Santé, biosécurité et bien-être animal dans les élevages de porcs en systèmes alternatifs : focus épidémiologique sur les parasites

Maxime Delsart

▶ **To cite this version:**

Maxime Delsart. Santé, biosécurité et bien-être animal dans les élevages de porcs en systèmes alternatifs : focus épidémiologique sur les parasites. Sciences du Vivant [q-bio]. UNIVERSITÉ PARIS-EST CRÉTEIL, 2023. Français. NNT : . tel-03991387

HAL Id: tel-03991387
https://enva.hal.science/tel-03991387

Submitted on 15 Feb 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.

UNIVERSITÉ PARIS-EST CRÉTEIL

ÉCOLE DOCTORALE DE SANTÉ PUBLIQUE

THÈSE DE DOCTORAT

Santé Publique

Spécialité du doctorat : épidémiologie

Par

M. Maxime DELSART

SANTÉ, BIOSÉCURITÉ ET BIEN-ÊTRE ANIMAL DANS LES ÉLEVAGES DE PORCS EN SYSTÈMES ALTERNATIFS : FOCUS ÉPIDÉMIOLOGIQUE SUR LES PARASITES

Thèse dirigée par Barbara DUFOUR et Nicolas ROSE

Laboratoire d'accueil : unité EpiMAI (USC ENVA-Anses)

Thèse présentée et soutenue à Maisons-Alfort, le 8 février 2023

Jury :

Jacques GUILLOT	Professeur, Oniris	Président
Catherine BELLOC	Professeure, Oniris	Rapporteure
Éric CARDINALE	Directeur de recherche, Cirad	Rapporteur
Florence MENEGAUX	Directrice de recherche, Inserm	Examinatrice
Barbara DUFOUR	Professeure, EnvA	Directrice de thèse
Nicolas ROSE	Directeur de recherche, Anses	Co-directeur de thèse

Invitées :

Christelle FABLET	Ingénieure de recherche, Anses	Co-encadrante
Françoise POL	Inspectrice de santé publique vétérinaire, Oniris	Co-encadrante

Laboratoire d'accueil : USC EPIMAI, Anses, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, 7 avenue du Général de Gaulle, 94 700 Maisons-Alfort, France.

REMERCIEMENTS

Je tenais tout d'abord à remercier chaleureusement **Barbara Dufour** pour m'avoir encouragé, aidé, dirigé voire protégé durant ce travail. Un grand merci également à **Nicolas Rose**, mon autre directeur de thèse pour m'avoir proposé ce sujet, pour ses conseils, son encadrement et ses relectures. Je remercie également du fond du cœur mes co-encadrantes, **Christelle Fablet** pour sa présence, sa patience, sa réactivité, son aide et son écoute, en espérant que nous continuerons encore très longtemps à travailler ensemble et **Françoise Pol** pour son aide, son encadrement et ses relectures attentives.

Je remercie bien évidemment les membres de mon jury de thèse, **Florence Ménégaux** et **Jacques Guillot,** de s'être rendus disponibles pour la lecture de mon manuscrit et pour la soutenance, ainsi que **Catherine Belloc** et **Éric Cardinale** qui m'ont fait l'honneur et l'amitié d'accepter d'être rapporteurs de ce travail.

Mes remerciements également à toutes les personnes qui ont participé à ce projet, en particulier à toute l'équipe d'EPISABE (**Édouard Boudin**, **Virginie Dorenlor, Florent Éono**, **Éric Éveno, Stéphane Kerphérique**, **Virginie Lecaer**, **Séverine Parois**, **Gilles Poulain** et **Marie Souquière**) mais aussi aux membres des autres équipes qui ont participé à la conduite des différentes analyses de laboratoires (**Amandine Blaizot**, **Chantal Benoit**, **Radu Blaga**, **Yannick Blanchard**, **Olivier Bourry**, **Claire Deboisseson**, **Martine Denis**, **Nolwenn Dheilly**, **Noémie Gloanec**, **Séverine Hervé**, **Emmanuelle Houard, Annaëlle Kerouanton**, **Corinne Marois**, **Bérangère Nagard**, **Gaétan Pinsard, Patricia Renson**, **Jean-Michel Répérant**, **Valérie Rose**, **Gaëlle Simon**, **Martine Thomas-Hénaff, Sandra Thoumire** et **Véronique Tocqueville**). Merci également à **Jean-François Da-Costa** pour son aide.

Merci aux différents financeurs du programme PIGAL (**Anses**, **EnvA**, **Groupe Avril**, **Cooperl**, **FranceAgriMer**, **Le Gouessant**, **Herta** et **Zoetis**), mais également à **Elanco** pour sa contribution dans les analyses sérologiques. Merci à **Léa Dulos** et à l'**Institut Carnot AgriFood Transition** pour leur aide dans la recherche de financement. Je voulais bien évidemment remercier tous les éleveurs qui nous ont accueillis ainsi que les groupements ou associations d'éleveurs et cabinets vétérinaires qui nous ont aidés dans la recherche d'élevages.

Mes remerciements à tous mes collègues qui m'ont accueilli voilà maintenant un peu plus de 5 ans à l'école et qui m'ont encouragé. Un grand merci à tous les membres du DPASP que j'ai la chance de représenter, animer et défendre. Que ceux qui ne seront pas cités ici me pardonnent, mais je voulais plus particulièrement remercier Julie, Valérie, Yves, Bérangère, Karim, Pascal, Vincent M., Madiha, Marine et Narjes mais aussi Gaston et Vincent P. pour leur patience, leur écoute et leur soutien dans mes moments de doute, et Andrew pour ses relectures de mes textes en anglais. Merci aussi à Christophe, mon cher directeur et à Henry qui me supporte même en vacances.

Mes remerciements vont également aux membres de l'équipe EpiMAI qui m'ont eux aussi chaleureusement accueilli. Merci à **Julie Rivière** ainsi qu'à **Valentine Poirier** et à **Guillaume Crozet,** pour leur aide notamment administrative et dans la rédaction de cette thèse, mais aussi à l'équipe Epi (**Benoît Durand**, **Laeticia Canini, Maud Marsot** et **Gina Zanella**).

Merci à mes amis et à toute ma famille, mes beaux-parents, mes belles sœurs, mon beau-frère, mon neveu et mes nièces et bien évidemment à mon frère et à mes parents, qui doivent aujourd'hui être soulagés que je ne leur parle plus de cette thèse.

Mais je voulais terminer ces remerciements par les trois personnes qui me sont les plus chères au monde, les autres ne m'en voudront pas, mes deux enfants, Artémis et Emilien, et Alexandra… **merci d'être là, tout simplement**.

RÉSUMÉ

SANTÉ, BIOSÉCURITÉ ET BIEN-ÊTRE ANIMAL DANS LES ÉLEVAGES DE PORCS EN SYSTÈMES ALTERNATIFS : FOCUS ÉPIDÉMIOLOGIQUE SUR LES PARASITES

Ce travail de thèse porte sur les élevages alternatifs de porcs, c'est-à-dire n'élevant pas l'intégralité des porcs confinés en bâtiments fermés et sur sols en caillebotis et/ou en béton : élevages avec litière et/ou proposant un accès à l'extérieur aux animaux. Actuellement largement plébiscités par les consommateurs et les citoyens pour des raisons de bien-être animal, ces élevages alternatifs ne sont pas sans présenter certains points critiques. S'inscrivant dans le cadre d'un vaste projet de recherche (PIGAL) étudiant conjointement la santé animale, la biosécurité, le bien-être animal, la santé publique vétérinaire et la santé au travail dans ce type d'élevage de porcs, une étude portant plus spécifiquement sur le parasitisme a été réalisée dans 112 élevages porcins alternatifs français. Dans le cadre de cette étude, le travail de thèse a visé à (i) estimer la fréquence et le niveau d'infestation des porcs par des parasites internes dans ces élevages, et (ii) définir les caractéristiques d'élevage associés au niveau de parasitisme. Dans chaque élevage, des échantillons de fèces ont été prélevés sur 10 truies, 10 porcs de 10-12 semaines d'âge et/ou 10 porcs en fin d'engraissement pour une analyse coprologique, ainsi que des échantillons de sang sur 10 truies et/ou 10 porcs en fin d'engraissement pour des recherches sérologiques des anticorps dirigés contre *Ascaris suum* et *Toxoplasma gondii*. Des éléments concernant la structure et la conduite de l'élevage ont été collectées et des observations des animaux ont été réalisées lors de la visite de l'élevage.

Sur les 112 élevages, seuls six n'avaient pas d'œufs d'helminthes ou d'oocystes de coccidies. Des oocystes de coccidies ont été observés dans 84 % des élevages, des œufs d'*Oesophagostomum* spp / *Hyostrongylus rubidus*, *A. suum* et *Trichuris suis* ont été détectés dans respectivement 55 %, 16 % et 32 % des élevages. Dans chaque exploitation infestée, en moyenne 63 % des truies étaient parasitées, 26 % des porcs en croissance et 42 % des porcs en fin d'engraissement. Au moins un porc en fin d'engraissement était séropositif pour *A. suum* dans 89 % des élevages, tandis que 71 % des exploitations avaient au moins un porc en fin d'engraissement ou une truie séropositive pour *T. gondii*. Notre étude a permis de confirmer que l'hygiène et notamment la décontamination des bâtiments sont des éléments associés à des faibles niveaux de parasitisme dans les élevages. *A contrario*, la conduite des animaux en plein-air ou sur litière constituent des paramètres associés à des niveaux de parasitisme dégradés, en lien probablement avec des temps de contact avec des excréments potentiellement infestés plus élevés et des décontaminations du sol plus compliquées. Il a, en outre, été mis en évidence que les élevages avec un mauvais niveau d'entretien des bâtiments sont associés à un niveau de séroprévalence plus important vis-à-vis de *T. gondii* et que les élevages à faible effectif d'animaux, souvent avec des intervalles entre bandes élevés, sont également associés à des niveaux de parasitisme dégradés pour *T. gondii*, mais aussi pour les coccidies et *A. suum*. Administrer au moins deux traitements anthelmintiques du sevrage jusqu'à l'abattage des porcs semble nécessaire pour limiter le taux d'animaux positifs à *T. suis* dans les élevages. Mais cela ne semble pas être le cas pour *A. suum*, la présence ou un nombre élevé de traitements anthelminthiques sur les reproducteurs et/ou sur les porcs en croissance étant associés aux élevages présentant des séroprévalences élevées pour ce parasite. Enfin, l'été semble être une saison favorable à des niveaux de parasitisme globalement plus élevés, notamment par les coccidies et *T. suis*, probablement en lien avec des conditions plus propices pour leur développement. L'ensemble de ces résultats devraient permettre d'établir des recommandations afin de mieux contrôler le parasitisme dans les élevages de porcs en systèmes alternatifs.

Mots-clés : Porcs, élevages alternatifs, plein-air, litière, biosécurité, bien-être, santé, parasitisme, épidémiologie.

ABSTRACT

HEALTH, BIOSECURITY AND ANIMAL WELFARE IN ALTERNATIVE PIG FARMING SYSTEMS: EPIDEMIOLOGICAL FOCUS ON PARASITES

This thesis focuses on pig farms with housing systems that are alternatives to confinement and full slatted and/or concrete floors: farms with litter or with outdoor access (outdoor run, free-range). Widely popular among consumers and citizens for animal welfare reasons, these alternative systems are not without critical points. This thesis is part of a large research project (PIGAL) jointly studying animal health, biosecurity, animal welfare, veterinary public health and occupational health in alternative systems of pig farming. The thesis aims to (i) estimate the frequency and level of infestation of pigs by internal parasites on these farms, and (ii) define the herd factors associated with the level of parasitism. For this purpose, a study was carried out on 112 alternative French pig farms. In each farm, faecal samples were taken from 10 sows, 10 pigs of 10-12 weeks old and/or 10 pigs at the end of the fattening period for coprological analysis, as well as blood samples from 10 sows and/or 10 pigs at the end of fattening period for serological analysis for *Ascaris suum* and *Toxoplasma gondii*. Data on the structure and management of the farm were collected and observations of the animals were made during the on-farm visit.

Of the 112 farms, only six had no helminth eggs or coccidia oocysts. Coccidia oocysts were observed in 84 % of the farms, eggs of *Oesophagostomum* spp. / *Hyostrongylus rubidus*, *Ascaris suum* and *Trichuris suis* were detected in 55 %, 16 % and 32 % of the farms respectively. In each infested farm, on average 63 % of sows were parasitized, 26 % of growing pigs and 42 % of finishing pigs. 89 % of the farms had at least one *A. suum* seropositive finishing pig, while 71 % of the farms had at least one *Toxoplasma gondii* seropositive finishing pig or sow. Thus, our study confirms that hygiene and especially the decontamination of facilities are elements associated with low levels of parasitism in farms. On the other hand, keeping animals outdoors or on litter are parameters associated with high parasitism levels, probably related to higher contact times with potentially infested faeces and more complicated soil decontamination. In addition, it is observed that farms with a poor level of maintenance are associated with a higher level of seroprevalence towards *T. gondii* and that farms with small numbers of animals, often with large intervals between bands, are also associated with high levels of parasitism for *T. gondii*, but also for coccidia and *A. suum*. Using at least two anthelmintic treatments from weaning to slaughter seems necessary to limit the rate of *T. suis* positive animals in the farm. But this does not seem to be the case for *A. suum*, as the presence or high number of anthelmintic treatments on breeding stock and/or growing pigs is associated with high seroprevalences for this parasite. Finally, summer seems to be a favorable season for higher global levels of parasitism, especially by coccidia and *T. suis*, in connection with more favorable conditions for their development. All these results should help to establish recommendations for better control of parasitism in alternative pig farms.

Key-words: Pigs, alternative systems, outdoor, litter, biosecurity, welfare, health, parasitism, epidemiology.

VALORISATION DES TRAVAUX

PUBLICATIONS DANS DES JOURNAUX DE RANG A

Delsart M., Pol F., Dufour B., Rose N., Fablet C. (2020) Pig farming in alternative systems: strengths and challenges in terms of animal welfare, biosecurity, animal health and pork safety. *Agriculture* 10(7), 261. doi:10.3390/agriculture10070261.

Delsart M., Fablet C., Rose N., Répérant J.M., Blaga R., Dufour B., Pol F. (2022) Descriptive Epidemiology of the Main Internal Parasites on Alternative Pig Farms in France. *J. of Parasitology* 108 (4), 306–321. doi.org/10.1645/21-126.

COMMUNICATIONS AFFICHÉES LORS DE CONGRÈS INTERNATIONAUX

Delsart M., Répérant J.M., Kerouanton A., Denis M., Souquière M., Dufour B., Rose N., Pol F., Fablet C. (2021) *Salmonella* and parasites in French alternative pig farms: first results in 35 herds, In 72nd annual meeting of the European Federation of Animal Science, Davos

Delsart M., Répérant J.M., Kerouanton A., Denis M., Souquière M., Dufour B., Rose N., Pol F., Fablet C. (2022) *Salmonella* and parasites in French alternative pig farms: first results in 65 herds, In 20th congress of the International Society for Animal Hygiene, Berlin

Denis M., Souquière M., Rose V., Boudin E., Houry B., Dorenlor V., Houard E., Eono F., Nagard B., Eveno E., Pinsard G., Kerpherique S., Poulain G., Pol F., Rose N., **Delsart M**., Fablet C. et Kerouanton A. (2022) Level of *Salmonella* excretion of fattening pigs in alternative farms, In International Symposium *Salmonella* and Salmonellosis, Saint Malo

COMMUNICATIONS ORALES LORS DE CONGRÈS FRANCOPHONES

Delsart M. (2022) Impact sur la santé animale et la santé publique en systèmes alternatifs au travers de l'exemple de l'élevage de porcs, Journées vétérinaires Bretonnes des GTV, Saint-Quay-Portrieux

Delsart M., Pol F., Dufour B., Rose N., Fablet C. (2022) L'élevage de porcs en systèmes alternatifs : atouts et défis en termes de bien-être animal, biosécurité, santé animale et sécurité sanitaire. In Journées de la recherche porcine, Paris, pp 327-338

COMMUNICATION ORALE LORS DE CONGRÈS ANGLOPHONES

Delsart M., Pol F., Dufour B., Rose N., Fablet C. (2022) Parasitism in alternative pig farms: situation, risks and opportunities, Journées scientifiques et doctorales Anses, Paris

SOMMAIRE

INTRODUCTION 1

PREMIÈRE PARTIE : État des lieux sur les atouts et les faiblesses des élevages alternatifs et sur le parasitisme dans les élevages de porcs 3

1. Les élevages alternatifs de porcs 5
2. Atouts et faiblesses des élevages alternatifs 6
   - 2.1. Bien-être animal et systèmes d'élevage alternatifs 6
     - 2.1.1. Absence de faim et de soif 6
     - 2.1.2. Absence d'inconfort 7
     - 2.1.3. Absence de douleur, de blessure (et de maladie) 9
     - 2.1.4. Liberté d'exprimer des comportements naturels 10
     - 2.1.5. Absence de peur, de stress et d'anxiété 11
     - 2.1.6. Bilan 12
   - 2.2. Biosécurité et systèmes d'élevage alternatifs 14
     - 2.2.1. Bio-exclusion 14
     - 2.2.2. Bio-compartimentation 16
     - 2.2.3. Bilan 16
   - 2.3. Santé animale en systèmes d'élevage alternatifs 18
     - 2.3.1. Mortalités 18
     - 2.3.2. Troubles de la reproduction 19
     - 2.3.3. Maladies respiratoires 19
     - 2.3.4. Pathologie digestive 20
     - 2.3.5. Parasitisme 21
     - 2.3.6. Pathologie cutanée 21
     - 2.3.7. Troubles locomoteurs 21
     - 2.3.8. Anémie et supplémentation en fer 22
     - 2.3.9. Immunité 23
     - 2.3.10. Traitements 23
     - 2.3.11. Bilan 25
   - 2.4. Systèmes d'élevage alternatifs et sécurité sanitaire des aliments 27
     - 2.4.1. Contaminations bactériennes 27
     - 2.4.2. Contaminations parasitaires 29
     - 2.4.3. Contaminations virales 29
     - 2.4.4. Résidus médicamenteux 29
     - 2.4.5. Bilan 30
   - 2.5. Conclusions 32
3. Focus sur le parasitisme interne chez le porc – importance dans le contexte de l'élevage alternatif 33
   - 3.1. Les principaux endoparasites 33
     - 3.1.1. Parasites du système digestif 33

