas utiliser de produits fongicides dans leurs cultures, des niveaux plus élevés de mycotoxines pourraient être présents dans les céréales. C'est notamment ce qui a été montré dans une étude française, avec des niveaux de contamination plus importants par le déoxynivalénol dans le blé biologique que dans le blé conventionnel (Malmauret *et al.*, 2002). En outre, la fourniture de paille induit également un risque d'exposition aux mycotoxines, celles produites par *Fusarium* en particulier (EFSA, 2005).

3.10. Traitements et prévention

L'intégrité et l'efficacité du système immunitaire sont d'autant plus importantes à considérer en production biologique que les possibilités de traitement en cas d'infections sont limitées. L'utilisation de traitements allopathiques de synthèse, et notamment des antibiotiques et des anthelminthiques, est autorisée mais seulement de façon limitée. À cela s'ajoute que les éleveurs en production biologique seraient moins susceptibles d'appeler un vétérinaire pour traiter des problèmes de santé que leurs homologues conventionnels (Sutherland *et al.*, 2013). La difficulté de traiter les animaux en plein-air pourrait par ailleurs expliquer, au moins partiellement, les prévalences plus élevées de nombreuses lésions observées dans les élevages en plein-air, qu'ils soient biologiques ou non, comparativement aux élevages conventionnels (Alban *et al.*, 2015 ;Kongsted et Sørensen, 2017).

3.11. Bilan

L'accès à l'extérieur surexpose les animaux aux maladies véhiculées par la faune sauvage, en particulier par le sanglier, et à des agents pathogènes qui sont presque impossibles à contrôler dans ces conditions. Contrairement au système d'élevage conventionnel où il est possible pour la plupart des agents infectieux d'assainir l'environnement, cette démarche est beaucoup plus compliquée dans les systèmes sur paille et presque impossible à l'extérieur. Cela explique, au moins en partie, pourquoi le parasitisme est si difficile à gérer dans ces systèmes d'élevage. La difficulté pratique de traiter les animaux malades en plein-air est un autre problème, qui contribue notamment à l'augmentation de la pression d'infection dans les parcs. Toutefois, la densité plus faible des animaux dans ce type de production permet de limiter cette potentielle augmentation de la pression d'infection. Les porcs élevés dans ces systèmes d'élevage semblent être moins sensibles aux maladies respiratoires, en raison d'une exposition plus faible aux facteurs de risque liés à la claustration. Le confort apporté aux animaux, en particulier aux reproducteurs, contribue à limiter les troubles locomoteurs, mais la gestion des écrasements de porcelets dans les jours suivants les mise-bas constitue un véritable défi pour les élevages alternatifs. Ces points faibles ne sont cependant pas inévitables ; avec des plans de déparasitage appropriés et la mise en place de mesures de biosécurité adaptées, les élevages alternatifs sont à même d'élever leurs animaux dans de bonnes conditions sanitaires.

4. SANTÉ PUBLIQUE VÉTÉRINAIRE

Les zoonoses d'origine alimentaire sont des maladies infectieuses d'importances sanitaire et économique majeures. Les porcs représentent un réservoir de nombreux agents pathogènes bactériens, viraux ou parasitaires (Salajpal *et al.*, 2013). La présence d'agents pathogènes zoonotiques, de leurs réservoirs ou de leurs vecteurs à proximité ou dans l'environnement direct des porcs, peut être à l'origine de niveaux de prévalence élevés de ces agents infectieux dans les élevages alternatifs.

4.1. Contaminations bactériennes

La campylobactériose est la zoonose la plus fréquemment signalée en Europe en 2018. Le porc ne constitue toutefois pas la principale source de contamination pour les hommes. Les toxi-infections humaines sont principalement causées par *Campylobacter jejuni* alors que *C. coli* est l'espèce plus fréquente chez le porc. Il n'y aurait pas de différence