3.1.1.1. Parasite de l'œsophage 33
3.1.1.2. Parasites de l'estomac 34
3.1.1.3. Parasites de l'intestin grêle 35
3.1.1.3.1. Coccidies 35
3.1.1.3.2. *Ascaris suum* 37
3.1.1.3.3. *Strongyloïdes* 38
3.1.1.3.4. *Trichinella* 39
3.1.1.3.5. Autres parasites de l'intestin grêle 39
3.1.1.4. Parasites du colon 40
3.1.1.4.1. *Oesophagostomum* spp. 40
3.1.1.4.2. Trichures 40
3.1.1.4.3. *Balantidium coli* 41
3.1.1.5. Parasites du foie 41
3.1.2. Parasites du système respiratoire 41
3.1.3. Parasites du système urinaire 42
3.1.4. Parasites musculaires 43
3.1.4.1. *Toxoplasma gondii* 43
3.1.4.2. Autres parasites musculaires 44
3.2. Épidémiologie descriptive 45
3.3. Épidémiologie analytique 47
3.3.1. L'environnement 47
3.3.2. La conduite de l'élevage et des animaux 49
3.3.3. Prise en charge sanitaire et médicamenteuse du parasitisme 49
3.4. Bilan 50
4. Conclusion 52
SECONDE PARTIE : Contribution personnelle 53
1. Problématique générale et objectifs de la thèse 55
2. Matériel et méthodes 56
2.1. Échantillonnage des élevages 56
2.1.1. Population cible 56
2.1.2. Recrutement des élevages et organisation des visites 57
2.2. Collecte des données en élevage 57
2.2.1. Données relatives à l'élevage 57
2.2.2. Observations des animaux 58
2.2.2.1. Choix des animaux 58
2.2.2.2. Observations individuelles des animaux 60
2.2.3. Prélèvements 61
2.2.3.1. Choix des animaux 61
2.2.3.2. Méthodes de prélèvement 61
2.2.3.3. Acheminement et conservation des prélèvements 62
2.3. Analyses de laboratoire sur les prélèvements 62
2.3.1. Infections parasitaires 63

2.3.1.1. Coprologie 63
2.3.1.2. Analyses sérologiques 63
2.3.1.2.1. *Ascaris suum* 63
2.3.1.2.2. *Toxoplasma gondii* 63
2.3.2. Infections virales 64
2.3.3. Infections bactériennes 64
2.3.4. Haptoglobine 65
2.4. Analyses statistiques mises en œuvre 67
2.4.1. Analyse descriptive 67
2.4.1.1. Description de l'échantillon enquêté 67
2.4.1.2. Définition du statut des élevages 67
2.4.1.3. Relations entre les parasites 68
2.4.1.4. Relations entre le niveau de parasitisme et les caractéristiques des élevages naisseurs-engraisseurs 68
2.4.2. Estimation des performances de tests imparfaits pour le diagnostic d'*Ascaris suum* 69
2.4.2.1. Description du modèle 70
2.4.2.2. Distributions *a priori* des paramètres 70
2.4.2.3. Mise en œuvre du modèle 71
2.4.2.4. Évaluation de la convergence 71
2.4.2.5. Analyse de sensibilité 71
3. Résultats 73
3.1. Description des élevages 73
3.1.1. Caractéristiques générales 73
3.1.2. Mode de logement des animaux 74
3.1.3. Plan de prophylaxie 75
3.2. Résultats des analyses sur prélèvements 77
3.2.1. Description des infections virales 78
3.2.1.1. SDRP 78
3.2.1.2. Grippe 78
3.2.1.3. Hépatite E 78
3.2.2. Description des infections bactériennes 80
3.2.2.1. Salmonelles 80
3.2.2.2. Mycoplasmes 82
3.2.2.3. Brucellose 82
3.2.3. Haptoglobine 82
3.2.4. Description du parasitisme 83
3.2.4.1. Coprologies 83
3.2.4.1.1. Coccidies 85
3.2.4.1.2. Strongles 85
3.2.4.1.3. *Ascaris suum* 86
3.2.4.1.4. *Trichuris suis* 87
3.2.4.2. Sérologies *Toxoplasma gondii* 87
3.2.4.3. Sérologies *Ascaris suum* 90

3.2.5. Estimation bayésienne de la sensibilité et de la spécificité des diagnostics coprologiques et sérologiques pour *Ascaris suum* 91
3.2.5.1. Association entre le diagnostic coprologique et le diagnostic sérologique ... 91
3.2.5.2. Approche comparée de la sensibilité et de la spécificité 92
3.2.6. Relation entre les parasites 96
3.2.7. Étude des relations entre les niveaux de parasitisme et des paramètres descriptifs des élevages naisseurs-engraisseurs 104
3.2.7.1. Relations entre le niveau de parasitisme général et les paramètres descriptifs des élevages naisseurs-engraisseurs 104
3.2.7.2. Relations entre le niveau de parasitisme lié aux helminthes et les paramètres descriptifs des élevages naisseurs-engraisseurs 105
3.2.7.2.1. Les strongles 105
3.2.7.2.2. *T. suis* 107
3.2.7.2.3. *A. suum* 109
3.2.7.3. Relations entre le niveau de parasitisme lié aux coccidies et les paramètres descriptifs des élevages naisseurs-engraisseurs 112
3.2.7.3.1. Définition des niveaux de parasitisme 112
3.2.7.3.2. Paramètres associés aux niveaux de parasitisme 112
3.2.7.4. Relations entre le niveau de parasitisme lié à *T. gondii* et les paramètres descriptifs des élevages naisseurs-engraisseurs 114
3.2.7.4.1. Définition des niveaux de parasitisme 114
3.2.7.4.2. Paramètres associés aux niveaux de parasitisme 114

4. Discussion sur le parasitisme dans les élevages alternatifs 117
4.1. Discussion sur la méthodologie 117
4.2. Discussion sur les résultats relatifs au parasitisme 123
4.3. Discussion sur l'estimation bayésienne de la sensibilité et de la spécificité des diagnostics coprologiques et sérologiques pour *Ascaris suum* 132
4.3.1. Discussion sur le matériel et méthodes 133
4.3.2. Discussion sur les résultats 134
4.3.3. Bilan 135

5. Discussion générale et perspectives 136
5.1. Matériel et méthodes de l'enquête analytique du programme de recherche PIGAL 136
5.2. Des résultats en cours d'analyse 139
5.3. Perspectives 143

CONCLUSION 145

RÉFÉRENCES 147

ANNEXES 169

INDEX DES ANNEXES

Annexe 1- Articles scientifiques publiés dans le cadre de la thèse. *171*

Annexe 2- Questionnaire « éleveur ». *221*

Annexe 3- Questionnaire « mesures et observations ». *280*

Annexe 4- Vade-mecum du questionnaire « mesures et observations ». *314*

Annexe 5- Fiches de commémoratifs. *321*

Annexe 6- Listes des variables ayant participé aux analyses des correspondances multiples. *325*

Annexe 7- Script du modèle bayésien utilisé pour estimer la sensibilité et la spécificité des diagnostics sérologiques et coprologiques pour Ascaris suum. *327*

Annexe 8- Quantifications en mycoplasmes par prélèvement par catégorie d'animaux et par type d'élevage. *329*

Annexe 9- Taux d'haptoglobine (en mg/ml) par prélèvement par catégorie d'animaux et par type d'élevage. *329*

Annexe 10- Historiques des chaînes de Markov Monte Carlo (MCMC) (figures de gauche) et densités des distributions a posteriori (figures de droite) résultantes des paramètres du modèle bayésien multinomial utilisé pour estimer les sensibilités et les spécificités des diagnostics sérologiques et coprologiques pour Ascaris suum. *330*

Annexe 11- Caractéristiques des distributions a posteriori de la sensibilité et de la spécificité des diagnostics coprologiques et sérologiques pour Ascaris suum ainsi que de la prévalence en fonction du niveau informatif des distributions a priori (priors) - Modèles COPRO20 (n = 100 élevages). *343*

Annexe 12- Caractéristiques des distributions a posteriori de la sensibilité et de la spécificité des diagnostics coprologiques et sérologiques pour Ascaris suum ainsi que de la prévalence en fonction du niveau informatif des distributions a priori (priors) - Modèles COPRO30 (n = 80 élevages). *344*

Annexe 13- Distributions a priori et a posteriori de la sensibilité et de la spécificité des diagnostics sérologiques et coprologiques pour Ascaris suum – option informative (B). *345*

Annexe 14- Distributions a priori et a posteriori de la sensibilité et de la spécificité des diagnostics sérologiques et coprologiques pour Ascaris suum – option peu informative (C). *347*

Annexe 15- Contributions et coordonnées des variables utilisées pour la construction de l'analyse en composantes principales sur la population des élevages disposant de truies (n = 92). *349*

Annexe 16- Contributions et coordonnées des variables utilisées pour la construction de l'analyse en composantes principales sur la population des élevages disposant de porcs sevrés en croissance (n = 100). ... *349*

Annexe 17- Contributions et coordonnées des variables utilisées pour la construction de l'analyse en composantes principales sur la population des élevages naisseurs-engraisseurs (n = 80). *350*

INDEX DES FIGURES

Figure 1- Diversité des modèles d'élevages alternatifs de porcs. 5

Figure 2- Localisation des parasites internes chez le porc (Delsart, 2022). 33

Figure 3- Oeufs et larves des principaux parasites internes du porc (Thienpont et al., 1979). 35

Figure 4- Cycle de Cystoisospora suis (Delsart, 2022). 36

Figure 5- Oocystes de coccidies (Beugnet et al., 2004). 37

Figure 6- « Milk spots » sur des foies saisis à l'abattoir (crédit photo : Delsart). 38

Figure 7- Ascaris suum adultes dans l'intestin grêle (crédit photo : Janssen). 38

Figure 8- Cycle de Toxoplasma gondii (adapté de Ferguson, 2009). 44

Figure 9- Exemple de matériel nécessaire pour l'étude 57

Figure 10- Prélèvement de sang sur un porc de 10-12 semaines de vie. 62

Figure 11- Prélèvement de mucus trachéal sur un porc de race « Noir de Bigorre ». 62

Figure 12- Chantier de prélèvements de mucus trachéal. 62

Figure 13- Prélèvements de fèces sur des porcelets de 10 semaines d'âge, répartis en 2 séries de prélèvements selon le laboratoire destinataire. 62

Figure 14- Répartition géographique des 112 élevages inclus dans l'étude. 73

Figure 15- Distribution des élevages en fonction du nombre de truies présentes le jour de la visite (92 élevages avec du naissage). 74

Figure 16- Répartition des isolats de salmonelles (n = 222) en fonction du serotype identifié. 80

Figure 17- Répartition des élevages infestés par au moins un parasite et par catégorie d'animaux. 83

Figure 18- Distribution des proportions intra élevage d'animaux présentant au moins un oocyste de coccidies ou un oeuf d'helminthes dans leur fèces par catégorie d'animaux. 83

Figure 19- Proportions d'élevages infestés par parasite et par catégorie d'animaux (112 élevages dont 92 avec des truies et 100 avec des porcs en croissance). 84

Figure 20- Distributions des quantités moyennes d'oocystes de coccidies dans les prélèvements infestés par élevage et par catégorie d'animaux (n = 94 élevages). 85

Figure 21- Distributions des quantités moyennes d'œufs de strongles dans les prélèvements infestés par élevage et par catégorie d'animaux (n = 61 élevages). 86

Figure 22- Distributions des quantités moyennes d'œufs d'A. suum dans les prélèvements infestés par élevage et par catégorie d'animaux (n = 18 élevages). 86

Figure 23- Distributions des quantités moyennes d'œufs de T. suis dans les prélèvements infestés par élevage et par catégorie d'animaux (n = 36 élevages). 87

Figure 24- Taux d'animaux séropositifs vis-à-vis de Toxoplasma gondii par élevage et par catégorie d'animaux (112 élevages dont 92 avec des truies et 100 avec des porcs en engraissement, MAT). 88

Figure 25- Répartition des titres sérologique vis-à-vis de Toxoplasma gondii pour l'ensemble des prélèvements (A), par élevage pour l'ensemble des animaux (B), pour les truies (C) et pour les porcs d'au moins 22 semaines d'âge (D) (112 élevages dont 92 avec des truies et 100 avec des porcs en engraissement). 89

Figure 26- Répartition des ratios de densités optiques (rDO) du test SERASCA® par élevage (n = 100 élevages). 90

Figure 27- Distributions a priori et a posteriori de la sensibilité et de la spécificité du diagnostic coprologique COPRO20 avec le modèle SERASCA1 (A et B) et le modèle SERASCA2 (C et D) (Option A). 93

Figure 28- Distributions a priori et a posteriori de la sensibilité et de la spécificité du diagnostic coprologique COPRO30 avec le modèle SERASCA1 (A et B) et le modèle SERASCA2 (C et D) (Option A). *93*

Figure 29- Distributions a priori et a posteriori de la sensibilité et de la spécificité du diagnostic sérologique SERASCA1 avec le modèle COPRO20 (A et B) et le modèle COPRO30 (C et D) (Option A). *94*

Figure 30- Distributions a priori et a posteriori de la sensibilité et de la spécificité du diagnostic sérologique SERASCA2 avec le modèle COPRO20 (A et B) et le modèle COPRO30 (C et D) (Option A). *95*

Figure 31- Représentations graphiques des élevages disposant de reproducteurs (A) et des variables décrivant le parasitisme des truies (B et C) (ACP, 92 élevages). *96*

Figure 32- Arbre hiérarchique sur le plan factoriel 1-2 représentant la classification ascendante hiérarchique réalisée sur les 92 élevages disposant de reproducteurs, à partir des variables décrivant les niveaux de parasitisme sur des truies. *97*

Figure 33- Représentations graphiques des élevages naisseurs-engraisseurs ou post-sevreurs-engraisseurs (A) et des variables décrivant le parasitisme sur les porcs sevrés en croissance (B et C) (ACP, 100 élevages). *99*

Figure 34- Arbre hiérarchique sur le plan factoriel 1-2 représentant la classification ascendante hiérarchique réalisée sur les 100 élevages disposant de porcs sevrés en croissance, à partir des variables décrivant les niveaux de parasitisme sur les porcs en croissance. *100*

Figure 35- Représentations graphiques des élevages naisseurs-engraisseurs (A) et des variables décrivant le parasitisme sur les porcs sevrés en croissance et les truies (B à F) (ACP, 80 élevages). *101*

Figure 36- Arbre hiérarchique sur le plan factoriel 1-2 représentant la classification ascendante hiérarchique réalisée sur les 80 élevages naisseurs-engraisseurs à partir des variables décrivant les niveaux de parasitisme sur les animaux. *102*

Figure 37- Représentations graphiques des résultats (A) et des élevages (B) de l'analyse des correspondances multiples entre les variables descriptives de l'élevage (incluant le logement, la conduite des animaux et la conduite sanitaire et antiparasitaire), la saison durant laquelle s'est déroulée la visite et la classification des élevages en fonction de leur niveau de parasitisme sur les animaux. *105*

Figure 38- Arbre hiérarchique sur le plan factoriel 1-2 représentant la classification ascendante hiérarchique réalisée sur les 80 élevages naisseurs-engraisseurs à partir des variables décrivant les niveaux de parasitisme vis-à-vis des strongles sur les animaux. *106*

Figure 39- Représentations graphiques des résultats (A) et des élevages (B) de l'analyse des correspondances multiples entre les variables descriptives de l'élevage (incluant le logement, la conduite des animaux et la conduite sanitaire et antiparasitaire) et la classification des élevages en fonction de leur niveau de parasitisme vis-à-vis des strongles sur les animaux. *107*

Figure 40- Arbre hiérarchique sur le plan factoriel 1-2 représentant la classification ascendante hiérarchique réalisée sur les 80 élevages naisseurs-engraisseurs à partir des variables décrivant les niveaux de parasitisme vis-à-vis de T. suis sur les animaux. *108*

Figure 41- Représentations graphiques des résultats (A) et des élevages (B) de l'analyse des correspondances multiples entre les variables descriptives de l'élevage (incluant le logement, la conduite des animaux et la conduite sanitaire et antiparasitaire), la saison durant laquelle s'est déroulée la visite et la classification des élevages en fonction de leur niveau de parasitisme vis-à-vis de T. suis sur les animaux. *109*

Figure 42- Arbre hiérarchique sur le plan factoriel 1-2 représentant la classification ascendante hiérarchique réalisée sur les 80 élevages naisseurs-engraisseurs à partir des variables décrivant les niveaux de parasitisme vis-à-vis d'A. suum sur les animaux. *110*

Figure 43- Représentations graphiques des résultats (A) et des élevages (B) de l'analyse des correspondances multiples entre les variables descriptives de l'élevage (incluant le logement, la conduite des animaux et la conduite sanitaire et antiparasitaire), la saison durant laquelle s'est déroulée la visite et la classification des élevages en fonction de leur niveau de séropositivité vis-à-vis d'A. suum. *111*

Figure 44- Arbre hiérarchique sur le plan factoriel 1-2 représentant la classification ascendante hiérarchique réalisée sur les 80 élevages naisseurs-engraisseurs à partir des variables décrivant les niveaux de parasitisme vis-à-vis des coccidies sur les animaux. 112

Figure 45- Représentations graphiques des résultats (A) et des élevages (B) de l'analyse des correspondances multiples entre les variables descriptives de l'élevage (incluant le logement, la conduite des animaux et la conduite sanitaire et antiparasitaire), la saison durant laquelle s'est déroulée la visite et la classification des élevages en fonction de leur niveau de parasitisme vis-à-vis des coccidies sur les animaux. 113

Figure 46- Arbre hiérarchique sur le plan factoriel 1-2 représentant la classification ascendante hiérarchique réalisée sur les 80 élevages naisseurs-engraisseurs à partir des variables décrivant les niveaux de séropositivité vis-à-vis de T. gondii sur les animaux. 114

Figure 47- Représentation graphique des résultats (A) et des élevages (B) de l'analyse des correspondances multiples entre les variables descriptives de l'élevage (incluant le logement, la conduite des animaux et la conduite sanitaire et antiparasitaire), la saison durant laquelle s'est déroulée la visite et la classification des élevages en fonction de leur niveau de séropositivité vis-à-vis de T. gondii. 115

Figure 48- Localisation des élevages plein-air commerciaux en France (Source DGAl, (Anses, 2021)). 118