significative de portage de *C. coli* selon que les animaux sont issus ou pas d'un élevage biologique (Kempf *et al.*, 2017). Par contre, en ce qui concerne *Listeria monocytogenes*, une étude finlandaise a montré que la prévalence de la bactérie était significativement plus élevée pour les porcs biologiques que pour les porcs conventionnels (Hellström *et al.*, 2010). Les auteurs expliquent que *L. monocytogenes* étant une bactérie commune dans l'environnement, les parcours extérieurs peuvent être une source de contamination. À noter toutefois que la différence entre porcs biologiques et porcs conventionnels disparait lorsque l'analyse porte sur la contamination des carcasses des animaux. La contamination de la viande de porc par *L. monocytogenes* est principalement une problématique d'abattoir. Les niveaux de contamination de la viande de porc par *L. monocytogenes* sont globalement faibles et à l'origine de peu de zoonoses alimentaires, à la différence de *Yersinia enterocolitica*. Plusieurs études ont montré que la prévalence de *Y. enterocolitica* dans les exploitations conventionnelles était plus élevée que dans les exploitations alternatives. Le système de production biologique était l'un des facteurs de protection les plus importants pour la contamination par *Y. enterocolitica* dans l'étude de Virtanen *et al.* (2011). Mais d'autres études donnent des résultats sensiblement différents : la paille utilisée comme litière pour les porcs charcutiers représenterait un facteur de risque de séropositivité vis-à-vis de *Y. enterocolitica* (Skjerve *et al.*, 1998).

La salmonellose est la deuxième cause la plus fréquente de toxi-infection alimentaire bactérienne chez l'homme. La viande de porcs était responsable de 5,4 % des cas de toxi-infection alimentaire par *Salmonella* spp. en 2018 en Europe (EFSA et ECDC, 2019). De nombreuses mesures au niveau des élevages peuvent réduire la prévalence de *Salmonella* spp. et par conséquent les risques de contamination croisée des carcasses à l'abattoir. Mais au regard de la complexité de l'épidémiologie des salmonelles, il n'est pas toujours simple de définir la part du système d'élevage dans la maitrise de la bactérie, et les résultats sont parfois contradictoires. Par exemple Zheng *et al.* (2007) n'ont pas mis en évidence de différence entre les niveaux de séropositivité obtenus sur jus de viande, entre les élevages danois biologiques, conventionnels, ou non biologiques mais disposant d'un accès extérieur pour les animaux. Mais la plupart des études tendent au contraire à montrer que les systèmes alternatifs biologiques et/ou plein-air, représentent un facteur de risque d'infection par *Salmonella* spp (Gebreyes *et al.*, 2008). Après sérotypage par PCR, Tamang *et al.* (2015) ont en outre montré une plus grande diversité des sérovars isolés en élevages biologiques, *Salmonella* Typhimurium étant toutefois plus souvent isolée dans les élevages conventionnels.

Le type de sol semble avoir une grande importance, le contact permanent et répété du porc avec des excréments augmentant le risque de contamination oro-fécale et d'infections par les salmonelles (EFSA, 2005). Jensen *et al.* (2006) ont montré que les salmonelles pouvaient persister dans l'environnement et notamment dans les parcs plein-air. *Salmonella* a pu être isolée dans des échantillons de sol jusqu'à 5 semaines après le départ d'animaux contaminés. L'introduction de porcs indemnes dans ces parcs a conduit à la contamination d'une partie d'entre eux. Les bauges dans lesquels les animaux se vautrent peuvent aussi représenter une source de contamination des porcs en plein-air et de persistance de la bactérie dans l'environnement. Enfin les oiseaux contribuent aussi à la persistance de la bactérie dans les parcs plein-air, comme l'ont montré De Lucia *et al.* (2018) dans une étude où à la fois des fientes d'oiseaux, des fèces de porcs et des échantillons environnementaux (sols, flaques d'eau et matériels agricoles) ont été analysés. Il est intéressant de noter que des prélèvements environnementaux étaient positifs, y compris dans un parc qui n'avait pas été occupé par des porcs depuis plus de deux ans.

4.2. Contaminations parasitaires

Les changements de méthodes de production vers des systèmes fermés ont permis la quasi élimination du risque *Taenia solium*, *Trichinella spiralis* et *Toxoplasma gondii* dans la viande des porcs issus d'élevages conventionnels. L'amélioration des pratiques d'élevage, l'inspection des viandes, l'éducation des consommateurs et les soins médicaux ont notamment permis de réduire de façon très importante l'incidence et l'impact sanitaire de la trichinellose chez l'homme. Toutefois, la viande de porcs reste la cause de nombreux foyers, principalement en Europe de l'Est et en Argentine, où l'élevage traditionnel de « basse-cour » est encore très présent (Murrell, 2016). De nombreuses espèces de mammifères sont sensibles à *T. spiralis*, comme par exemple le renard, le rat, les petits rongeurs ou encore le sanglier. Les porcs s'infestent principalement par voie buccale, par ingestion de larves se trouvant dans des muscles d'animaux parasités. Il parait donc inévitable que les porcs ayant un accès à l'extérieur soient plus exposés au risque d'infection par *T. spiralis* en étant plus fréquemment et intensément au contact avec les réservoirs. Ce risque semble toutefois faible vu les niveaux de prévalence ou de séroprévalence estimés dans de nombreuses études. Mais les prévalences de *T. spiralis* y sont significativement plus élevées dans les élevages où les porcs avaient eu un accès à un parcours plein-air (Van der Giessen *et al.*, 2007 ; Gebreyes *et al.*, 2008).