Figure 49- Répartition du cheptel de truies en production biologique sur le territoire français – 2017 (source : FNAB, 2018). 118

Figure 50- Répartition des élevages naisseurs et naisseurs-engraisseurs en fonction de la taille du cheptel de truies en 2016 (source : FNAB, 2018). 119

Figure 51- Représentation graphique de la méthode de régression multibloc prévue dans le cadre du programme de recherche PIGAL. 139

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1- Synthèse des atouts et des limites en termes de bien-être animal en fonction des modes d'élevage. 13

Tableau 2- Synthèse des atouts et des limites en matière de biosécurité en fonction mode d'élevage. 17

Tableau 3- Synthèse des atouts et des limites en termes de santé animal en fonction des modes d'élevage. 26

Tableau 4- Synthèse des atouts et des limites en termes de sécurité sanitaire en fonction des modes d'élevage. 31

Tableau 5- Principaux parasites du porc. 51

Tableau 6- Critères d'inclusion des élevages. 56

Tableau 7- Observations et mesures réalisées sur les animaux à l'échelle collective. 58

Tableau 8- Sélection des animaux selon le secteur d'élevage et la gamme d'âge. 59

Tableau 9- Observations individuelles réalisées sur les animaux. 60

Tableau 10- Nombre d'animaux prélevés en fonction du type de prélèvement 61

Tableau 11- Récapitulatif des analyses réalisées sur les prélèvements effectués sur les animaux durant les visites. 66

Tableau 12- Description des différentes hypothèses de distributions a priori (priors) utilisées dans le modèle pour estimer la sensibilité et la spécificité des diagnostics coprologiques et sérologiques d'A. suum du porc. 72

Tableau 13- Nombre d'UTH et de truies par UTH dans les élevages de l'échantillon. 74

Tableau 14- Proportion d'élevages par stade de production en fonction du mode de logement (112 élevages au total) 75

Tableau 15- Plan de prophylaxie vaccinale en place dans les élevages visités. 76

Tableau 16- Répartition des élevages en fonction du nombre de traitements contre les parasites internes et des catégories d'animaux (112 élevages). 77

Tableau 17- Répartition des molécules utilisées pour lutter contre les parasites internes selon les catégories d'animaux (103 élevages alternatifs). 77

Tableau 18- Proportion d'élevages avec au moins un animal seropositif vis-à-vis du SDRP en fonction du statut vaccinal de l'élevage. 78

Tableau 19- Proportion d'élevages avec au moins un animal seropositif vis-à-vis de la grippe en fonction du statut vaccinal de l'élevage. 78

Tableau 20- Proportions d'élevages et d'animaux seropositifs par agent viral recherché, par stade physiologique et par type d'élevage 79

Tableau 21- Distribution des prélèvements positifs en fonction de leur dénombrement en salmonelles (en NPP/g). 80

Tableau 22- Proportions d'élevages et d'animaux positifs par agent bactérien recherché, par stade physiologique et par type d'élevage. 81

Tableau 23- Proportions d'élevages présentant au moins une PCR positive vis-à-vis de Mycoplasma hyopneumoniae en fonction du statut vaccinal des porcelets de l'élevage. 82

Tableau 24- Proportions d'animaux infestés dans les élevages infestés, par parasite et par catégorie d'animaux. 84

Tableau 25- Synthèse des proportions d'élevages et d'animaux séropositifs à la MAT Toxoplasma gondii après corrections tenant compte des caractéristiques du test. 88

Tableau 26- Synthèse des proportions d'élevages et d'animaux séropositifs au test SERASCA® après corrections tenant compte des caractéristiques du test. *90*

Tableau 27- Tableau de contingence du nombre d'élevages considérés comme positifs selon la méthode diagnostique pour la recherche de l'infestation par Ascaris suum. *91*

Tableau 28- Moyenne des rDO obtenus au test SERASCA et répartition des élevages selon le diagnostic coprologique. *92*

Tableau 29- Moyenne des estimations de sensibilité et de spécificité et des intervalles de crédibilités à 95 % des diagnostics sérologiques et coprologiques pour A. suum (option A et B). *95*

Tableau 30- Description des profils de parasitisme des truies dans les élevages alternatifs (n = 92 élevages, classification ascendante hiérarchique). *98*

Tableau 31- Description des profils de parasitisme des porcs sevrés en croissance dans les élevages alternatifs (n = 100 élevages, classification ascendante hiérarchique). *100*

Tableau 32- Description des profils de parasitisme des porcs sevrés en croissance et des truies dans les élevages naisseurs-engraisseurs alternatifs (n = 80 élevages, classification ascendante hiérarchique). *103*

Tableau 33- Description des variables liées aux strongles qui ont caractérisé les deux clusters obtenus par classification ascendante hiérarchique (80 élevages). *106*

Tableau 34- Description des variables liées à T. suis qui ont caractérisé les deux clusters obtenus par classification ascendante hiérarchique (80 élevages). *108*

Tableau 35- Description des variables liées à A. suum qui ont caractérisé les deux clusters obtenus par classification ascendante hiérarchique (80 élevages). *110*

Tableau 36- Description des variables liées aux coccidies qui ont caractérisé les deux clusters obtenus par classification ascendante hiérarchique (80 élevages). *112*

Tableau 37- Description des variables liées à T. gondii qui ont caractérisé les deux clusters obtenus par classification ascendante hiérarchique (80 élevages). *114*

Tableau 38- Récapitulatif des associations entre les variables descriptives de l'élevage (incluant le logement, la conduite des animaux et la conduite sanitaire et antiparasitaire) et les clusters associés aux différents statuts parasitaires des élevages. *116*

TABLE DES ABRÉVIATIONS

ACM	Analyse des correspondances multiples
ACP	Analyse en composantes principales
AOP	Appellation d'origine protégée
Bio	Agriculture Biologique
CAH	Classification ascendante hiérarchique
DO	Densité optique
σ	Écart type
EAT	Épreuve à l'antigène tamponné
eg	Équivalent génome
ELISA	Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay
FC	Fixation du complément
IGP	Indication géographique protégée
MAT	Test d'agglutination modifié
Max	Maximum
MCMC	Chaînes de Markov Monte Carlo
Min	Minimum
MMA	Mammite, métrite, agalactie
NPP	Nombre le plus probable
OR	Odds Ratio
Pa	Prévalence apparente
PCR	Réaction en chaine par polymérase / Polymerase chain Reaction
PCV2	Circovirus porcin de type 2
PPA	Peste Porcine Africaine
PPC	Peste Porcine Classique
Pr	Prévalence réelle
rDO	Ratio de dentité optique
SDRP	Syndrome Dysgénésique et Respiratoire Porcin
Se	Sensibilité d'un test
Se_t	Sensibilité d'un test à l'échelle du troupeau
Sp	Spécificité d'un test
Sp_t	Spécificité d'un test à l'échelle du troupeau
UE	Union Européenne
UTH	Unité de travailleur humain
VHE	Virus de l'hépatite E

INTRODUCTION

La viande de porc est la deuxième viande la plus consommée dans le monde (OECD, 2022). La production porcine présente une très grande diversité de modes d'élevage (Degré *et al.*, 2007 ; Bonneau *et al.*, 2011), l'élevage porcin dit « conventionnel » en bâtiment fermé avec un sol en caillebotis, largement dominant actuellement dans les pays dominant le marché mondial de viandes, coexistant avec d'autres systèmes d'élevage dits « alternatifs » en regard du mode de logement. La demande en produits porcins dans l'avenir pourrait évoluer et être fortement influencée par des facteurs socio-économiques, parmi lesquels des préoccupations en matière de santé animale mais aussi l'évolution des valeurs socioculturelles (Thornton, 2010). Les protestations croissantes dans les médias et les diverses actions menées par les associations de protection animale, dites « welfaristes », indiquent que le système d'élevage actuellement majoritaire devient moins acceptable au regard du bien-être des animaux (Kanis *et al.*, 2003). De nombreuses enquêtes à travers le monde témoignent de cette évolution sociétale. Que ce soit au Brésil (Yunes *et al.*, 2017), aux Etats-Unis (Sato *et al.*, 2017), au Canada (Ryan *et al.*, 2015) ou en Europe (Krystallis *et al.*, 2009 ; « End the Cage Age »), les citoyens expriment leurs préférences pour des animaux en liberté, sans restriction de mouvement. Le bien-être des animaux, l'absence de souffrance ou de détresse, la prise en charge de la douleur constituent des préoccupations (Yunes *et al.*, 2017), au même titre que la protection de l'environnement (Krystallis *et al.*, 2009). Tant aux Etats-Unis qu'en Europe, le caractère « naturel » du mode d'élevage est également un facteur à mieux prendre en compte dans l'élevage des animaux, le porc devant avoir accès à l'extérieur (Sato *et al.*, 2017), à l'image de la représentation que se fait le grand public concernant l'élevage de ces animaux. En France, 60 % des consommateurs jugent prioritaires d'offrir une accès plein-air à tous les animaux (Roguet, 2018). Dans une étude américaine (Sato *et al.*, 2017), 44 % des personnes interrogées se sont dites préoccupées par l'espace alloué aux animaux, 20 % estimant qu'il était nécessaire qu'ils aient accès à l'extérieur. Selon Norwood et Lusk (2011), les consommateurs de trois villes américaines différentes (Chicago, Dallas et Wilmington) seraient prêts à payer 2,02 dollars de plus par kilogramme de côtelette de porc élevé en plein-air par rapport à un système d'élevage en bâtiment confiné.

C'est dans ce contexte et grâce à la croissance des marchés pour le porc élevé dans des conditions considérées plus « naturelles » par les citoyens et consommateurs ou selon les préconisations de cahiers des charges de démarche de certification de modes d'élevage tels que celui de l'« Agriculture Biologique », que se développent des systèmes d'élevages alternatifs aux élevages dits « conventionnels », poussés par la volonté des pouvoirs publics de développer ces modes d'élevage (Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 2018).

Dans la suite de cette thèse, nous définissons comme « alternatif » tout système d'élevage différent des structures contemporaines prédominantes (Guy et Edwards, 2006), c'est-à-dire n'élevant pas l'intégralité des porcs confinés en bâtiments fermés et sur sols en caillebotis et/ou en béton.

Cependant, mêmes plébiscités par les consommateurs et les citoyens, ces élevages alternatifs ne sont pas sans présenter de points critiques, notamment sur les plans de la santé et du bien-être des animaux et de la santé publique vétérinaire. Dans la première partie de cette thèse, nous faisons le point des connaissances actuelles concernant le bien-être, la biosécurité, la santé des animaux et la santé publique vétérinaire dans ce type d'élevage.

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 paraissait nécessaire de produire des connaissances pour mieux cerner leurs atouts et leurs limites, en tenant compte de toutes les composantes de ces élevages. C'est l'objectif du programme de

recherche PIGAL (acronyme pour « PIG Alternatif ») mené par l'Anses, dans lequel s'inscrit cette thèse. En effet, PIGAL vise à apporter des connaissances pour concevoir ou améliorer des modes d'élevages de porcs alternatifs conférant une meilleure santé aux animaux, plus respectueux de leur bien-être, limitant les risques sanitaires pour la chaine alimentaire et offrant des garanties satisfaisantes sur le plan de la biosécurité. Il comprend plus précisément deux principaux objectifs :

1. Évaluer le risque associé aux composantes de santé et de bien-être des animaux, de santé publique vétérinaire et de rupture de biosécurité en élevage alternatif, en analysant des indicateurs spécifiques pour chacune des composantes.
2. Élaborer des recommandations et évaluer la faisabilité de leur mise en œuvre. Ces recommandations sont à destination des éleveurs installés dans un système d'élevage de porcs alternatif ou désirant se convertir, mais également des autres acteurs de la filière porc comme les vétérinaires et les techniciens d'élevage, ou des pouvoirs publics.

Dans la seconde partie de cette thèse nous nous intéressons plus particulièrement au 1er objectif de PIGAL, à la conception, la réalisation et l'analyse de l'enquête réalisée dans 112 élevages alternatifs de porcs en France. Au regard de la quantité de données collectées et pour des raisons évidentes de temps d'analyse difficilement compatibles avec les délais de soutenance d'une thèse d'Université, nous avons fait le choix de ne pas présenter ici l'ensemble des résultats de l'enquête analytique, mais de nous concentrer sur un de ses aspects : le parasitisme. Ce choix n'est pas lié au hasard, le parasitisme étant un des principaux points critiques des élevages alternatifs au regard de la littérature. L'objectif est de décrire le parasitisme dans ces élevages et d'établir une typologie des élevages selon leur niveau d'infection. Un autre objectif est d'étudier les performances d'outils pour le diagnostic d'*A. suum.* Au-delà des résultats *per se*, l'analyse sur le parasitisme est une illustration de la méthodologie globale utilisée dans le programme PIGAL et des résultats attendus.

PREMIÈRE PARTIE :
État des lieux sur les atouts et les faiblesses des élevages alternatifs et sur le parasitisme dans les élevages de porcs

Des éléments présentés dans cette partie de synthèse bibliographique ont été valorisés par un article scientifique dans une revue internationale (Annexe 1) et deux communications orales en français :

Delsart M., Pol F., Dufour B., Rose N., Fablet C. (2020) Pig farming in alternative systems: strengths and challenges in terms of animal welfare, biosecurity, animal health and pork safety. *Agriculture* 10(7), 261. doi:10.3390/agriculture10070261.

Delsart M. (2022) Impact sur la santé animale et la santé publique en systèmes alternatifs au travers de l'exemple de l'élevage de porcs, Journées vétérinaires Bretonnes des GTV, Saint-Quay-Portrieux

Delsart M., Pol F., Dufour B., Rose N., Fablet C. (2022) L'élevage de porcs en systèmes alternatifs : atouts et défis en termes de bien-être animal, biosécurité, santé animale et sécurité sanitaire. In Journées de la recherche porcine, Paris, pp 327-338

1. Les élevages alternatifs de porcs

Une grande diversité de systèmes d'élevages de porcs existe en systèmes alternatifs comme en système dit « conventionnel ». Cependant en systèmes alternatifs, les aménagements sont censés mieux répondre aux exigences en matière de bien-être animal et se démarquent aussi pour une production plus qualitative (Bonneau *et al.*, 2011) selon un cahier des charges correspondant par exemple en France ou dans l'union européenne (UE) à un signe officiel d'identification de la qualité et de l'origine On retrouve à la fois des élevages en plein-air mais aussi des élevages sur litière (Figure 1), avec une grande diversité de substrats (paille, sciure, foin…). L'élevage porcin en plein-air est défini 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 en croissance (Honeyman *et al.*, 2001 ; Anses, 2021). Ce système a connu une expansion rapide dans certaines régions d'Europe, d'Afrique du sud ou d'Amérique du nord (Honeyman, 2005). En 2007, plus de 60 % des porcs étaient élevés en plein-air en Uruguay (Blumetto Velazco *et al.*, 2013), alors qu'en France, en 2020, 3 725 élevages français ont déclaré élever des porcs en plein-air (Anses, 2021). La taille de ces élevages dans le monde est très variable, allant de moins de 10 à plus de 10 000 truies (Honeyman *et al.*, 2001 ; Anses, 2021); dans un élevage, tous les animaux ou seulement une partie d'entre eux peuvent avoir accès à l'extérieur (par exemple les reproducteurs ou les porcs en croissance) (Delsart et Houlbert, 2012), le reste des animaux de l'élevage pouvant être élevé sur caillebotis ou sur litière. Enfin, dans certains élevages, l'accès plein-air peut être réduit à une courette extérieure ouverte sur le bâtiment d'élevage (Anses, 2021). L'élevage sur litière présente le même type de diversité (Ramonet et Le Gal, 2015), tous les animaux n'étant pas forcément élevés sur litière au sein d'un élevage.

Figure 1- Diversité des modèles d'élevages alternatifs de porcs.

Même si les systèmes d'élevage alternatifs sont en développement dans la plupart des pays fortement producteurs de porcs de par le monde, ils ne séduisent toutefois actuellement qu'une faible fraction des éleveurs, l'élevage sur litière ou plein air ne représentant que 5 à 10 % des élevages en France (Boulestreau-Boulay *et al.*, 2012 ; Anses, 2021). Il existe peu de données numériques sur les élevages alternatifs dans leur diversité, parmi lesquels se trouvent des élevages en Agriculture Biologique ou élevages « bio », mais aussi sous d'autres signes de qualité comme des « labels rouges » ou des « labels rouges fermiers » par exemple (Dourmad *et al.*, 2018). En 2020, on comptait en France 858 élevages de porcs « Label rouge » qui commercialisaient 3,8 % de l'ensemble de la production nationale de porcs (IFIP, 2022). Si on prend l'exemple de l'élevage biologique, les statistiques sur le nombre d'animaux élevés à travers le monde selon les cahiers des charges « biologiques » sont incomplets et ne permettent pas pour l'instant d'avoir une vision complète du secteur. On sait toutefois que dans les pays européens, plus de 1,5 million de porcins étaient certifiés « bio » (issus de l'Agriculture Biologique) en 2019 (+10,6 % vs 2018), soit 1,0 % du cheptel porcin de l'UE (Agence Bio, 2021a). Les trois principaux pays sont, par ordre d'importance du nombre de porcs bio élevés, le Danemark, la France et l'Allemagne. Ils représentaient près de 74 % du cheptel bio de l'UE en 2019. En

France, en 2020, le cheptel de truies bio représentait 1,78 % du cheptel total de truies (17 451 en 2020 contre 12 124 en 2018, soit une croissance de près de 44 %) (Agence Bio, 2021b), réparties dans 633 élevages. Neuf-cent-trente-deux élevages ont produit des porcs bio en 2020 en France. À titre de comparaison, en 2018, on ne dénombrait que 541 exploitations biologiques porcines, ce qui représentait déjà une augmentation de 28 % par rapport à l'année 2016. Le rythme des conversions et des installations est porté par une forte demande des consommateurs, relayée par les distributeurs et les industriels (FNAB, 2018).

Il existe une très grande diversité de systèmes d'élevages biologiques entre et au sein de chaque pays (Edwards, 2011). L'élevage en plein-air prédomine à tous les stades physiologiques en Italie et en Suède ainsi que pour les truies en France et au Danemark, alors que beaucoup de porcs biologiques sont élevés en bâtiments en Allemagne et en Autriche (Prunier *et al.*, 2012). Cette diversité de mode de logement peut exister au sein d'un même élevage avec par exemple les truies en début de gestation logées en bâtiment et celles en fin de gestation en plein-air, comme on peut le retrouver en France ou au Danemark. L'Italie se distingue fortement des autres pays avec des élevages plus petits et faisant appel à des races locales (Prunier *et al.*, 2012).

2. Atouts et faiblesses des élevages alternatifs

2.1. Bien-être animal et systèmes d'élevage alternatifs

Le citoyen méconnait généralement le mode d'élevage des animaux de production. Il idéalise souvent l'élevage dit « fermier », alternatif, dans lequel les animaux ont un accès à un parcours extérieur ou à une zone paillée plutôt que l'élevage en bâtiment sur caillebotis (Courboulay *et al.*, 2008). Une des attentes du consommateur qui achète des aliments certifiés Agriculture Biologique est que les normes de bien-être animal soient plus élevées dans ces systèmes d'élevage (Courboulay *et al.*, 2008). Même s'il est vrai que certaines conditions d'élevage exigées par le cahier des charges bio semblent favorables au bien-être des animaux, elles ne sont toutefois pas forcément suffisantes et garantes d'un niveau supérieur de bien-être animal. En effet la notion de bien-être animal est complexe. Le bien-être animal fait référence à l'état psychologique de l'individu par rapport à son environnement interne et externe (Mormede *et al.*, 2006). D'après l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) en France, « 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, 2018a). Dans cette partie, les connaissances actuelles relatives au bien-être animal dans les systèmes alternatifs de production de porcs sont synthétisées en suivant l'approche des cinq libertés établie par le Farm Animal Welfare Council (FAWC) du Royaume-Uni (Farm Animal Welfare Council, 2009).

2.1.1. **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 physique plus importante et d'une dépense d'énergie accrue par des températures ambiantes plus basses notamment l'hiver. À quantités égales d'aliment équivalent, les besoins d'un porc élevé en plein-air peuvent ne pas être couverts et générer des frustrations alimentaires, de la faim et des carences nutritionnelles. 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 non biologiques, 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 pour leur alimentation.

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 (Miao *et al.*, 2004). Une eau de mauvaise qualité peut impacter la consommation hydrique et être à l'origine de problèmes de santé chez les animaux (Martineau et Morvan, 2010). 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 (Delsart et Houlbert, 2012) 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.

2.1.2. **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[1] était nettement inférieur dans les élevages alternatifs, avec accès à l'extérieur ou sur paille, que dans les élevages en claustration (Alban *et al.*, 2015 ; 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.

Le temps consacré au repos ne semble pas différent pour les porcs élevés sur caillebotis ou sur paille (Schouten, 1986). Toutefois les animaux élevés à l'extérieur semblent plus actifs que ceux élevés à l'intérieur. Durant la nuit, les animaux ayant accès à l'extérieur ont tendance à se regrouper pour se reposer dans une zone commune d'un abri comme cela a été montré dans une étude réalisée sur 86 porcs ibériques (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2010). Au-delà du confort, l'abri pourrait être considéré, selon les auteurs, comme un lieu de refuge ou une cachette contre les prédateurs. Dans ces abris, les animaux ont tendance à préférer les endroits sans courant d'air (Ingram et Legge, 1970).

Les porcs présentent des possibilités de régulation thermique limitées et dépendantes, en milieu sauvage, de leur 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 plages de 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 de près de 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 (abris pour les porcs des élevages alternatifs de type plein-air) 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 augmentent 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 incite les porcelets à se rapprocher de leur mère et favorise leur 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, celles disposant d'une zone spécifique pour les porcelets limitant les écrasements (Honeyman et Roush, 2002). 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 par les porcs pour se rafraichir par temps chaud et se protéger des insectes (D'Eath et Turner, 2009).

Comme pour l'absence de faim et de soif, des indicateurs peuvent être utilisés pour objectiver l'inconfort des animaux (Welfare Quality Consortium, 2009). Déterminer les taux d'animaux recroquevillés, frissonnant voire haletant peut être informatif. Cependant, ces éléments sont

[1] Une bursite est un sac rempli de liquide entouré de fibroblastes qui se forme dans le tissu conjonctif sous-cutané à la suite d'une pression exercée sur la peau, sur une proéminence osseuse (Mouttotou *et al.*, 1998).

dépendants d'autres facteurs que le mode d'élevage en lui-même, comme les conditions météorologiques, le jour de l'observation ou la densité des animaux (Temple *et al.*, 2012). La présence de porcs souillés par leurs déjections est un indicateur de case sale et donc d'un couchage inconfortable pour les porcs. Par ailleurs, lors d'un inconfort thermique lié au dépassement de la température critique supérieure du porc, les porcs élevés sur paille ont tendance à se rafraîchir en se vautrant dans leurs propres déjections (Temple *et al.*, 2012), ce qui les rend sales. Pour ces différentes raisons, le niveau de propreté des porcs est un indicateur indirect reflétant le niveau de confort des porcs (Welfare Quality Consortium, 2009). Évaluer la propreté des animaux n'est cependant pas si simple. Dippel *et al.* (2013) ont mis en avant une grande variabilité pour ce critère, liée à certains observateurs qui ne faisaient pas la différence entre de la boue et du fumier. Or d'après le protocole Welfare Quality®, seuls le fumier ou les matières fécales sur le corps doivent être pris en compte lors de la notation de la propreté des animaux pour objectiver la présence d'inconfort (Welfare Quality Consortium, 2009 ; Dippel *et al.*, 2013).

2.1.3. **Absence de douleur, de blessure (et de maladie)**

L'absence de maladie est développée dans la partie 2.3, comme les mortalités néonatales par écrasements qui sont développées dans un paragraphe consacré aux mortalités de porcelets non sevrés.

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. Ces moyennes cachent toutefois une très grande variabilité entre élevages dans cette étude, indépendamment du système d'exploitation.

Les porcelets élevés en plein-air présentent moins de comportements agonistiques, susceptibles de causer des blessures, 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). Cependant 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 lésions de cannibalisme sur la queue. 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 queue que des animaux issus de systèmes conventionnels. À 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 fouir 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[2], 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 par fouissage 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).

2.1.4. **Liberté d'exprimer des comportements naturels**

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 dits « naturels » pour leur espèce. Les principaux comportements naturels pouvant plus difficilement être exprimés en élevage intensif sont, pour les porcs, l'exploration de l'environnement par fouissage du sol et les interactions sociales entre congénères.

En milieu sauvage, les porcs sont actifs pendant la journée et passent 75 % de ce temps actif à rechercher de la nourriture, notamment à fouir, 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 dans les systèmes de production alternatifs que dans les systèmes conventionnels. Les animaux en systèmes alternatifs sont plus souvent en position débout (Guy *et al.*, 2002a ; Morrison *et al.*, 2007 ; Courboulay *et al.*, 2008 ; Blumetto Velazco *et al.*, 2013) alors que les animaux en élevages confinés sont inactifs la plupart du temps (Guy *et al.*, 2002a ; Blumetto Velazco *et al.*, 2013). C'est notamment le cas pour les porcs en croissance élevés sur paille (Guy *et al.*, 2002a ; Morrison *et al.*, 2007) ou en plein-air (Blumetto Velazco *et al.*, 2013). Dans une étude uruguayenne (Blumetto Velazco *et al.*, 2013), le comportement de 48 porcs élevés avec un accès extérieur et celui de 48 porcs élevés à l'intérieur ont été comparés. Les animaux élevés à l'extérieur sont en général plus actifs et présentent deux pics d'activité (le matin et l'après-midi), alors que les porcs confinés sont plus sédentaires et ont un comportement plus stable tout au long de la journée. Sur paille, les porcs en croissance passent plus de temps à être en interaction avec leur environnement et à avoir un comportement exploratoire (Guy *et al.*, 2002a ; Morrison *et al.*, 2007 ; Courboulay *et al.*, 2008). 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 (Van de Weerd et Day, 2009 ; Temple *et al.*, 2012 ; Pandolfi *et al.*, 2017). La paille est donc un enrichissement environnemental adapté pour les porcs, leur permettant d'exprimer leur comportement d'investigation et de fouissage.

Les animaux élevés à l'extérieur ont tendance à présenter moins de comportements agressifs par rapport aux porcs élevés en bâtiment, avec moins de bagarres et d'agressions réciproques (Blumetto Velazco *et al.*, 2013). C'est notamment le cas pour les porcelets non sevrés qui ont moins de comportements agonistiques et passent moins de temps à interagir avec leur mère lorsqu'ils sont

[2] l'épointage des dents consiste à écourter les canines des porcelets dans les premiers jours de vie afin de réduire les lésions cutanées des porcelets et des tétines des truies

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 différents substrats 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.

2.1.5. **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 déterminante pour ce critère en élevage alternatif qu'en élevage confiné (Sutherland *et al.*, 2013).

Le sevrage est une période critique d'adaptation et de stress. Les effets cumulés d'une séparation soudaine de la truie, d'un passage d'un régime laitier à un régime à base de céréales, d'un mélange avec des porcs inconnus pour la première fois et d'un changement d'environnement physique, imposent des exigences importantes en termes d'adaptation (Prunier *et al.*, 2010 ; Van der Meulen *et al.*, 2010). Le sevrage semble être moins stressant pour les porcelets en plein-air que dans les systèmes confinés (Hötzel *et al.*, 2004). Dans une étude comparant le comportement des porcelets sevrés à 3 semaines d'âge en fonction de leur système d'élevage, les porcelets en bâtiment passaient plus de temps, au sevrage et après le sevrage, à exprimer des comportements agonistiques et oro-nasaux envers leurs congénères que les porcelets en plein-air (Hötzel *et al.*, 2004). Dans une étude japonaise, deux groupes de porcelets nés et élevés en plein-air ou dans des cases standards en bâtiment ont été sevrés à l'âge de 4 semaines. Les oreilles de tous les porcelets ont été percées au sevrage à l'aide de boucles auto-perforantes, comme stimulus de stress. Suite au stress, les niveaux de cortisol salivaire ont significativement plus augmenté dans le groupe logé à l'intérieur que dans le groupe logé à l'extérieur (Yonezawa *et al.*, 2012).

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 (Jensen, 1986 ; Bøe, 1991). L'augmentation de 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 biologiques, 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 (Mason *et al.*, 2003 ; 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 ; Fleming *et al.*, 2016). 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.

2.1.6. **Bilan**

Les systèmes extensifs plein-air donnent aux animaux la possibilité d'exprimer un panel comportemental plus large qu'en bâtiment fermé, 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 (Tableau 1). Les systèmes sur litière 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 dans leur ensemble, avec un environnement riche, offrent de nombreuses solutions pour contrôler des 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.

Tableau 1- Synthèse des atouts et des limites en termes de bien-être animal en fonction des modes d'élevage.

	Conventionnel	Bâtiment avec litière	Plein-air intégral	Bâtiment avec courettes extérieures	Références bibliographiques
Absence de faim	+++	++	+	++	Henry *et al.*, 1992 ; Malmauret *et al.*, 2002 ; Scott *et al.*, 2009 ; Wolf et Kamhues, 2011 ; Temple *et al.*, 2012 ; Dippel *et al.*, 2013
Absence de soif	+++	+++	+	+++	Miao *et al.*, 2004 ; Delsart et Houlbert, 2012
Absence d'inconfort :					
- **climatique :**					
- **T° Chaudes**	++	++	?	+++	Ducreux *et al.*, 2002 ; Mormede *et al.*, 2006 ; D'Eath et Turner, 2009 ; Temple *et al.*, 2012 ; Rangstrup-Christensen *et al.*, 2018a
- **T° Froides**	+++	+++	?	+++	Arey, 1993 ; Tuyttens, 2005 ; Brillouet *et al.*, 2010
- **Humidité**	+++	+++	-	++	Berger *et al.*, 1997 ; Brillouet *et al.*, 2010
- **physique :**					
- **Sol confortable**	-	+++	+++	+++	Guy *et al.*, 2002a ; Gillman *et al.*, 2008 ; Alban *et al.*, 2015 ; Kongsted et Sørensen, 2017
- **Aire de repos confortable**	+	++	?	+++	Ingram et Legge, 1970 ; Schouten, 1986 ; Olsen *et al.*, 2001 ; Honeyman, 2005 ; Mormede *et al.*, 2006 ; Rodríguez-Estévez *et al.*, 2010 ; Blumetto Velazco *et al.*, 2013
Absence de douleur, de blessures	-	+++	++	+	Brown *et al.*, 1996 ; Guy *et al.*, 2002a ; Hötzel *et al.*, 2004 ; Van der Mheen et Vermeer, 2005 ; D'Eath et Turner, 2009 ; Scott *et al.*, 2009 ; Brillouet *et al.*, 2010 ; Prunier, 2010a ; Prunier *et al.*, 2012 ; Dippel *et al.*, 2013 ; Alban *et al.*, 2015 ; Kongsted et Sørensen, 2017 ; Leeb *et al.*, 2019
Exprimer un comportement naturel	-	+++	+++	+++	De Jong *et al.*, 1998 ; Johnson *et al.*, 2001 ; Guy *et al.*, 2002a ; Weary *et al.*, 2002 ; Hötzel *et al.*, 2004 ; Van de Weerd *et al.*, 2006 ; Morrison *et al.*, 2007 ; Courboulay *et al.*, 2008 ; Van de Weerd et Day, 2009 ; Temple *et al.*, 2012 ; Blumetto Velazco *et al.*, 2013 ; Prunier *et al.*, 2014 ; Pandolfi *et al.*, 2017 ; Verdon *et al.*, 2019
Absence de stress, de peur	+++	+++	+	++	Mason *et al.*, 2003 ; Hötzel *et al.*, 2004 ; Scott *et al.*, 2009 ; Van der Meulen *et al.*, 2010 ; Hötzel *et al.*, 2010 ; Yonezawa *et al.*, 2012 ; Prunier *et al.*, 2014 ; Fleming *et al.*, 2016

+++ : Très favorable ; ++ assez favorable ; + peu favorable ; - défavorable ; ? inconnu

2.2. Biosécurité et systèmes d'élevage alternatifs

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 de l'agent pathogène au sein de l'exploitation (bio-compartimentation), pour limiter la dissémination de l'agent infectieux en dehors de l'exploitation (bio-confinement), afin de prévenir le risque de contamination des humains et prévenir toute contamination environnementale ainsi que la persistance de l'agent pathogène dans l'environnement (Faculté de Médecine Vétérinaire de Liège). Notre réflexion ici est centrée au niveau de l'élevage et sur tous les éléments de vulnérabilité de cet élevage, à savoir la possible introduction d'agents pathogènes de l'extérieur (bio-exclusion) et les facteurs de propagation internes à l'élevage (bio-compartimentation). Nous ne nous intéressons pas au risque que représente l'élevage pour l'extérieur, le bio-confinement n'est ainsi pas traité.

2.2.1. **Bio-exclusion**

Les mesures de biosécurité mises en place dans ce cadre 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 par exemple le virus de la peste porcine africaine (PPA) dans les zones infectées, est beaucoup plus élevée (Anses, 2018b). 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 où la mise en œuvre de mesures de protection des parcours est extrêmement difficile (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 (PPC) (Garin-Bastuji *et al.*, 2000), de PPA (Anses, 2018b) ou de maladie d'Aujeszky (Charrier *et al.*, 2018) dans les zones infectées. 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 (Roman *et al.*, 2006). Dans une étude réalisée en Suisse entre 2008 et 2010, il a été montré que les contacts entre sangliers et porcs élevés en plein-air ne sont pas rares et conduisent même à la naissance d'hybrides de cochons et de sangliers (Wu *et al.*, 2012). Les sangliers s'approchent d'autant plus près de la clôture du parc où sont élevés les porcs (< 2 m) que la distance entre le parc et la ferme est importante ; le risque d'intrusion augmente si cette distance est supérieure à 500 m et si le parc n'est protégé que par une simple clôture électrique, ou tout autre clôture dont la hauteur est inférieure à 60 cm.

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 les hérissons, les renards et les rats (Pritchard *et al.*, 2005 ; Roman *et al.*, 2006). Les rongeurs peuvent être des réservoirs de multiples pathogènes pouvant affecter les porcs comme *Erysipelothrix rhusiopathiae*, agent du rouget (Leirs *et al.*, 2004), *Brachyspira hyodysenteriae*, *Lawsonia intracellularis* (Roman *et al.*, 2006), plusieurs sérovars de salmonelles 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 d'agents pathogènes 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 (Roman *et al.*, 2006), de salmonelloses (Roman *et al.*, 2006 ; Andres et Davies, 2015), ou de tuberculoses aviaires (Roman *et al.*, 2006).

Parmi les autres vecteurs de maladies on peut aussi citer les insectes ou certaines tiques, comme *Ornithodoros moubata* et *O. erraticus* qui ont contribué à la transmission du virus de la PPA dans les élevages plein-air dans la péninsule ibérique (Sanchez-Botija, 1963 ; Brown et Bevins, 2018). Il existe souvent des caractéristiques géographiques. Ainsi les deux espèces de tique précédemment citées ne sont présentes que dans des zones bien déterminées, elles ne vivent pas en France métropolitaine par exemple (Anses, 2014). Il existe en outre une spécificité liée à l'espèce, toutes les tiques ne pouvant pas transmettre le virus de la PPA.

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 PPC. Cette hypothèse semble notamment la plus probable dans le cadre de la contamination par le virus de la PPA d'un élevage grec en 2020 (EFSA *et al.*, 2021).

La litière et notamment la paille 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 (Matlova *et al.*, 2004 ; 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 par ailleurs être protégée d'éventuelles contaminations par des nuisibles (Delsart, 2019). Il en est de même pour les aliments distribués aux animaux (Bellini *et al.*, 2016 ; Delsart, 2019).