T. gondii est un protozoaire très répandu qui affecte les animaux et les humains. L'une des principales voies d'infection humaine est la consommation de viande crue ou insuffisamment cuite, issue de certaines espèces animales, dont le porc. Le porc peut être infecté par *T. gondii* par l'ingestion d'aliments ou d'eau contaminés par des oocystes sporulés, par la consommation de kystes contenus dans les tissus d'animaux infectés tels que les rongeurs, les oiseaux et d'autres porcs, ou de manière congénitale. Comme pour *T. spiralis*, de nombreuses études montrent d'une part que la prévalence de *T. gondii* chez les porcs en élevages confinés est faible, et d'autre part que l'accès à un parcours plein-air constitue un facteur de risque important pour ces animaux. Dans une étude réalisée aux Pays-Bas (Van der Giessen *et al.*, 2007), le risque de détection des anticorps de *T. gondii* dans un élevage avec un parcours plein-air était près de 16 fois plus élevé que dans un élevage en bâtiment, analyse confirmée plus récemment par une étude française dans laquelle les porcs élevés en plein-air avaient 3,6 fois plus de risque d'être séropositifs (Djokic *et al.*, 2016). L'accès aux installations extérieures peut favoriser le contact avec des chats et/ou des rongeurs, augmentant la probabilité d'ingestion d'oocystes et de kystes tissulaires par les porcs.

4.3. Virus de l'hépatite E

La fréquence des cas sporadiques d'hépatite E chez l'homme a augmenté ces dernières années dans les pays développés. La consommation de produits à base de foies de porcs crus ou insuffisamment cuits a été identifiée comme une source importante d'infections humaines. Or les niveaux de séroprévalence dans les élevages de porcs peuvent être très élevés. Une étude a récemment montré que la séroprévalence en Corse était de 85,4 % sur les porcs domestiques qui sont

élevés majoritairement dans des conditions extensives (Charrier *et al.*, 2018). Il a en outre été montré que les porcs élevés en liberté ou dans des parcs clôturés, présentaient des niveaux de séroprévalence beaucoup plus élevés que les porcs élevés en conditions confinées intensives (OR=10,1 [2,6 ; 38,8]$_{95\,\%}$). Dans une étude néerlandaise, la séroprévalence dans les élevages biologiques était significativement plus élevée (89 %) que dans les élevages conventionnels (76 %) (Rutjes *et al.*, 2014). Cette différence pourrait être due aux conditions de logement permettant une plus grande exposition des animaux au fumier, augmentant ainsi les possibilités de transmission du virus (Rutjes *et al.*, 2014).

4.4. Antibiotiques et antibiorésistance

La consommation de médicaments chimiques de synthèse est plus faible dans les systèmes de production en plein-air (Edwards, 2005). Dans les élevages biologiques notamment, l'utilisation de médicaments et d'antibiotiques est limitée et constitue une des exigences des cahiers des charges. Par exemple au Danemark l'utilisation d'antibiotiques était, en 2016, 10 fois plus faible en post-sevrage et en engraissement dans les élevages biologiques que dans les élevages conventionnels (Kruse *et al.*, 2019). De plus, selon le cahier des charges de l'Agriculture Biologique européen, le délai d'attente entre la dernière administration d'un médicament allopathique et l'abattage de l'animal traité est doublé par rapport au délai d'attente légal. Le risque de persistance de résidus de ces traitements dans les produits issus de ces animaux est donc extrêmement faible. Dans une étude néerlandaise, aucun résidu d'antibiotique n'a été détecté dans des échantillons de reins et de viande prélevés à l'abattoir sur des porcs biologiques (Hoogenboom *et al.*, 2008). En outre, quasiment toutes les études montrent que la prévalence de bactéries résistantes aux antibiotiques est inférieure dans les élevages biologiques, en lien probable avec une moindre utilisation des anti-infectieux de synthèse (Hoogenboom *et al.*, 2008 ; Tamang *et al.*, 2015).