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 PPA en Europe, pousse les filières porcines et les États à prendre conscience de l'importance de la biosécurité. De nombreuses directives techniques ont été rédigées dans ce sens (FAO, 2010 ; Direction générale de la santé et de la sécurité sanitaire de la commission européenne, 2013 ; Scotland's Rural College, 2015). L'Espagne est un exemple de pays ayant des normes de biosécurité strictes pour la production porcine en plein-air (Ministerio de Medio Ambiante y Medio Rural y Marino, 2009). 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 avec les animaux élevés dans des élevages avec courettes extérieures, ou en bâtiment sur litière avec un ou plusieurs pans de murs ajourés sur l'extérieur (Delsart, 2019). Cependant ces clôtures sont souvent coûteuses et difficiles à mettre en place (Fleming *et al.*, 2016), 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 (fuites de courant vers le sol). Un désherbage autour

de la clôture est donc nécessaire mais peut rapidement devenir fastidieux, notamment dans les élevages biologiques où l'utilisation de désherbants de synthèse est en général interdite. Il existe des mesures alternatives aux clôtures, comme l'ajout d'un chien sur le parcours, de répulsifs et/ou de dispositifs d'effarouchement pour éloigner les suidés sauvages, ou encore l'ovariectomie et l'immunocastration afin que les femelles en croissance n'attirent pas les sangliers mâles durant leurs chaleurs. Toutefois peu d'éléments scientifiques concernant l'efficacité réelle de ces mesures alternatives pour protéger les élevages de l'introduction d'agents pathogènes sont disponibles dans la littérature (Anses, 2021).

2.2.2. **Bio-compartimentation**

La bio-compartimentation consiste à limiter la dissémination des agents pathogènes au sein de l'élevage. 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 les déjections de leurs congénères. 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). Les types de sol et de bâtiment ont 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 (Martineau et Morvan, 2010) 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 (The Commission of European Communities, 2008).

2.2.3. **Bilan**

La biosécurité est probablement le plus grand défi pour l'élevage de porcs alternatif (Tableau 2). 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 bio-exclusion et de bio-compartimentation. 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. La difficulté de ces élevages à appliquer des mesures strictes de biosécurité peut aussi être un des obstacles à leur développement, les éleveurs craignant pour la santé de leurs animaux.

Tableau 2- Synthèse des atouts et des limites en matière de biosécurité en fonction mode d'élevage.

	Conventionnel	Bâtiment avec litière	Plein-air	Bâtiment avec courettes extérieures	Références bibliographiques
Biosécurité générale	+++	++	-	+	Alawneh *et al.*, 2014
Bio-confinement / bio-exclusion					
- **Contacts :**					
- **Faune sauvage**	+++	++	-	+	Garin-Bastuji *et al.*, 2000 ; Roman *et al.*, 2006 ; Wu *et al.*, 2012 ; Bellini *et al.*, 2016 ; Charrier *et al.*, 2018 ; Anses, 2018b ; Wormington *et al.*, 2019
- **Nuisibles et vecteurs**	+++	++	-	+	Sanchez-Botija, 1963 ; Leirs *et al.*, 2004 ; Pritchard *et al.*, 2005 ; Roman *et al.*, 2006 ; Andres et Davies, 2015 ; Brown et Bevins, 2018
- **Homme**	++	++	-	+	Sørensen *et al.*, 2006
- **Litière et aliment**	++	-	+	++	Matlova *et al.*, 2004 ; Roman *et al.*, 2006 ; Álvarez *et al.*, 2011 ; Delsart, 2019
Bio-compartimentation	++	+	-	-	EFSA, 2005 ; Martineau et Morvan, 2010 ; Alawneh *et al.*, 2014

+++ : Très favorable ; ++ assez favorable ; + peu favorable ; - défavorable ; ? inconnu

2.3. Santé animale en systèmes d'élevage alternatifs

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. Dans la suite de ce paragraphe nous présentons les atouts mais aussi les faiblesses des systèmes de production alternatifs sur la santé des animaux, par grande fonction, à tous les stades physiologiques.

2.3.1. 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 (Berger *et al.*, 1997 ; Robledo *et al.*, 2007 ; Wallenbeck *et al.*, 2009 ; Rousing, 2011 ; Rangstrup-Christensen *et al.*, 2018b). 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 dans les cabanes 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 (Rangstrup-Christensen *et al.*, 2018b). Elle est d'autant plus élevée en production biologique que la taille de la portée est importante (Prunier *et al.*, 2014 ; Rangstrup-Christensen *et al.*, 2018a) et que la truie est grasse et âgée (Rangstrup-Christensen *et al.*, 2018a).

Les écrasements de porcelets constituent de loin la première cause de mortalité avant sevrage dans les élevages alternatifs (Edwards *et al.*, 1994 ; Rangstrup-Christensen *et al.*, 2018b). 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). Lorsque les mise-bas se déroulent en plein-air, une grande partie de la responsabilité du suivi de la mise-bas puis de la lactation est transférée de l'éleveur à la truie comparativement aux truies en système conventionnel (Prunier *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 élevage alternatif et pour des raisons infectieuses en bâtiment (Kilbride *et al.*, 2012). Dans cette même étude, il a été constaté une réduction du taux 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. Les auteurs n'excluent toutefois pas un possible effet génétique.

En post-sevrage et 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 pour 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).

2.3.2. **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). L'une d'entre elles a notamment mis en évidence que les truies élevées en bâtiment étaient plus souvent traitées pour des problèmes de MMA que les truies élevées en plein-air, en lien, d'après les auteurs, avec les risques de constipations et de souillures au niveau de la mamelle quand les truies manquent de place (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. Cette possible sous détection des truies malades pourrait expliquer que la truie plein-air soit moins souvent traitée que les autres.

Parmi les agents infectieux majeurs auxquels les animaux ayant un accès plein-air sont plus exposés que ceux sans accès extérieur, il y a bien entendu *Brucella suis*, dont la séroprévalence est élevée chez les sangliers, notamment en Europe (Garin-Bastuji *et al.*, 2000 ; Cvetnić *et al.*, 2009). L'infection par *B. suis* peut conduire à des troubles de la reproduction, comme des troubles de la fertilité, des avortements ou des orchites sur les verrats (Olsen *et al.*, 2019). Dans une étude réalisée entre 2000 et 2004 en Croatie, 67 des 1 997 troupeaux testés ont présenté des anticorps contre la brucellose (3,3%) attestant de l'exposition à cet agent infectieux. Parmi eux, seuls deux n'étaient pas conduits en plein-air (Cvetnić *et al.*, 2009).

L'infection par des leptospires peut aussi induire des troubles de la reproduction chez la truie (leptospirose). Les porcs ayant un accès plein-air sont exposés aux sérovars de *Leptospira* provenant de la faune sauvage (Pritchard *et al.*, 2005), mais il existe peu d'études mettant en évidence une surexposition de ces animaux. Dans une étude réalisée dans 11 élevages suédois, il a été montré un lien entre la pluviométrie et le niveau de séropositivité vis-à-vis de *Leptospira interrogans* sv Bratislava, suggérant ainsi que plus il pleut dans une région, plus les animaux élevés en plein-air sont exposés au risque « leptospire » (Boqvist *et al.*, 2012). Il est légitime de penser que les animaux élevés en bâtiment ne soient pas affectés de la même façon par les variations de pluviométrie.

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 dans sa globalité. 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.

2.3.3. **Maladies respiratoires**

Bien que l'élevage en système ouvert semble offrir de nombreux facteurs protecteurs vis-à-vis des maladies respiratoires, notamment en termes de qualité de l'air, comparativement à l'élevage en conditions confinées, 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 (Dippel *et al.*, 2013), 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 même si une évaluation à cet âge n'objectivera pas totalement des affections survenues plus précocement dans la vie de l'animal (par exemple en maternité). D'après une étude réalisée sur 3 054 porcs 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), confirmant des résultats observés dans une étude précédente sur plus de 200 000 porcs (Bonde, 2006). Dans une autre étude réalisée en Suède, 7,4 % des 3 963 799 porcs conventionnels observés à l'abattoir présentaient des

lésions de pleurésie contre seulement 1,8 % des 3 464 porcs biologiques (Hansson *et al.*, 2000). Mais il existe des études discordantes, plus récentes, notamment celles de Kongsted et Sørensen (2017) ou de Alban *et al.* (2015), 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. Seules les pleurésies sont plus fréquentes dans l'étude d'Alban *et al.* dans les élevages conventionnels, avec un Odds Ratio (OR) estimé à 0,8 ($p<0,0001$) pour ce type de lésions dans les systèmes alternatifs par rapport au système conventionnel (Alban *et al.*, 2015). Au-delà du système d'élevage, c'est surtout un effet élevage qui est mis en évidence dans l'étude de Kongsted et Sørensen (2017), en lien avec une gestion différente des facteurs de risque de pathologie respiratoire, comme par exemple la qualité du confort thermique et de la ventilation, l'hygiène, la conduite d'élevage ou encore l'alimentation (Stärk *et al.*, 1998 ; Maes *et al.*, 1999 ; Fablet *et al.*, 2012 ; Yaeger et Van Alstine, 2019).

2.3.4. **Pathologie digestive**

A l'instar de la pathologie respiratoire, la pathologie digestive est une autre grande dominante en production porcine et concerne aussi les systèmes de production alternatifs, et notamment la production biologique (Prunier *et al.*, 2012 ; Dippel *et al.*, 2013 ; Leeb *et al.*, 2019). Cette pathologie concerne principalement les porcelets non sevrés et les porcs en croissance, rarement les truies (Dippel *et al.*, 2013). 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. En plein-air, l'accès durant la lactation à un environnement plus riche contenant des herbages, de la terre ou d'autres matériaux modifie le comportement alimentaire du porcelet dans la période suivant immédiatement le sevrage, en réduisant la période d'anorexie qui accompagne habituellement cette période (Weary *et al.*, 2002). Cette anorexie peut avoir un impact sur le tractus gastro-intestinal des animaux, comme l'atrophie des villosités intestinales (Pluske *et al.*, 1996), qui contribue au développement de diarrhées osmotiques, tandis que les matières alimentaires non absorbées peuvent servir de substrat à des *Escherichia coli* entérotoxinogènes dans l'intestin. Cela pourrait expliquer la fréquence moins élevée de diarrhées observées dans l'étude de Leeb *et al.* (2019) sur les animaux élevés en plein-air. Toutefois, ces résultats sont à relativiser, au regard de la difficulté d'observer ce type de symptômes sur des animaux à l'extérieur (Dippel *et al.*, 2013 ; Leeb *et al.*, 2019). 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). Seule la famille des *Bifidobacteriaceae* était significativement plus importante dans le microbiote de porcs biologiques. Par ailleurs, l'augmentation de l'âge au sevrage de 4 à 6 ou 7 semaines, comme dans les élevages biologiques, ne semble pas avoir d'impact sur les caractéristiques fonctionnelles de la muqueuse de l'intestin grêle (Van der Meulen *et al.*, 2010).

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.*, 2002b).

Comme pour la pathologie respiratoire, 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, là-aussi, par des différences de gestion des facteurs de risque, comme les conditions environnementales, la conduite d'élevage, l'hygiène ou l'alimentation. En l'absence de certaines matières premières, et notamment les acides aminés de synthèse, l'alimentation des porcs biologiques peut être délicate (Hovi *et al.*, 2003). Cela impose une attention particulière quant au choix des matières premières composant l'aliment distribué aux animaux, afin de prévenir notamment les troubles digestifs (Hovi *et*

al., 2003) et ainsi ne pas affecter le bien-être des animaux (Lund et Algers, 2003 ; Spoolder, 2007). 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.

2.3.5. **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). Nous ne rentrons pas ici dans les détails, car nous y revenons plus largement dans la seconde partie de cet état des lieux, consacrée plus spécifiquement au parasitisme interne.

Les principaux ectoparasites 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 à des couverts forestiers (Salajpal *et al.*, 2013). Selon les études, les niveaux de prévalence différent. Ainsi, dans une étude autrichienne (Baumgartner *et al.*, 2003) la présence d'*H. suis* et *de S. scabiei* a été mise en évidence dans 29 des 48 élevages biologiques étudiés (60 %) alors qu'aucun signe de gale ou de poux n'a été observé dans les 9 élevages biologiques d'une étude danoise (Carstensen *et al.*, 2002). Dans une enquête réalisée dans 110 élevages allemands, respectivement 2,5 % et 19,1 % des truies observées étaient infestées par *H. suis* et *S. scabiei* var. *suis* (Damriyasa *et al.*, 2004). Les auteurs ont observé que les truies logées sur paille en maternité avaient beaucoup plus de risque d'être infestées par *S. scabiei* (OR = 15,0 $[2,9 ; 77,6]_{95\,\%}$). Pour *H. suis*, c'est l'accès des truies au plein-air qui constituait un important facteur de risque (OR = 12,7 $[4,0 ; 40,7]_{95\,\%}$).

2.3.6. **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 (Kongsted et Sørensen, 2017). Alban *et al.* (2015), dans une étude antérieure, avaient aussi observé plus d'eczéma et de piqures d'insectes sur les animaux issus d'élevages non conventionnels (OR = 3,2, $p < 0,001$).

2.3.7. **Troubles locomoteurs**

Les troubles locomoteurs, objectivés en premier lieu par la présence de boiteries sur les animaux, sont des affections souvent observées en élevages de porcs. Elles touchent tous les stades, y compris les animaux reproducteurs. Plusieurs études montrent que les truies élevées dans des systèmes alternatifs présentent moins de risque de boiteries qu'en élevage en bâtiment confiné. 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 sur les truies en élevages bio). La qualité du sol semble avoir une importance dans le déterminisme des boiteries. Leeb *et al.* (2019) ont observé moins de boiteries lorsque les truies ne sont pas élevées exclusivement 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), avec plus de lésions au niveau du talon et des onglons.

Les boiteries sur les animaux peuvent avoir différentes causes, comme par exemple des arthrites, des fractures, des lésions au niveau des pieds et des onglons. L'ostéochondrose est considérée comme la principale cause de faiblesse des membres chez le porc (Martineau et Morvan, 2010 ; Van Grevenhof *et al.*, 2011) et par voie de conséquence de boiteries. L'ostéochondrose est une lésion rencontrée traditionnellement sur les animaux entre 6 et 20 semaines d'âge, mais peut aussi affecter des animaux plus âgés, notamment les jeunes reproducteurs (Martineau et Morvan, 2010 ; Madson *et al.*, 2019). C'est une lésion largement répandue dans les élevages (Martineau et Morvan, 2010). C'est ce que confirme l'étude de Van Grevenhof *et al.* (2011) dans laquelle 41,4 % des 345 porcs observés à l'abattoir présentaient des lésions d'ostéochondrose, 12,4 % des porcs avaient des lésions sévères. Les animaux issus d'élevages conventionnels présentaient significativement plus de lésions que les animaux élevés sur litière. Pourtant cette différence n'est pas observée dans toutes les études. Jørgensen (2003) n'a pas mis en évidence de différence de prévalence d'ostéochondrose selon que les animaux sont élevés sur caillebotis, sol plein ou paille. Etterlin *et al.* (2014 ; 2015) ont même montré l'inverse : partant du constat d'un taux plus important de saisies pour des lésions articulaires en Suède sur les porcs biologiques que sur les porcs conventionnels, les auteurs ont comparé les articulations de 91 porcs élevés avec une aire paillée et un parcours extérieur, et celles de 45 porcs élevés confinés sur caillebotis partiel. Ils ont noté des lésions d'ostéochondrose plus nombreuses et plus sévères sur les animaux élevés avec un accès plein-air. Les auteurs avancent l'hypothèse que le développement des ostéochondroses serait favorisé par l'ampleur et la diversité des contraintes biomécaniques subies par les porcs élevés en plein-air.

Les arthrites constituent une autre cause de boiterie. Des observations menées à l'abattoir montrent qu'elles 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 sur près de 4 millions de porcs, il a été constaté qu'il y avait plus d'arthrites sur les porcs biologiques que les animaux non biologiques (1,5 % contre 0,4 % sur les porcs conventionnels) (Hansson *et al.*, 2000). Une moins bonne gestion d'*Erysipelothrix rhusiopathiae* dans les élevages biologiques, bactérie pouvant séjourner dans le sol des enclos, 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.

2.3.8. **Anémie et supplémentation en fer**

Le porcelet nait naturellement avec peu de réserves en fer. Des porcelets anémiés, carencés en fer, sont plus sensibles aux infections, le fer interférant avec le système immunitaire des animaux (Svoboda *et al.*, 2008 ; Pu *et al.*, 2018). 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 (Prunier *et al.*, 2012). 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). Il faut 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). En effet 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 (±1,7) jours d'âge, pour assurer un apport en fer suffisant et de meilleures croissances des porcelets jusqu'au sevrage.

2.3.9. **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 faible, 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 en terme de vitesse de réponse immunitaire suite à des injections de thyroglobuline bovine selon que les porcs sont élevés en bâtiment ou avec un accès plein-air. Les IgG et IgM augmentent moins vite suite à l'injection pour les animaux avec un accès plein-air en raison, d'après les auteurs, des différences de pressions d'infection, des différences environnementales et des niveaux de stress.

L'exposition à certains composés toxiques peut affecter les capacités de défense immunitaire des animaux. Certaines mycotoxines, comme le déoxynivalénol ou les fumonisines par exemple, ont un impact négatif sur le système immunitaire des porcs, avec une réceptivité accrue aux maladies infectieuses et une diminution de l'efficacité des vaccins (Diaz, 2005 ; Pierron *et al.*, 2016). Les mycotoxines correspondent à des composés produits par diverses espèces de champignon qui poussent sur de nombreuses matières premières utilisées pour l'alimentation animale. 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 biologiques qui servent à l'alimentation des porcs élevés sous label bio (Pussemier *et al.*, 2006). 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).

2.3.10. **Traitements**

L'intégrité et l'efficacité du système immunitaire sont d'autant plus importantes à prendre en compte en production biologique que les possibilités de traitement en cas d'infections sont limitées (Hämeenoja, 2002 ; The Commission of European Communities, 2008). Dans le règlement de la Commission Européenne relatif à la production biologique, il est stipulé que si un problème sanitaire se déclare, les animaux doivent être traités par ordre de préférence avec des substances d'origine végétale, animale ou minérale en dilution homéopathique, des plantes ou des extraits de plantes dépourvus d'effets anesthésiants, ou des substances telles que des oligoéléments, des métaux, des immunostimulants naturels ou des probiotiques autorisés (The Commission of European Communities, 2008). L'utilisation de traitements allopathiques de synthèse, et notamment des antibiotiques et des anthelminthiques, est autorisée mais seulement de façon limitée (Hämeenoja, 2002 ; The Commission of European Communities, 2008). Or les preuves scientifiques de l'efficacité de ces traitements alternatifs, notamment l'homéopathie, sont souvent manquantes ou incomplètes (Kijlstra et Eijck, 2006 ; Sutherland *et al.*, 2013). Utiliser un traitement insuffisamment efficace sur un animal malade retentit bien évidemment sur sa santé et son bien-être (Lund et Algers, 2003). 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 consommation de médicaments chimiques de synthèse est ainsi plus faible dans les systèmes de production biologique. 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). Au-delà des contraintes imposées par le cahier des charges, la difficulté de traiter les animaux en plein-air pourrait par ailleurs expliquer en partie ces différences.

Quasiment toutes les études montrent que la prévalence de bactéries résistantes aux antibiotiques est inférieure dans les élevages bio que dans les élevages non Bio, en lien probable avec cette moindre utilisation des anti-infectieux de synthèse (Hoogenboom *et al.*, 2008 ; Tamang *et al.*, 2015). Ainsi, dans une étude réalisée dans 223 élevages (111 élevages biologiques et 112 élevages conventionnels) répartis dans 4 pays européens (Danemark, France, Italie et Suède), des différences de résistances aux antibiotiques ont été mises en évidence entre les *E. coli* isolés dans le contenu du colon ou dans les fèces des porcs conventionnels et ceux isolés des porcs biologiques (Österberg *et al.*, 2016). Les pourcentages de souches résistantes à l'ampicilline, à la streptomycine, aux sulfamides ou au triméthoprime étaient significativement plus faibles pour les *E. coli* provenant de porcs biologiques. D'autres études confirment ces observations (Hoogenboom *et al.*, 2008 ; Zwonitzer *et al.*, 2016) pour *E . coli* mais aussi pour d'autres bactéries comme *Salmonella*. Dans une étude réalisée en Corée entre 2012 et 2013, il a été montré que les salmonelles isolées dans les élevages biologiques étaient significativement moins résistantes aux tétracyclines, à l'ampicilline ou à la gentamycine (Tamang *et al.*, 2015). Il y a en outre dans cette étude significativement plus de salmonelles résistantes à 3 classes d'antibiotiques ou plus dans les élevages conventionnels. Dans une autre étude réalisée à la fois en France et en Suède, des différences de résistances aux tétracyclines et à l'érythromycine ont été mises en évidence parmi les souches de *Campylobacter coli* isolées dans le colon ou les déjections, toujours en faveur des porcs issus des élevages biologiques (Kempf *et al.*, 2017). Toutefois, ces résultats divergent selon le pays. En effet, cette différence était significative en France, mais pas en Suède. Ces différences nationales ont également été rapportées dans une autre étude réalisée en Europe (Österberg *et al.*, 2016). Par exemple, la proportion d'*E. coli* résistants aux tétracyclines était significativement plus faible chez les porcs issus d'élevages biologiques en France, en Italie et au Danemark, mais ce n'était pas le cas en Suède. Pour certains antibiotiques, la proportion d'*E. coli* résistants provenant de porcs conventionnels dans un pays était même plus faible que celle concernant les porcs biologiques d'un autre pays, en lien, d'après les auteurs, avec une moindre exposition aux antibiotiques dans les élevages conventionnels de certains pays, comme la Suède. C'est peut-être aussi ce qui explique que Gerzova *et al.* (2015) n'ont pas mis en évidence de différences importantes entre systèmes d'élevage dans une étude visant à quantifier des gènes de résistance aux antibiotiques (*sul1, sul2, strA, tet(A), tet(B) et cat*) dans des échantillons fécaux prélevés dans des élevages biologiques et conventionnels danois, français, italiens et suédois. La seule différence significative concernait la prévalence des gènes de résistance entre pays, avec une prévalence plus importante dans les pays du sud de l'Europe (France et Italie). Dans cette étude, la localisation géographique avait plus d'influence sur la résistance aux antibiotiques du microbiote fécal que le type d'élevage.

2.3.11. **Bilan**

L'accès à l'extérieur expose 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 (Tableau 3). 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 affectés par les 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 suivant 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.

Tableau 3- Synthèse des atouts et des limites en termes de santé animal en fonction des modes d'élevage.

	Conventionnel	Bâtiment avec litière	Plein -air	Bâtiment avec courettes extérieures	Références bibliographiques
Mortalités :					
- **Truies**	+++	?	-	?	Karg et Bilkei, 2002
- **Porcelets non sevrés**					
- **Morts nés**	-	+++	+++	+++	Kilbride *et al.*, 2012
- **Écrasements**	+++	-	-	-	Robledo *et al.*, 2007 ; Kilbride *et al.*, 2012
- **Causes infectieuses**	-	+++	+++	+++	Kilbride *et al.*, 2012
- **Prédation**	+++	+++	-	-	Edwards *et al.*, 1994 ; Fleming *et al.*, 2016
- **Porcs en croissance**	-	?	+++	+++	Lahrmann *et al.*, 2004
Troubles de la reproduction :					
- **Brucellose**	+++	+++	-	-	Cvetnić *et al.*, 2009
- **Métrite-Mammite-Agalaxie**	-	?	++	++	Karg et Bilkei, 2002 ; Leeb *et al.*, 2019
Pathologie respiratoire	-	?	+++	+++	Hansson *et al.*, 2000 ; Guy *et al.*, 2002b ; EFSA, 2005 ; Bonde, 2006 ; Bonde *et al.*, 2010 ; Leeb *et al.*, 2019
	(+/-)		(+/-)	(+/-)	Alban *et al.*, 2015 ; Kongsted et Sørensen, 2017
Pathologie digestive					
- **En général**	+/-	+/-	+/-	+/-	Weary *et al.*, 2002 ; Van der Meulen *et al.*, 2010 ; Bonde *et al.*, 2010 ; Gerzova *et al.*, 2015 ; Vannucci *et al.*, 2019
- **Ulcères gastro-œsophagiens**	-	+++	+++	+++	Guy *et al.,* 2002b
Troubles locomoteurs					
- **Truies**	-	+++	+++	+++	Heinonen *et al.*, 2006 ; Knage-Rasmussen *et al.*, 2014 ; Cador *et al.*, 2014 ; Leeb *et al.*, 2019
- **Ostéochondrose**	+/-	+/-	+/-	+/-	Jørgensen, 2003 ; Van Grevenhof *et al.*, 2011 ; Etterlin *et al.*, 2014 ; Etterlin *et al.,* 2015
- **Arthrites**	+++	?	-	-	Hansson *et al.*, 2000 ; Alban *et al.*, 2015 ; Kongsted et Sørensen, 2017
Pathologie cutanée	+++	?	-	-	Alban *et al.*, 2015 ; Kongsted et Sørensen, 2017
Parasitisme interne	+++	+	-	-	Roepstorff et Nansen, 1994 ; Jolie *et al.,* 1998 ; Carstensen *et al.*, 2002 ; Eijck et Borgsteede, 2005 ; Bonde *et al.*, 2010 ; Prunier, 2010b ; Alban *et al.*, 2015 ; Kongsted et Sørensen, 2017
Parasitisme Externe	+++	-	-	-	Damriyasa *et al.*, 2004

+++ : Très favorable ; ++ assez favorable ; + peu favorable ; - défavorable ; +/- avis divergents ; ? inconnu

2.4. Systèmes d'élevage alternatifs et sécurité sanitaire des aliments

Les zoonoses d'origine alimentaire sont des maladies infectieuses d'importances sanitaire et économique majeures (Fosse *et al.*, 2009). 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.

2.4.1. Contaminations bactériennes

Les quatre dangers zoonotiques bactériens les plus fréquents et/ou aux conséquences les plus sévères chez l'Homme sont représentés par *Campylobacter* spp., *Listeria monocytogenes, Yersinia enterocolitica* et *Salmonella* spp (Fosse *et al.*, 2009).

La campylobactériose représente la zoonose la plus fréquemment signalée en Europe en 2018 (EFSA et ECDPC, 2021). 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 (Funk et Wagstrom, 2019). 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, dans cette étude, 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 (Lariviére-Gauthier *et al.*, 2014). Les niveaux de contamination de la viande de porc par *L. monocytogenes* sont globalement faibles et à l'origine de peu de zoonoses alimentaires (EFSA et ECDPC, 2021), à la différence de *Yersinia enterocolitica*.

Au cours de la période 2005-2018, la viande de porcs et ses produits faisaient partie des catégories d'aliment les plus fréquemment signalées comme étant à l'origine de yersiniose d'origine alimentaire (EFSA et ECDPC, 2019). C'est une bactérie largement répandue dans les élevages (Skjerve *et al.*, 1998 ; Lorencova *et al.*, 2016). Plusieurs études ont montré que la prévalence de *Y. enterocolitica* dans les exploitations conventionnelles était plus élevée que dans les exploitations alternatives. C'est notamment le cas dans une étude allemande réalisée à la fois sur 210 porcs issus de six élevages d'engraissement conventionnels et sur 200 porcs provenant de trois élevages alternatifs (Nowak *et al.*, 2006). La prévalence d'animaux positifs par réaction en chaine par polymérase (PCR) pour *Y. enterocolitica* était comprise entre 20 et 37 % dans les élevages conventionnels et entre 16 et 23 % dans les élevages alternatifs. Dans une étude plus récente (Virtanen *et al.*, 2011) portant sur 788 porcs provenant de 120 fermes finlandaises, les auteurs ont montré que le système de production biologique était l'un des facteurs de protection les plus importants pour la contamination par *Y. enterocolitica*, lié, selon les auteurs, à l'utilisation importante de litière, à l'utilisation limitée d'antibiotiques et à une densité animale plus faible. Cette étude est en accord avec les résultats d'une autre étude finlandaise dans laquelle la prévalence de *Y. enterocolitica* était significativement plus élevée dans tous les types d'échantillons provenant d'élevages conventionnels comparativement à ceux issus d'élevages biologiques (Laukkanen *et al.*, 2009). Dans cette étude, la forte prévalence de *Y. enterocolitica* dans les exploitations agricoles était également associée à l'absence de litière, alors qu'à l'inverse, dans un étude réalisée auprès de 287 élevages norvégiens, l'utilisation de paille comme litière pour les porcs

en croissance représentait un facteur de risque de séropositivité vis-à-vis de *Y. enterocolitica* (OR = 2,25 [1,04 ; 4,89]$_{95\ \%}$) (Skjerve *et al.*, 1998). Dans une autre étude menée en Allemagne dans 80 élevages d'engraissement (Von Altrock *et al.*, 2011), les plus faibles prévalences sérologiques vis-à-vis de *Yersinia* étaient plus fréquemment observées dans les bâtiments dont les sols étaient composés de caillebotis intégral. Sur la base de ces études, il apparaît donc que la prévalence de *Y. enterocolitica* est plus faible dans les exploitations biologiques, mais que la paille peut être un facteur de risque, ce qui peut sembler contradictoire. Toutefois, il convient de noter que les études mettant en évidence le rôle de la paille n'ont été réalisées que dans des exploitations conventionnelles.

La salmonellose constitue la deuxième cause la plus fréquente de toxi-infection alimentaire bactérienne chez l'homme (Andres et Davies, 2015 ; EFSA et ECDPC, 2021). La viande de porcs était responsable de 13,1 % des cas de toxi-infection alimentaire par *Salmonella* spp. en 2020 en Europe (EFSA et ECDPC, 2021). 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 (Andres et Davies, 2015). Mais au regard de la complexité de l'épidémiologie des salmonelles (Davies, 2011), 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. Dans une autre étude réalisée au Danemark, les porcs issus d'élevages proposant un accès extérieur à au moins une catégorie d'animaux dans l'élevage, avaient plus de risque d'être séropositifs vis-à-vis de *Salmonella* spp. (analyses sur jus de viande), que des porcs issus d'élevages conventionnels (Wingstrand *et al.*, 1999). Dans cette étude, si une catégorie d'animaux pouvait accéder à un parcours plein-air, l'élevage était classé comme plein-air. Il y avait donc des élevages où seulement les truies étaient en plein-air. Dans une étude (Van der Wolf *et al.*, 2001) réalisée aux Pays-Bas, la séroprévalence sur sangs collectés à l'abattoir était significativement plus élevée si les porcs charcutiers (non Biologiques) avaient un accès plein-air (44,6 % contre 24,5 % pour les porcs issus d'élevages conventionnels) (Van der Wolf *et al.*, 2001). Sur 675 sérums prélevés dans trois états américains (Wisconsin, Caroline du Nord et Ohio) il a été constaté une séroprévalence significativement plus élevée de *Salmonella* spp. dans les élevages dits « Antimicrobial-Free », c'est à dire avec des animaux ayant un accès plein-air et ne recevant pas de facteurs de croissance antibiotiques (Gebreyes *et al.*, 2008). Dans le même esprit, dans une étude réalisée dans 44 élevages coréens, *Salmonella* spp. a été significativement plus souvent isolée à partir de fèces dans les élevages biologiques (79 % des élevages) que dans les élevages conventionnels (53 % des élevages) (Tamang *et al.*, 2015). Après sérotypage par PCR, les auteurs ont, en outre, montré une plus grande diversité des sérovars isolés en élevages biologiques, *Salmonella* Typhimurium étant toutefois significativement plus fréquemment isolée dans les élevages conventionnels.

Le type de sol semble avoir une grande importance dans l'explication de la contamination par *Salmonella*, 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). Cela a notamment été mis en évidence dans une étude pour laquelle les nœuds lymphatiques mésentériques de porcs issus de 62 élevages naisseurs-engraisseurs ont été prélevés et analysés en bactériologie (Nollet *et al.*, 2004). Cinquante-sept élevages (91 % des élevages) présentaient au moins un échantillon positif dans cette étude. Le type de sol ressort comme un facteur de risque : la totalité des élevages dans lesquels le caillebotis représentait moins de 50 % de la surface au sol présentait des prélèvements positifs. Dans une étude originale, 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, et durant les sept

semaines de l'étude dans les cabanes. 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 (Callaway *et al.*, 2005). 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. *Salmonella* Typhimurium DT193 monophasique était le sérotype le plus souvent isolé dans les trois types de prélèvements. Les auteurs expliquent que ce sérotype est généralement associé au porc, ce qui suggère que le porc était la source initiale de l'infection. 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.

2.4.2. Contaminations parasitaires

Les changements de méthodes de production vers des systèmes fermés ont permis la quasi élimination du risque de *Tænia solium*, *Trichinella spiralis* et *Toxoplasma gondii* dans la viande des porcs issus d'élevages conventionnels (Davies, 2011). Au même titre que pour les parasites ayant un impact sur la santé des animaux, la contamination des porcs par des parasites pouvant induire des zoonoses d'origine alimentaire est fortement influencée par le système de production. La difficulté d'assainir l'environnement ainsi que le contact plus facile avec des hôtes intermédiaires ou définitifs de ces parasites augmentent le risque de contamination des porcs ayant un accès plein-air. Nous ne rentrons pas ici dans les détails, car nous y revenons plus largement dans la seconde partie de cet état des lieux, consacrée au parasitisme.

2.4.3. Contaminations virales

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 (Chaussade *et al.*, 2013 ; Guillois *et al.*, 2016). Or les niveaux de séroprévalence dans les élevages de porcs peuvent être très élevés (Walachowski *et al.*, 2014 ; Rutjes *et al.*, 2014 ; Charrier *et al.*, 2018). 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 $[2,6 ; 38,8]_{95\,\%}$). Les auteurs de l'étude en concluent que les pratiques d'élevage extensives pourraient jouer un rôle dans l'exposition au virus. Dans une autre étude réalisée au Pays-Bas, 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 entre congénères (Rutjes *et al.*, 2014). Cette hypothèse est à rapprocher des résultats de l'étude de Fernández-Barredo *et al.* (2006) qui ont isolé de l'ARN du virus dans du fumier brut, dans 8 des 16 élevages (50 %) dans lesquels des prélèvements ont été réalisés.

2.4.4. Résidus médicamenteux

Les consommateurs perçoivent souvent la viande produite dans les systèmes alternatifs comme étant plus nutritive et plus saine, avec une moindre utilisation d'additifs pour l'alimentation animale et d'antibiotiques (Edwards, 2005). La consommation de médicaments chimiques de synthèse est en effet plus faible dans les systèmes de production extérieurs (Edwards, 2005). Dans les élevages biologiques notamment, l'utilisation de médicaments allopathiques et d'antibiotiques est limitée et constitue une des exigences des cahiers des charges. 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. En l'absence de délai légal, il est fixé à 48 heures (The Commission of European Communities, 2008). Le risque de persistance de résidus de ces traitements dans les produits issus de ces animaux est donc extrêmement faible. Dans une étude réalisée aux Pays-Bas, 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).

2.4.5. **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 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 qui jouissent actuellement d'une perception très favorable sur ces sujets. À l'exception de *Y. 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 (Tableau 4). 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.

Tableau 4- Synthèse des atouts et des limites en termes de sécurité sanitaire en fonction des modes d'élevage.

	Conventionnel	Bâtiment avec litière	Plein-air	Bâtiment avec courettes extérieures	Références bibliographiques
Campylobacter coli	++	++	++	++	Kempf *et al.*, 2017
Listeria monocytogenes	+++	?	-	-	Hellström *et al.*, 2010
Yersinia enterocolitica	+++	+	+++	+++	Skjerve *et al.*, 1998 ; Nowak *et al.*, 2006 ; Laukkanen *et al.*, 2009 ; Virtanen *et al.*, 2011 ; Von Altrock *et al.*, 2011 ; Lorencova *et al.*, 2016
Salmonella enterica	+++	+	-	-	Wingstrand *et al.*, 1999 ; Van der Wolf *et al.*, 2001 ; Nollet *et al.*, 2004 ; Callaway *et al.*, 2005 ; Jensen *et al.*, 2006 ; Gebreyes *et al.*, 2008 ; De Lucia *et al.*, 2018
Trichinella spiralis	+++	?	-	-	Van der Giessen *et al.*, 2007 ; Gebreyes *et al.*, 2008 ; Ribicich *et al.*, 2009
Toxoplasma gondii	+++	?	-	-	Kijlstra et Eijck, 2006 ; Van der Giessen *et al.*, 2007 ; Gebreyes *et al.*, 2008 ; García-Bocanegra *et al.*, 2010 ; Djokic *et al.*, 2016 ; Wallander *et al.*, 2016
VHE (virus de l'hépatite E)	+++	?	-	-	Fernández-Barredo *et al.*, 2006 ; Walachowski *et al.*, 2014 ; Rutjes *et al.*, 2014 ; Charrier *et al.*, 2018

+++ : Très favorable ; ++ assez favorable ; + peu favorable ; - défavorable ; ? inconnu

2.5. Conclusions

Il est difficile de définir un système d'élevage alternatif unique, tellement les systèmes sont variés, allant de l'élevage sur paille jusqu'à l'élevage sylvopastoral dans lequel les porcs pâturent dans des zones de forêts naturelles, 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. Des efforts sont paradoxalement à faire sur le bien-être des animaux, alors que le consommateur plébiscite ces systèmes notamment pour cette raison. Mais c'est surtout la maitrise de la biosécurité qui est le défi le plus important et un des plus difficiles à relever, pour éviter les contaminations des élevages, qui ont un impact sur la sécurité sanitaire des viandes produites mais aussi sur la santé des animaux. Parmi les problématiques sanitaires les plus importantes, le parasitisme est nettement le plus difficile à maitriser dans ce type d'élevage.