4.5. Bilan

Même si la moindre utilisation des traitements allopathiques chimiques, et notamment des antibiotiques, permet de limiter le risque de contamination humaine par des résidus ou d'antibiorésistance à travers la consommation de viande de porcs issus d'élevages alternatifs, la prévalence plus élevée de plusieurs agents pathogènes zoonotiques dans ces élevages représente un risque à la fois pour le consommateur, mais aussi pour l'image des filières alternatives. À l'exception de *Yersinia enterocolitica*, qui semble être moins répandue dans les élevages biologiques, l'accès à un parcours plein-air est un facteur de risque pour les porcs d'être infectés par des agents pathogènes zoonotiques d'origine alimentaire. La difficulté d'assainir l'environnement, en particulier le sol à l'extérieur, augmente le risque de contamination des porcs élevés en plein-air par ces agents pathogènes. En outre, les porcs élevés en plein-air sont plus facilement en contact avec des vecteurs ou des réservoirs de ces agents infectieux, tels que les oiseaux, les rats, les renards ou les sangliers.

CONCLUSION

Il est difficile de définir un système d'élevage alternatif unique, tellement ils sont variés, allant de l'élevage sur paille jusqu'à l'élevage sylvopastoral, en passant par l'élevage biologique ou l'élevage plein-air. Ils ont tous en commun de se différencier de l'élevage conventionnel, en claustration sur caillebotis, et de bénéficier d'une image sociétale très positive. Ces élevages présentent de réels atouts. Mais ils doivent aussi relever des défis majeurs. La maitrise de la biosécurité est sans nul doute le plus important, et un des plus difficiles, pour éviter les contaminations des élevages, qui ont un impact sur la santé des animaux mais aussi sur la sécurité sanitaire des viandes produites. Des efforts sont aussi à faire paradoxalement sur le bien-être des animaux, alors que le consommateur plébiscite ces systèmes notamment pour cette raison.

Tous ces éléments sont à réfléchir dans leur ensemble, et malgré la richesse de la littérature, peu d'études abordent l'élevage alternatif dans sa globalité. Pour assurer la durabilité de ces élevages, il est encore nécessaire de produire des connaissances pour mieux cerner leurs atouts et leurs limites, le respect des bonnes pratiques et le savoir-faire des éleveurs étant bien-entendu au cœur de la réussite de ces élevages.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alban L., Petersen J.V., Busch M.E., 2015. A comparison between lesions found during meat inspection of finishing pigs raised under organic/free-range conditions and conventional, indoor conditions. Porcine Health Manag, 1, 4.
- Álvarez J., Castellanos E., Romero B., Aranaz A., Bezos J., Rodríguez S., Mateos A., Domínguez L., Juan L.D., 2011. Epidemiological investigation of a *Mycobacterium avium* subsp. *hominissuis* outbreak in swine. Epidemiol. Infect., 139, 143-148.
- Anses, 2018a. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à « Évaluation des mesures de prévention et de gestion mises en place afin de prévenir et maîtriser le risque de diffusion de la PPA sur le territoire national français».
- Anses, 2018b. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif au «Bien-être animal: Contexte, définition et évaluation ».
- Arey D.S., 1993. The Effect of Bedding on the Behaviour and Welfare of Pigs. Anim. Welf., 2, 235-246.
- Bellini S., Rutili D., Guberti V., 2016. Preventive measures aimed at minimizing the risk of African swine fever virus spread in pig farming systems. Acta Vet. Scand., 58, 82.
- Berger F., Dagom J., Le Denmat M., Quillien J., Vaudelet J., Signoret J., 1997. Perinatal losses in outdoor pig breeding. A survey of factors influencing piglet mortality. Ann. Zootech., 46, 321-329.
- Blumetto Velazco O.R., Calvet Sanz S., Estellés Barber F., Villagrá García A., 2013. Comparison of extensive and intensive pig production systems in Uruguay in terms of ethologic, physiologic and meat quality parameters. Braz. J. Anim. Sci., 42, 521-529.
- Bonde M., Toft N., Thomsen P.T., Sørensen J.T., 2010. Evaluation of sensitivity and specificity of routine meat inspection of Danish slaughter pigs using Latent Class Analysis. Prev. Vet. Med., 94, 165-169.
- Brillouet A., Calvar C., Maupertuis F., Prunier A., Gueguen K., 2010. Santé et bien-être des porcs biologiques en Europe : État des connaissances. In Prévention de la santé des porcs en élevages biologiques, 9-31. Rennes, France.
- Cador C., Pol F., Hamoniaux M., Dorenlor V., Eveno E., Guyomarc'h C., Rose N., 2014. Risk factors associated with leg disorders of gestating sows in different group-housing systems: a cross-sectional study in 108 farrow-to-finish farms in France. Prev. Vet. Med., 116, 102-110.
- Carstensen L., Vaarst M., Roepstorff A., 2002. Helminth infections in Danish organic swine herds. Vet. Parasitol., 106, 253-264.

- Charrier F., Rossi S., Jori F., Maestrini O., Richomme C., Casabianca F., Ducrot C., Jouve J., Pavio N., Le Potier M.-F., 2018. Aujeszky's Disease and Hepatitis E Viruses Transmission between Domestic Pigs and Wild Boars in Corsica: Evaluating the Importance of Wild/Domestic Interactions and the Efficacy of Management Measures. Front. Vet. Sci., 5, 1.
- Courboulay V., Delarue E., Eugene A., 2008. Evaluation du bien-être des porcs : comparaison d'élevages sur litière ou sur caillebotis. Journée Rech. Porcine, 40, 243-250.
- Cvetnić Z., Spicić S., Toncić J., Majnarić D., Benić M., Albert D., Thiébaud M., Garin-Bastuji B., 2009. *Brucella suis* infection in domestic pigs and wild boar in Croatia. Rev. Sci. Tech. OIE, 28, 1057-1067.
- Damriyasa I.M., Failing K., Volmer R., Zahner H., Bauer C., 2004. Prevalence, risk factors and economic importance of infestations with S*arcoptes scabiei* and *Haematopinus suis* in sows of pig breeding farms in Hesse, Germany. Med. Vet. Entomol., 18, 361-367.
- De Lucia A., Rabie A., Smith R.P., Davies R., Ostanello F., Ajayi D., Petrovska L., Martelli F., 2018. Role of wild birds and environmental contamination in the epidemiology of *Salmonella* infection in an outdoor pig farm. Vet. Microbiol., 227, 148-154.
- D'Eath R.B., Turner S.P., 2009. The natural behavior of the pig. In The welfare of Pig, 13-45. Marchant-Forde, Jeremy N. (Ed.).
- Dippel S., Leeb C., Bochicchio D., Bonde M., Dietze K., Gunnarsson S., Lindgren K., Sundrum A., Wiberg S., Winckler C., Prunier A., 2013. Health and welfare of organic pigs in Europe assessed with animal-based parameters. Org. Agr., 4, 149-161.
- Djokic V., Blaga R., Aubert D., Durand B., Perret C., Geers R., Ducry T., Vallee I., Djakovic O.D., Mzabi A., Villena I., Boireau P., 2016. *Toxoplasma gondii* infection in pork produced in France. Parasitology, 143, 557-567.
- Ducreux E., Aloui B., Robin P., Dourmad J.-Y., Courboulay V., Meunier-Salaün M.-C., 2002. Les porcs affichent leurs préférences vis-à-vis du type de sol en fonction de la température ambiante. Journée Rech. Porcine, 34, 211-216.
- Edwards S.A., 2005. Product quality attributes associated with outdoor pig production. Livest. Prod. Sci., 94, 5-14.
- Edwards S.A., Smith W.J., Fordyce C., MacMenemy F., 1994. An analysis of the causes of piglet mortality in a breeding herd kept outdoors. Vet. Rec., 135, 324-327.
- EFSA, 2005. Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) on a request from the Commission related to welfare of weaners and rearing pigs: effects of different space allowances and floor. EFSA J., 3, 1-129.
- EFSA and ECDC, 2019. The European Union One Health 2018 Zoonoses Report. EFSA J., 17, e05926.
- Eijck I.A.J.M., Borgsteede F.H.M., 2005. A Survey of Gastrointestinal Pig Parasites on Free-range, Organic and Conventional Pig Farms in The Netherlands. Vet. Res. Commun., 29, 407-414.
- Früh B., Bochicchio D., Edwards S., Hegelund L., Leeb C., Sundrum A., Werne S., Wiberg S., Prunier A., 2018. Description of organic pig production in Europe. Org. Agr., 4, 149-161.
- Gebreyes W.A., Bahnson P.B., Funk J.A., McKean J., Patchanee P., 2008. Seroprevalence of *Trichinella*, *Toxoplasma*, and *Salmonella* in Antimicrobial-Free and Conventional Swine Production Systems. Foodborne Path. Dis., 5, 199-203.
- Gerzova L., Babak V., Sedlar K., Faldynova M., Videnska P., Cejkova D., Jensen A.N., Denis M., Kerouanton A., Ricci A., Cibin V., Österberg J., Rychlik I., 2015. Characterization of Antibiotic Resistance Gene Abundance and Microbiota Composition in Feces of Organic and Conventional Pigs from Four EU Countries. PLoS One, 10.
- Guy J.H., Rowlinson P., Chadwick J.P., Ellis M., 2002. Health conditions of two genotypes of growing-finishing pig in three different housing systems: Implications for welfare. Livest. Prod. Sci., 75, 233-243.