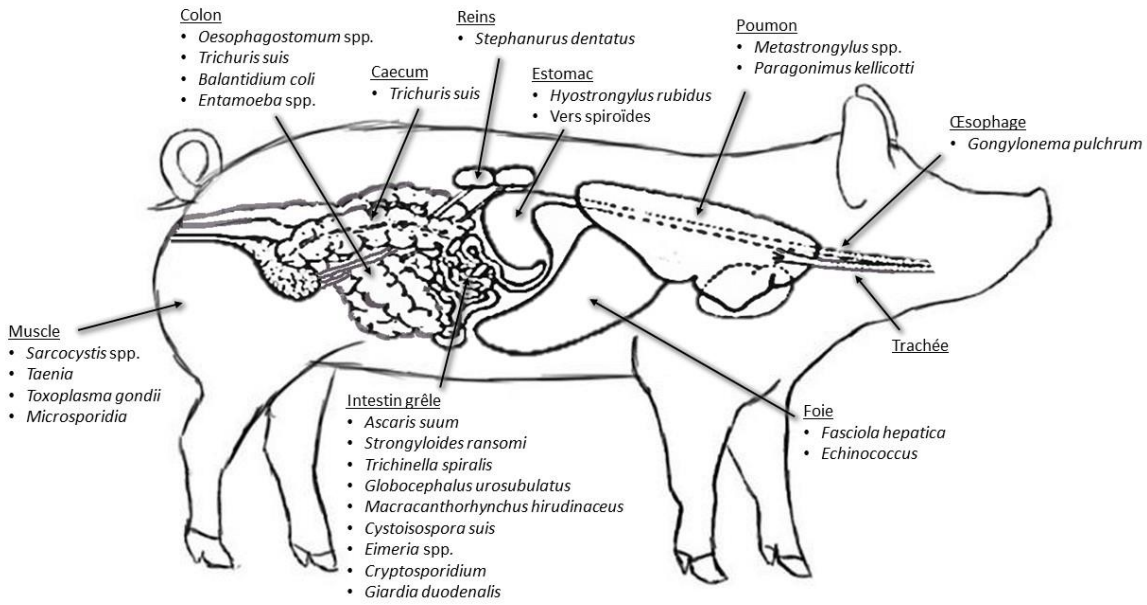
3. Focus sur le parasitisme interne chez le porc – importance dans le contexte de l'élevage alternatif

Il y a de nombreuses descriptions d'endoparasites chez le porc à travers le monde (Brewer et Greve, 2019). Ce sont des agents pathogènes fréquents qui affectent les performances des élevages (les croissances et les indices de conversion alimentaire principalement) mais aussi la santé des animaux (émaciations, baisses d'appétit, apathies, voire mortalités dans certains cas). Ils peuvent aussi constituer un facteur de risque pour d'autres maladies, comme l'infection par *Lawsonia intracellularis* (Pearce, 1999) ou le portage intestinal de *Salmonella* (Steenhard *et al.*, 2002). Enfin, ils peuvent interférer avec la prise vaccinale, comme cela a été montré pour *Ascaris suum* et la vaccination contre *Mycoplasma hyopneumoniae* (Steenhard *et al.*, 2009). Dans cette partie nous présentons une description rapide des principaux parasites internes du porc, puis nous faisons le point sur les connaissances actuelles sur l'épidémiologie de ces organismes et notamment leur place dans les élevages alternatifs de porcs.

3.1. Les principaux endoparasites

Parmi les parasites internes pouvant contaminer le porc, on distingue des protozoaires et des helminthes. Ils peuvent concerner différents organes (Figure 2). Dans la suite de cette partie, nous nous intéressons aux parasites par système, en hiérarchisant les parasites en fonction de leur fréquence et de leurs conséquences sur le porc.

Figure 2- Localisation des parasites internes chez le porc (Delsart, 2022).



3.1.1. Parasites du système digestif

3.1.1.1. Parasite de l'œsophage

Gongylonema pulchrum est un nématode (helminthe) de 6 à 9 cm de long, qui se localise dans des tunnels qu'il creuse dans l'épithélium de l'œsophage et occasionnellement dans la muqueuse linguale ou buccale. L'excrétion des larves se fait par voie fécale. Le cycle évolutif fait intervenir un hôte intermédiaire qui est soit un coléoptère coprophage, soit un cafard. L'infestation du porc se fait par ingestion de l'hôte intermédiaire. *G. pulchrum* est aujourd'hui très rarement détecté en Europe ou

aux Etats-Unis[3], notamment dans les élevages confinés et sa découverte est souvent fortuite, principalement à l'abattoir, avec pour conséquence une saisie partielle du fait de l'inflammation locale. À noter que ce parasite est capable d'infester l'homme et les ruminants si ceux-ci ingèrent l'hôte intermédiaire (Brewer et Greve, 2019).

3.1.1.2. Parasites de l'estomac

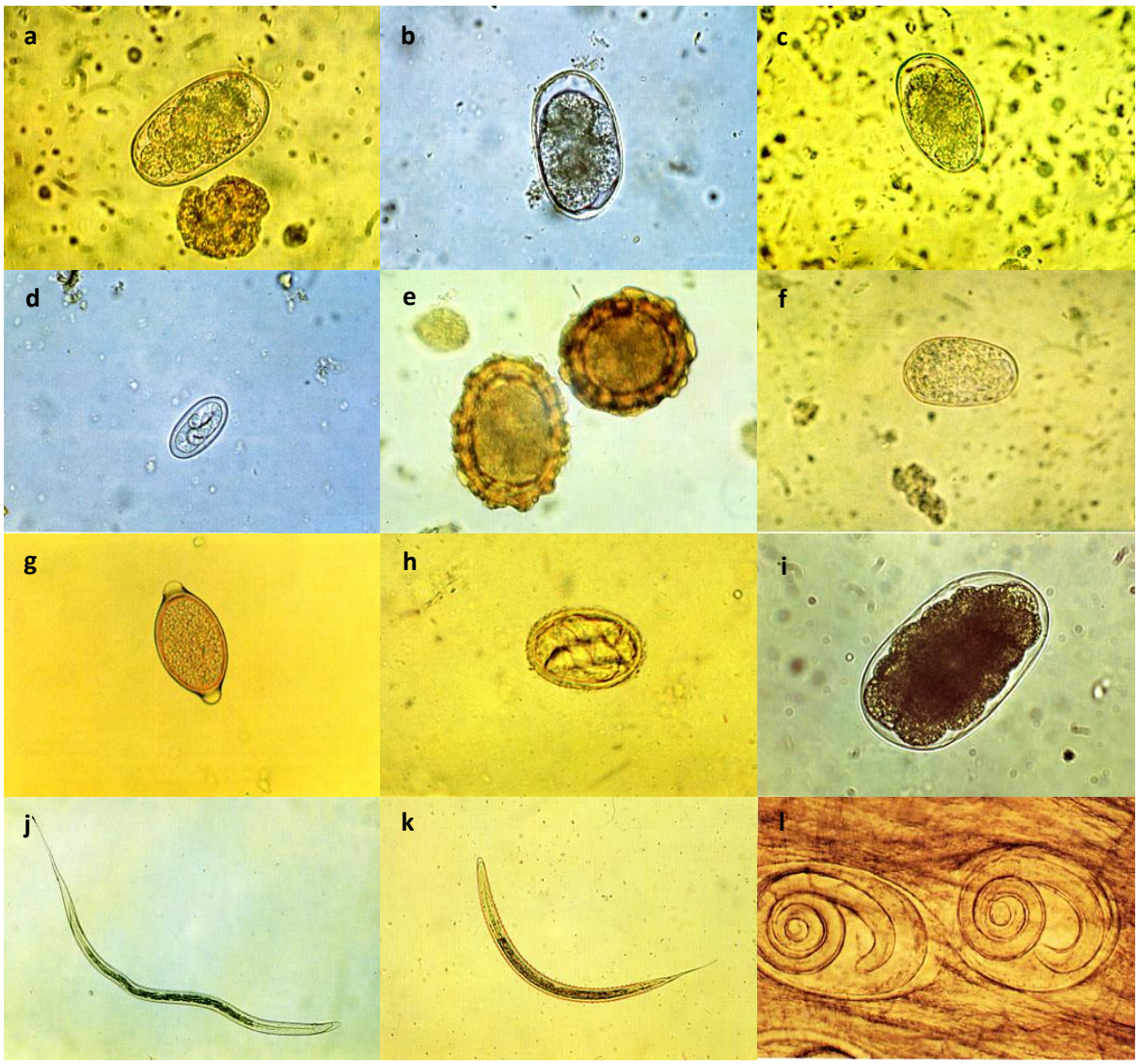
Hyostrongylus rubidus (ver rouge de l'estomac) est un nématode (helminthe) suceur de sang. Il a un cycle évolutif direct : les œufs sont excrétés par voie fécale, puis les larves migrent vers l'herbe. Après ingestion par un porc, les larves atteignent les glandes gastriques où elles subissent 2 mues avant de rejoindre la lumière gastrique. Certaines larves peuvent rester dans les glandes gastriques et entrer en hypobiose avant de retourner à un cycle normal. Les adultes qui mesurent environ 10 mm de long et ont l'épaisseur d'un cheveu, se retrouvent sur la petite courbure de l'estomac et se nourrissent de sang, ce qui leur donne une couleur rouge vif lorsqu'ils sont retirés de l'hôte. En cas d'infestation massive, ils peuvent provoquer une anémie ainsi qu'une anorexie, des vomissements et un amaigrissement et peuvent contribuer au syndrome de la truie maigre (Ballweber, 2022). Cependant l'infestation est le plus souvent asymptomatique et se traduit par une conversion alimentaire dégradée et un gain de poids diminué (Brewer et Greve, 2019). Au regard du cycle parasitaire, *H. rubidus* concerne bien évidemment les animaux au pâturage.

La confirmation repose sur l'observation d'adultes ou d'œufs. La mise en évidence des adultes peut se faire lors d'autopsie. Les œufs sont observés dans les fèces par technique de flottation. Les œufs sont typiques d'œufs de strongles, ils sont ovoïdes avec une paroi fine, mesure 69-85 X 39-45 µm et contiennent au moins 32 blastomères (Thienpont *et al.*, 1979). Les œufs ne sont pas différenciables d'un point de vue morphologique des œufs des autres strongles infestant le porc, tel que *Globocephalus urosubulatus* et *Oesophagostomum* spp. (Figure 3 a, b et c). La coproculture jusqu'au troisième stade larvaire (L3) est une méthode permettant de les différencier (Brewer et Greve, 2019), la larve étant plus longue et moins large de celle d'*Oesophagostomum* spp (Figure 3 j et k) et effectuant des mouvements plus rapides (Thienpont *et al.*, 1979).

D'autre vers ont un tropisme stomacal, mais ils sont encore plus rarement mis en évidence. C'est le cas de *Physocephalus sexalatus*, *Ascarops strongylina*, *Gnathostoma spinigerum* et *Simondsia paradoxa* qui sont tous des nématodes spiroïdes. L'infestation du porc se fait par ingestion de l'hôte intermédiaire qui est un coléoptère coprophage contenant une larve de parasite. Le coléoptère s'infeste en ingérant les œufs excrétés dans les matières fécales du porc. Les répercutions cliniques d'une infestation par ces parasites sont faibles, tout au plus une production importante de mucus (Brewer et Greve, 2019).

[3] les dernières descriptions sur des porcs domestiques datent à notre connaissance des années 70 (Zinter et Migaki, 1970 ; Coombs et Springer, 1974).

Figure 3- Oeufs et larves des principaux parasites internes du porc (Thienpont *et al.*, 1979).



a Œuf de *Hyostrongylus rubidus*
b Œuf de *Globocephalus urosubulatus*
c Œuf de *Oesophagostomum dentatum*
d Œuf de *Physocephalus sexalatus*
e Œuf de *Ascaris suum*
f Œuf de *Strongyloïdes ransomi*
g Œuf de *Trichuris suis*
h Œuf de *Metastrongylus elongatus*
i Œuf de *Stephanurus dentatus*
j Larve L3 *Hyostrongylus rubidus*
k Larve L3 *Oesophagostomum dentatum*
l *Trichinella spiralis*

3.1.1.3. Parasites de l'intestin grêle

3.1.1.3.1. Coccidies

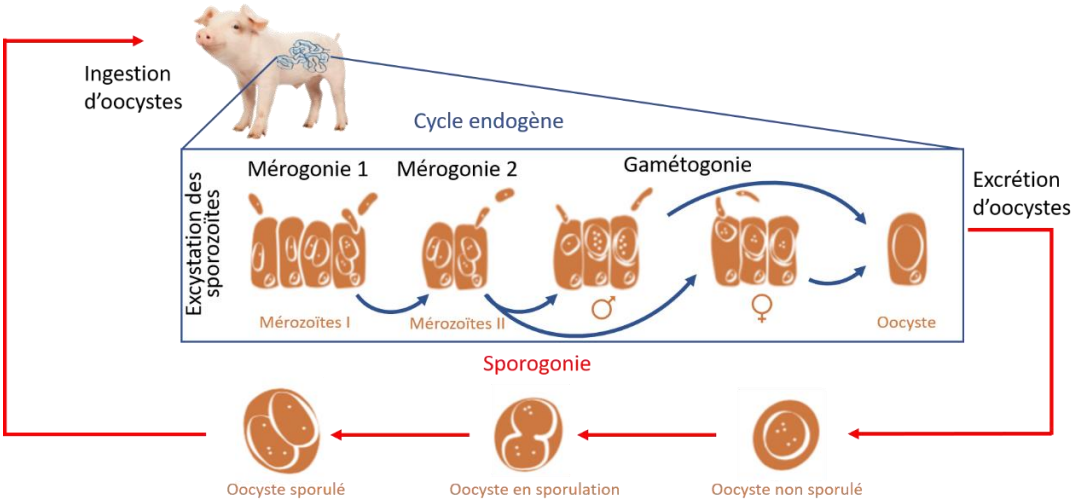
Les coccidies sont des protozoaires intracellulaires obligatoires. Le nombre exact d'espèces de coccidies intestinales qui infectent le porc est inconnu. Toutefois on connait 8 espèces du genre *Eimeria* et une seule espèce d'*Isospora*, *Cystoisospora suis,* pouvant être présents dans le tube digestifs des porcs (Lindsay *et al.*, 2019).

Le cycle des coccidies se compose de trois phases : la sporogonie, la mérogonie et la gamétogonie (Figure 4). La sporogonie est le processus par lequel l'oocyste passe dans le milieu extérieur du stade non sporulé et non infectieux au stade infectieux sporulé. Une fois les oocystes ingérés par l'hôte, le passage dans l'estomac provoque la modification de la paroi et l'action des sels biliaires et des enzymes digestives permettent la libération des deux sporocystes contenant chacun quatre sporozoïtes. Chaque sporozoïte pénètre dans un entérocyte et commence la phase de

mérogonie qui permet à terme la formation de deux types de cellules sexuées (les micro- et macrogamétocytes) qui vont ensuite former un oocyste non sporulé excrété *via* les fèces.

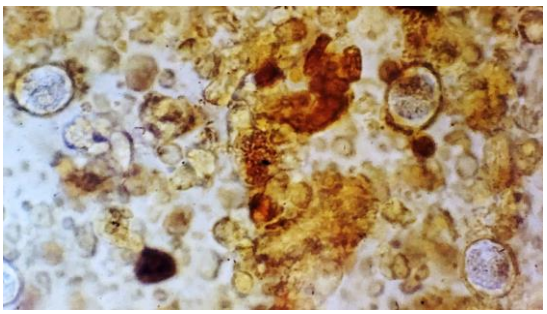
Les conséquences réelles des coccidies du genre *Eimeria* spp. restent à évaluer, mais plusieurs études suggèrent que certaines espèces d'*Eimeria*, comme *Eimeria debliecki* ou *Eimeria spinosa* pourraient être responsables de troubles digestifs, voire de mortalités sur des porcs en croissance ou des reproducteurs exposés à des installations contaminées (Lindsay *et al.*, 2002 ; Yaeger *et al.*, 2003 ; Lindsay *et al.*, 2019). *C. suis* est responsable de diarrhées jaunâtres à grisâtres avec des selles initialement pâteuses qui deviennent de plus en plus liquides (Lindsay *et al.*, 2019). Les porcelets continuent à s'alimenter mais leurs poils deviennent rêches, ils se déshydratent et les croissances sont altérées (Martineau et Morvan, 2010 ; Lindsay *et al.*, 2019). C'est une maladie très fréquente dans les élevages ; c'est la maladie due à un protozoaire la plus importante chez le porc (Lindsay *et al.*, 2019). Elle concerne les porcelets à partir de 7 à 15 jours d'âge (Martineau et Morvan, 2010) mais elle peut également provoquer des diarrhées chez les porcs de 5 à 6 semaines d'âge lors d'un stress lié au sevrage. L'importance des symptômes dépend du nombre d'oocystes ingéré (Stuart *et al.*, 1980).

Figure 4- Cycle de *Cystoisospora suis* (Delsart, 2022).



Le diagnostic repose principalement par la mise en évidence d'oocystes dans les déjections (Figure 5). Toutefois cette technique est peu sensible pour *C. suis* car l'excrétion par les porcelets se fait par phase (Lindsay *et al.*, 2019). Des prélèvements répétés augmentent la sensibilité diagnostic, la microscopie en fluorescence fournissant par ailleurs la limite de détection la plus basse (Joachim *et al.*, 2018). La confirmation de *C. suis* peut également se faire par frottis sur muqueuses intestinales (Stuart *et al.*, 1980). La recherche du stade mérozoïte de type 1 permet la confirmation du diagnostic. De la même manière, l'examen histologique des muqueuses intestinales peut aussi être un bon outil diagnostic, avec la mise en évidence de mérozoïtes et d'une atrophie villositaire induite durant la phase mérogonie. L'érosion des villosités est également présente dans les infections par *Eimeria* spp. ainsi qu'une infiltration de cellules inflammatoires dans la *lamina propria* (Lindsay *et al.*, 2002). Enfin, des techniques de recherches par PCR ont été développées (Ruttkowski *et al.*, 2001 ; Johnson *et al.*, 2008) et sont aujourd'hui utilisées, notamment pour mettre en évidence la présence d'oocystes dans l'environnement (Anonyme, 2022).