- Hansson I., Hamilton C., Ekman T., Forslund K., 2000. Carcass Quality in Certified Organic Production Compared with Conventional Livestock Production. J. Vet. Med. B, 47, 111-120.
- Heidbüchel K., Raabe J., Baldinger L., Hagmüller W., Bussemas R., 2019. One Iron Injection Is Not Enough-Iron Status and Growth of Suckling Piglets on an Organic Farm. Animals (Basel), 9.
- Hellström S., Laukkanen R., Siekkinen K.-M., Ranta J., Maijala R., Korkeala H., 2010. *Listeria monocytogenes* contamination in pork can originate from farms. J. Food Prot., 73, 641-648.
- Hemsworth P.H., 2003. Human–animal interactions in livestock production. Appl. Anim. Behav. Sci., 81, 185-198.
- Honeyman M.S., 2005. Extensive bedded indoor and outdoor pig production systems in USA: current trends and effects on animal care and product quality. Livest. Prod. Sci., 94, 15-24.
- Hoogenboom L.A.P., Bokhorst J.G., Northolt M.D., Vijver L.P.L. van de, Broex N.J.G., Mevius D.J., Meijs J.A.C., Roest J.V., 2008. Contaminants and microorganisms in Dutch organic food products: a comparison with conventional products. Food Additives & Contaminants, 25, 1195-1207.
- Hötzel M.J., Filho L.C.P.M., Irgang R., Filho L.A., 2010. Short-term behavioural effects of weaning age in outdoor-reared piglets. Animal, 4, 102-107.
- Hötzel M.J., Pinheiro Machado F° L.C., Wolf F.M., Costa O.A.D., 2004. Behaviour of sows and piglets reared in intensive outdoor or indoor systems. Appl. Anim. Behav. Sci., 86, 27-39.
- Hultén F., Dalin A.-M., Lundeheim N., Einarsson S., 1995. Ovulation frequency among sows group-housed during late lactation. Anim. Reprod. Sci., 39, 223-233.
- Jensen A.N., Dalsgaard A., Stockmarr A., Nielsen E.M., Baggesen D.L., 2006. Survival and Transmission of *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium in an Outdoor Organic Pig Farming Environment. Appl. Environ. Microbiol., 72, 1833-1842.
- Johnson A.K., Morrow-Tesch J.L., McGlone J.J., 2001. Behavior and performance of lactating sows and piglets reared indoors or outdoors. J. Anim. Sci., 79, 2571-2579.
- Karg H., Bilkei G., 2002. Causes of sow mortality in Hungarian indoor and outdoor pig production units. Berliner und Munchener Tierarztliche Wochenschrift, 115, 366–368.
- Kempf I., Kerouanton A., Bougeard S., Nagard B., Rose V., Mourand G., Osterberg J., Denis M., Bengtsson B.O., 2017. Campylobacter coli in Organic and Conventional Pig Production in France and Sweden: Prevalence and Antimicrobial Resistance. Front. Microbiol., 8.
- Kilbride A.L., Mendl M., Statham P., Held S., Harris M., Cooper S., Green L.E., 2012. A cohort study of preweaning piglet mortality and farrowing accommodation on 112 commercial pig farms in England. Prev. Vet. Med., 104, 281-291.
- Kleinbeck S.N., McGlone J.J., 1999. Intensive indoor versus outdoor swine production systems: genotype and supplemental iron effects on blood hemoglobin and selected immune measures in young pigs. J. Anim. Sci., 77, 2384-2390.
- Knage-Rasmussen K.M., Houe H., Rousing T., Sørensen J.T., 2014. Herd- and sow-related risk factors for lameness in organic and conventional sow herds. Animal, 8, 121-127.
- Kongsted H., Sørensen J.T., 2017. Lesions found at routine meat inspection on finishing pigs are associated with production system. Vet. J., 223, 21-26.
- Kruse A.B., Kristensen C.S., Lavlund U., Stege H., 2019. Antimicrobial prescription data in Danish national database validated against treatment records in organic pig farms and analysed for associations with lesions found at slaughter. BMC Vet Res, 15.
- Lahrmann H.K., Bremermann N., Kaufmann O., Dahms S., 2004. Health, growing performance and meat quality of pigs in indoor and outdoor housing -a controlled field trial. DTW. Dtsch. Tierarztl. Wochenschr., 111, 205-208.
- Leeb C., Rudolph G., Bochicchio D., Edwards S., Früh B., Holinger M., Holmes D., Illmann G., Knop D., Prunier A., Rousing T., Winckler C., Dippel

S., 2019. Effects of three husbandry systems on health, welfare and productivity of organic pigs. Animal, 13, 2025-2033.
- Leirs H., Lodal J., Knorr M., 2004. Factors correlated with the presence of rodents on outdoor pig farms in Denmark and suggestions for management strategies. NJAS Wagen. J. Life Sci., 52, 145-161.
- Lindgren K., Gunnarsson S., Höglund J., Lindahl C., Roepstorff A., 2019. Nematode parasite eggs in pasture soils and pigs on organic farms in Sweden. Org. Agr.
- Lindgren Y., Lundeheim N., Boqvist S., Magnusson U., 2013. Reproductive performance in pigs reared under organic conditions compared with conventionally reared pigs. Acta Vet. Scand., 55, 33.
- Malmauret L., Parent-Massin D., Hardy J.-L., Verger P., 2002. Contaminants in organic and conventional foodstuffs in France. Food Addit. Contam., 19, 524-532.
- Millet S., Cox E., Buyse J., Goddeeris B.M., Janssens G.P.J., 2005. Immunocompetence of fattening pigs fed organic versus conventional diets in organic versus conventional housing. Vet. J., 169, 293-299.
- Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2018. Arrêté du 16 octobre 2018 relatif aux mesures de biosécurité applicables dans les exploitations détenant des suidés dans le cadre de la prévention de la peste porcine africaine et des autres dangers sanitaires réglementés.
- Mormede P., Foury A., Meunier-Salaün M.-C., 2006. Bien-être du porc : le point de vue de l'animal, approches biologiques et comportementales. Bul. de l'Ac. Vét. de France, 191.
- Murrell K.D., 2016. The dynamics of *Trichinella spiralis* epidemiology: Out to pasture? Vet. Parasitol., 231, 92-96.
- Pandolfi F., Kyriazakis I., Stoddart K., Wainwright N., Edwards S.A., 2017. The "Real Welfare" scheme: Identification of risk and protective factors for welfare outcomes in commercial pig farms in the UK. Prev. Vet. Med., 146, 34-43.
- Prunier A., 2010a. Caractéristiques des élevages enquêtés dans le projet Corepig. In Prévention de la santé des porcs en élevages biologiques, 32-44. Rennes, France.
- Prunier A., 2010b. Évaluation de la situation du parasitisme dans les élevages porcins biologiques. In Prévention de la santé des porcs en élevages biologiques, 45-54. Rennes, France.
- Prunier A., Lubac S., Mejer H., Roepstorff A., Edwards S., 2014. Health, welfare and production problems in organic suckling piglets. Org. Agr., 4, 107-121.
- Rangstrup-Christensen L., Krogh M.A., Pedersen L.J., Sørensen J.T., 2018. Sow level risk factors for early piglet mortality and crushing in organic outdoor production. Animal, 12, 810-818.
- Robledo J., Vargas J.D., González F., Prieto L., Andradas J.A., Aparicio M.A., 2007. Animal welfare and production in the Iberian Pig. In : Nanni Costa L.,Zambonelli P., Russo V. Eds, L. Nanni Costa: Bologna, Italy (Eds), 6th International Symposium on the Mediterranean Pig, 146-152. Messina - Capo d'Orlando (ME), Italy.
- Roepstorff A., Nansen P., 1994. Epidemiology and control of helminth infections in pigs under intensive and non-intensive production systems. Vet. Parasitol., 54, 69-85.
- Roman A.V., Lukesova D., Novak P., Zizlavsky M., 2006. Biosecurity in pig breeding herds. Agric. Trop. Subtrop., 39, 119-124.
- Rutjes S.A., Bouwknegt M., van der Giessen J.W., de Roda Husman A.M., Reusken C.B.E.M., 2014. Seroprevalence of Hepatitis E Virus in Pigs from Different Farming Systems in The Netherlands. J. Food Prot., 77, 640-642.
- Salajpal K., Karolyi D., Luković Z., 2013. Sanitary aspects of outdoor farming systems. In Acta argiculturae Slovenica, 109-117. Slovenia, Ljubljana.
- Sanchez-Vazquez M.J., Smith R.P., Kang S., Lewis F., Nielen M., Gunn G.J., Edwards S.A., 2010. Identification of factors influencing the occurrence of milk spot livers in slaughtered pigs: A novel approach to understanding *Ascaris suum* epidemiology in British farmed pigs. Vet. Parasitol., 173, 271-279.
- Scott K., Binnendijk G.P., Edwards S.A., Guy J.H., Kiezebrink M.C., Vermeer H.M., 2009. Preliminary evaluation of a prototype welfare monitoring system for sows and piglets (Welfare Quality® project). Anim. Welf., 18, 441-449.
- Skjerve E., Lium B., Nielsen B., Nesbakken T., 1998. Control of Yersinia enterocolitica in pigs at herd level. Int. J. Food Microbiol., 45, 195-203.
- Sørensen J.T., Edwards S., Noordhuizen J., Gunnarsson S., 2006. Animal production systems in the industrialised world. Rev. Off. Int. Epizoot., 25, 493-503.
- Sutherland M.A., Webster J., Sutherland I., 2013. Animal Health and Welfare Issues Facing Organic Production Systems. Animals, 3, 1021-1035.
- Szabo P., Bilkei G., 2002. Iron Deficiency in Outdoor Pig Production. J. Vet. Med. A, 49, 390-391.
- Tamang M.D., Gurung M., Nam H.-M., Moon D.C., Kim S.-R., Jang G.-C., Jung D.-Y., Jung S.-C., Park Y.-H., Lim S.-K., 2015. Prevalence and characterization of *Salmonella* in pigs from conventional and organic farms and first report of S. serovar 1,4,[5],12:i:- from Korea. Vet. Microbiol., 178, 119-124.
- Temple D., Courboulay V., Manteca X., Velarde A., Dalmau A., 2012. The welfare of growing pigs in five different production systems: assessment of feeding and housing. Animal, 6, 656-667.
- Van de Weerd H.A., Docking C.M., Day J.E.L., Breuer K., Edwards S.A., 2006. Effects of species-relevant environmental enrichment on the behaviour and productivity of finishing pigs. Appl. Anim. Behav. Sci., 99, 230-247.
- Van der Giessen J., Fonville M., Bouwknegt M., Langelaar M., Vollema A., 2007. Seroprevalence of *Trichinella spiralis* and *Toxoplasma gondii* in pigs from different housing systems in The Netherlands. Vet. Parasitol., 148, 371-374.
- Van der Meulen J., Koopmans S.J., Dekker R.A., Hoogendoorn A., 2010. Increasing weaning age of piglets from 4 to 7 weeks reduces stress, increases post-weaning feed intake but does not improve intestinal functionality. Animal, 4, 1653-1661.
- Van der Mheen H., Vermeer H., 2005. Outdoor pig farming in the Netherlands. In : A. Sundrum & F. Weißmann (Eds), Organic pig production in free range systems, 41-43. Landbauforschung Völkenrode Sonderheft. Braunschweig, Germany, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL).
- Vannucci, F.A., Gebhart, C.J., McOrist S., 2019. Bacterial Diseases - Proliferative Enteropathy. In : Jeffrey J. Zimmerman, Locke A. Karriker, Alejandro Ramirez, Kent J. Schwartz, Grégory W. Stevenson & Jianqiang Zhang (Eds), Disease of swine, 11th ed., 898-911. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, USA.
- Verdon M., Morrison R.S., Rault J.-L., 2019. Group lactation from 7 or 14 days of age reduces piglet aggression at weaning compared to farrowing crate housing. Animal, 13, 2327-2335.
- Virtanen S.E., Salonen L.K., Laukkanen R., Hakkinen M., Korkeala H., 2011. Factors related to the prevalence of pathogenic *Yersinia enterocolitica* on pig farms. Epidemiol. Infect., 139, 1919-1927.
- Welfare Quality Consortium, 2009. Welfare Quality Assessment protocol for pigs. The Netherlands, 123 p.
- Wu N., Abril C., Thomann A., Grosclaude E., Doherr M.G., Boujon P., Ryser-Degiorgis M.P., 2012. Risk factors for contacts between wild boar and outdoor pigs in Switzerland and investigations on potential *Brucella suis* spill-over. BMC Vet. Res., 8, 116.
- Zheng D.M., Bonde M., Sørensen J.T., 2007. Associations between the proportion of *Salmonella* seropositive slaughter pigs and the presence of herd level risk factors for introduction and transmission of *Salmonella* in 34 Danish organic, outdoor (non-organic) and indoor finishing-pig farms. Livest. Sci., 106, 189-199.