Figure 5- Oocystes de coccidies (Beugnet *et al.*, 2004).



Cystoisospora suis

Eimeria debliecki

3.1.1.3.2. *Ascaris suum*

L'ascaridiose est une maladie provoquée par *Ascaris suum*, le nématode (helminthe) le plus répandu et le plus fréquent chez le porc, affectant plus fréquemment les porcs en croissance que les porcs adultes (Brewer et Greve, 2019). *A. suum* est proche génétiquement de *A. lumbricoides*, l'ascaride humain, et *A. suum* est capable d'infester l'homme. Des études récentes suggèrent qu'il existe des génotypes hybrides entre ces 2 espèces qui seraient capables d'infester l'homme et le porc (Jesudoss Chelladurai *et al.*, 2017).

Le cycle d'*A. suum* est direct. Les œufs sont excrétés dans les matières fécales et deviennent infestants à partir de 3 à 4 semaines. L'éclosion des larves se fait après ingestion. Les larves passent la paroi du jéjunum pour atteindre le foie *via* la circulation portale en 1 à 2 jours et sont transportées vers les poumons 4 à 7 jours post-ingestion. Après une mue dans les poumons, les larves passent des capillaires aux voies aériennes. Elles sont expulsées jusqu'au pharynx par la toux et l'escalator mucociliaire, puis dégluties pour atteindre l'intestin grêle. Après accouplement, les femelles pondent des millions d'œufs par jour (Martineau et Morvan, 2010) durant leur 6 mois de vie. La période prépatente est d'environ 6 semaines (Roepstorff *et al.*, 1997). Les œufs sont omniprésents dans l'environnement car ils sont résistants dans le milieu extérieur. Ils peuvent survivre jusqu'à 6 à 9 ans (Ballweber, 2022) et sont assez résistants au froid et aux désinfectants. Ils peuvent être détruits par la chaleur de la vapeur à haute pression et la lumière du soleil. Les œufs d'*A. suum* sont particulièrement collants et sont facilement transportés par des insectes, des oiseaux, les bottes et les vêtements des travailleurs. Ils peuvent rester collés sur la mamelle des truies, facilitant la contamination des porcelets durant lactation.

Les signes cliniques sont souvent limités. Lors de la migration larvaire à travers les poumons, des toux asthmatiformes peuvent être observées, ainsi qu'une baisse d'appétit. Dans de rares cas, des occlusions intestinales provoquées par la présence de nombreux ascarides adultes, peuvent aboutir à la mort de l'animal. Mais l'ascaridiose est principalement associée à la dégradation des performances d'élevage (croissances et indices de consommation). En effet, le parasite entre en compétition avec l'hôte pour les nutriments, dont l'absorption est probablement diminuée, les ascarides adultes couvrant les villosités intestinales (Brewer et Greve, 2019). La migration larvaire est capable d'induire des lésions pulmonaires : pétéchies, pneumonie interstitielle, bronchiolite et œdème alvéolaire. Les larves sont également capables de former des lésions dans le foie. Leur migration provoque l'infiltration éosinophilique des voies migratoires, ainsi que la formation de tissus conjonctifs fibreux, appelé « Milk-spot » (Figure 6).

La confirmation de l'infestation peut se faire par les méthodes classiques d'identification des œufs, par flottation standard. Les œufs sont facilement identifiables. Ils mesurent 50-70 X 40-60 µm et possèdent une coque épaisse couverte d'aspérités (Figure 3e). L'identification des ascarides adultes est facile. Ils sont de grandes tailles, 40 cm pour les femelles et 25 cm pour les mâles (Figure 7). La

recherche de milk-spot sur les foies lors d'une autopsie ou à l'abattoir est un autre outil diagnostic souvent utilisé. Ils témoignent d'une infestation récente. À noter que ces milk-spots peuvent aussi être rencontrés dans les cas d'infestation par *Stephanurus dentatus* (Brewer et Greve, 2019). L'observation des larves est difficile dans les poumons mais peut être effectuée par la mise en suspension de prélèvements de poumons. Les larves sédimentent et peuvent donc être observées dans le culot de la suspension. L'histologie peut également être utilisée pour identifier les larves pulmonaires. Des tests sérologiques sont disponibles, permettant la détection d'anticorps dirigés contre l'hémoglobine du parasite (Vlaminck *et al.*, 2012) ou contre des antigènes de la larve L3 (Vandekerckhove *et al.*, 2017).

Figure 6- « Milk spots » sur des foies saisis à l'abattoir (crédit photo : Delsart).

Figure 7- *Ascaris suum* adultes dans l'intestin grêle (crédit photo : Janssen).

3.1.1.3.3. *Strongyloïdes*

Strongyloïdes ransomi (ver filiforme du porc) est un nématode (helminthe) présent dans le monde entier. Il est important dans les climats tropicaux et subtropicaux. Il est peu fréquent dans les élevages de porcs confinés (Brewer et Greve, 2019). Bien que tous les groupes d'âge puissent être infestés, les signes cliniques sont généralement limités aux porcelets non sevrés, une forte immunité post infection se mettant en place.

Le ver filiforme est unique parmi les helminthes, car il possède à la fois des générations parasites (femelles dans l'intestin grêle) et des générations libres (mâles et femelles dans le milieu environnant) (Ballweber, 2022). La contamination peut se faire par pénétration cutanée avec migration des larves vers les poumons *via* la circulation sanguine. Elles y muent une première fois. Une migration trachéale a alors lieu, les larves sont toussées et dégluties avant d'arriver dans l'intestin grêle. De nouvelles mues interviennent pour former le stade L5 puis des adultes femelles. La période prépatente est de 6 à 10 jours. La contamination peut aussi se faire par des larves infectantes présentes dans le lait des truies. La transmission lactogène est très efficace pour infester les porcelets nouveau-nés. Une hypobiose larvaire se met en place dans le tissu graisseux de la mamelle. Même sans réinfestation de la truie, les larves dormantes dans la mamelle peuvent être transmises à plusieurs portées de porcelets consécutives.

Les vers femelles adultes s'enfouissent dans la paroi de l'intestin grêle du porc. Dans les infestations légères et modérées, les porcs ne présentent généralement aucun signe clinique. Dans le cas d'infestations lourdes, les porcelets peuvent s'amaigrir et présenter des diarrhées hémorragiques et de l'anémie ; la mort peut survenir, généralement chez les porcelets âgés de moins de 2 semaines (Ballweber, 2022). La migration larvaire au sein des voies respiratoires peut provoquer l'apparition de symptômes respiratoires (Brewer et Greve, 2019).

Les vers adultes ont l'épaisseur d'un cheveu et une longueur de 3 à 5 mm, il est donc compliqué de les observer directement à l'œil nu lors d'une autopsie mais les adultes peuvent être trouvés dans des raclages de la muqueuse intestinale et les vers immatures peuvent être récupérés dans les tissus hachés en utilisant la technique de Baermann (Ballweber, 2022). Mais le diagnostic se fait avant tout par la mise en évidence dans les fèces des œufs embryonnés, caractéristiques, à paroi très mince et

de petite taille (40-55 X 20-35 µm) par méthode de flottation (Figure 3f). Les fèces doivent être prélevées dans le rectum car les excréments sont souvent contaminés par des nématodes libres, qui peuvent avoir des œufs difficiles à distinguer des œufs de *Strongyloïdes*.

3.1.1.3.4. *Trichinella*

La trichinellose est une maladie provoquée par un nématode (helminthe), représenté principalement par *Trichinella spiralis* (Brewer et Greve, 2019). La trichinellose est une zoonose ayant une répartition mondiale. Compte tenu de la gravité de la maladie chez l'homme, elle fait l'objet d'une surveillance sanitaire particulière.

Le cycle de *T. spiralis* est direct. Les femelles vivipares déposent des larves, 5 jours après l'accouplement, dans la *lamina propria*. Les larves rejoignent la circulation sanguine, puis pénètrent le sarcolemme de cellules musculaires squelettiques. On parle de cellules infirmières. Les larves y restent pendant plusieurs mois à quelques années en formant des kystes. La transmission se fait par ingestion de muscles infestés de kystes de trichines. Après ingestion les larves se désenkystent et se transforment en adultes dans les 48 heures. Tous les mammifères y sont sensibles. Chez le porc, le cannibalisme, la consommation de déchets alimentaires ainsi que l'ingestion de muscles de rongeurs contaminés sont les principales sources d'infestation (Brewer et Greve, 2019).

La maladie chez le porc est le plus souvent rare, bien qu'il arrive que la formation des cellules infirmières soit susceptible de provoquer malaise, fièvre et myalgie. Les adultes qui se trouvent dans l'intestin creusent des tunnels dans les villosités pouvant impacter les croissances. La trichinellose peut exceptionnellement être mortelle pour le porc : une infestation de 10 larves par gramme de poids vif est considérée comme une dose infectieuse létale pour un porc (Brewer et Greve, 2019).

Les méthodes de diagnostic classiques visent à mettre en évidence les cellules nourricières qui tendent à se concentrer dans certains muscles (muscles du diaphragme, muscles extrinsèques de l'œil et muscles de la posture). Un examen microscopique de morceaux de muscle comprimés entre lame et lamelle peut permettre de mettre évidence ces cellules infirmières avec des larves enkystées, enroulées en forme de tire-bouchon (Figure 3l). La mise en évidence des larves dans les muscles peut également se faire par étude au microscope des sédiments issus de la digestion pepsique de muscles. Enfin il existe une ELISA (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay) sur sérum qui détecte les anticorps dirigés contre un antigène sécrété par les larves (Brewer et Greve, 2019).

3.1.1.3.5. Autres parasites de l'intestin grêle

Parmi les autres parasites pouvant coloniser l'intestin grêle des porcs :

- On retrouve *Globocephalus urosubulatus*, un strongle (helminthe) du porc en plein-air (Brewer et Greve, 2019). Le parasite provoque peu de symptômes et la maladie est rare. La confirmation par coproscopie nécessite la mise en culture des larves jusqu'au stade L3 car les œufs ne sont pas différenciables de ceux d'*Oesophagostomum* spp. et d'*H. rubidus* (Figure 3b).
- On peut aussi retrouver des *Cryptosporidii,* protozoaires présents dans les cellules épithéliales de l'intestin grêle du porc. Sept espèces sont capables d'infester le porc, les plus fréquemment isolées sont *Cr. suis, Cr. scrofarum* et sont spécifiques de l'hôte. La contamination se fait *via* les fèces d'animaux parasités. Parmi la diversité de symptômes provoqués, on retrouve la dysorexie, l'abattement, les vomissements et la diarrhée. Les symptômes peuvent cependant être plus importants en cas de coïnfection avec *C. suis* ou des agents viraux. Les parasites se retrouvent à tous les âges, *Cr. suis* concerne plus fréquemment les jeunes animaux alors que *Cr. scrofarum* atteint plutôt les porcs plus âgés.

- En fin de cette liste non exhaustive des parasites pouvant coloniser l'intestin grêle des porcs, *Giardia duodenalis* (protozoaire) peuvent être retrouvées à tous les âges et provoquent une infection asymptomatique. La contamination est oro-fécale et le diagnostic repose sur la mise en évidence des œufs par coprologie.

3.1.1.4. Parasites du colon

3.1.1.4.1. *Oesophagostomum* spp.

Oesophagostomum spp (vers nodulaire - helminthe) est répandu dans le monde entier. *O. dentatum* est l'espèce la plus courante. Le parasite a un cycle direct. Les œufs sont excrétés dans les fèces. Les œufs éclosent dans l'environnement et les larves muent 2 fois avant de devenir infestantes. Le stade L3 conserve une cuticule qui lui confère une résistance de plusieurs mois dans le milieu extérieur. Les larves ingérées pénètrent dans les glandes de la muqueuse iléale, caecale et colique. Elles atteignent la *lamina propria* où elles muent et restent pendant 2 semaines formant ainsi des nodules. Elles retournent ensuite dans la lumière intestinale pour y devenir adulte et y pondre les œufs. La période prépatente est de 3 à 6 semaines (Brewer et Greve, 2019).

L'infestation n'induit qu'une immunité modérée ; c'est pourquoi la prévalence d'*O. dentatum* tend à augmenter dans les groupes d'âge plus élevés (truies, verrats) (Ballweber, 2022).

Les adultes causent peu de dommages et peu de symptômes (Brewer et Greve, 2019). Dans la majorité des cas, les symptômes sont liés aux nodules provoquant une maldigestion. Lors d'infestation massive, une diarrhée chronique, une anorexie et une perte de poids peuvent apparaitre (Martineau, 1997). Les lésions associées à *O. dentatum* sont des nodules facilement visibles de 2 mm de diamètre dans la *lamina propria*. Ils peuvent être de taille supérieure en cas d'infestations répétées.

Le diagnostic de confirmation repose sur l'observation des nodules lors d'examen nécropsique ou sur l'observation d'œufs de strongles typiques (66-80 × 38-47 µ), souvent en grand nombre, lors d'examen coprologique par méthode de flottation (Figure 3c). Une culture jusqu'au stade L3 est nécessaire pour les différencier des œufs de *H. rubidus* et *G. urosubulatus* (Brewer et Greve, 2019).

3.1.1.4.2. Trichures

Trichuris suis est un nématode (helminthe) largement répandu chez le porc surtout en élevage extérieur (Brewer et Greve, 2019). Le cycle évolutif de *T. suis* est direct. Une larve infestante se développe 3 à 4 semaines après excrétion des œufs dans les fèces. Les œufs peuvent résister plusieurs années dans l'environnement extérieur. Après ingestion des œufs, les larves sont libérées dans le tube digestif (Brewer et Greve, 2019). Les larves pénètrent ensuite dans la muqueuse de l'iléon distal, du caecum et du côlon et subissent 4 mues en 2 semaines, à l'issu desquelles la partie postérieure du parasite adulte s'étend dans la lumière intestinale pour libérer les œufs. Les vers adultes mesurent 5 à 6 cm de long et ont la forme d'un fouet ; la partie crâniale effilée s'insère dans les cellules épithéliales tandis que le tiers caudal épais se trouve libre dans la lumière intestinale. La période prépatente dure 6 à 7 semaines et les adultes excrètent des œufs tout au long de leur vie qui dure 4 à 5 mois (Ballweber, 2022)

Les signes cliniques apparaissent le plus souvent chez les porcelets et les porcs en engraissement. Les symptômes rencontrés sont une diarrhée qui peut être associée à une hématochézie, voire dans de rares cas, à un prolapsus rectal. L'hématochézie est causée par la migration larvaire. Des lésions peuvent apparaitre en cas d'infestation massive. Elles sont causées là aussi par les larves au niveau du cæcum et du côlon. Elles se présentent sous la forme d'ulcères et d'œdèmes au niveau de la muqueuse caecale et colique (Brewer et Greve, 2019).

Le diagnostic peut reposer sur la mise en évidence des adultes lors d'autopsie. La mise en évidence d'œufs lors d'examens coprologiques par méthode de flottation (Figure 3g) permet aussi de poser un diagnostic. Les œufs sont particulièrement reconnaissables. Ils mesurent 50-68 X 21-31 µm, ressemblent à un citron avec un bouchon saillant clair et transparent à chaque pôle et une paroi épaisse. Toutefois les trichures ont une courte période de ponte (2-5 semaines). Il faut donc être très prudent dans l'interprétation du taux de porcs excrétant des œufs ou au nombre d'œufs par gramme de fèces (Ballweber, 2022).

3.1.1.4.3. *Balantidium coli*

Parmi les autres parasites pouvant coloniser le gros intestin des porcs, on trouve *Balantidium coli,* protozoaire qui est généralement présent sous forme de trophozoïtes, qui sont capables de se transformer en kystes avant d'être excrétés *via* les fèces (Lindsay *et al.*, 2019). *B. coli* est le plus souvent responsable d'une infection subclinique. Dans les cas les plus sévères, il peut être associé à des diarrhées hémorragiques accompagnées de ténesmes et de pertes de poids (Hindsbo *et al.*, 2000). Le diagnostic de laboratoire repose sur la mise en évidence du parasite. Elle peut se faire directement sur des fèces diarrhéiques fraîches. On recherche alors des trophozoïtes de grandes tailles, de 100 µm de long. On peut également concentrer le parasite par une technique de sédimentation ou de flottation. Dans ce cas on recherche des kystes de 50 à 70 µm de diamètre (Hindsbo *et al.*, 2000).

3.1.1.5. Parasites du foie

La partie consacrée aux parasites du foie est courte. Bien que ces parasites puissent être importants en terme de santé publique, ils nous semblent d'un intérêt mineur dans le cadre de cette étude, leur mise en évidence étant extrêmement rares chez les porcs domestique en Europe occidentale (Romig *et al.*, 2006). On trouve parmi eux *Fasciola hepatica* (plathelminthe) dont l'hôte intermédiaire est la limnée tronquée qui excrète les métacercaires sur des végétaux immergés. Après ingestion des métacercaires par l'hôte définitif qui peut être le porc, les larves migrent de la lumière intestinale au parenchyme hépatique provoquant des lésions nécrotico-hémorragiques. L'infestation est le plus souvent asymptomatique mais peut également provoquer un amaigrissement des animaux (Brewer et Greve, 2019). *Echinococcus* est l'autre parasite du foie. Les hôtes définitifs sont les carnivores domestiques qui excrètent les œufs dans leurs fèces. La contamination du porc est oro-fécale. Les œufs rejoignent la circulation sanguine et forment des kystes hydatiques lorsqu'ils arrivent au foie. Les kystes ne provoquent pas de signes cliniques (Brewer et Greve, 2019).

3.1.2. **Parasites du système respiratoire**

Metastrongylus spp. (helminthe), représenté dans la majorité des cas par *M. elongatus*, est considéré comme le « ver des poumons ». Il s'agit d'un nématode dont le cycle de vie est indirect. Les adultes se situent dans la trachée, les bronches, les bronchioles et les lobes pulmonaires diaphragmatiques principalement. Les œufs pondus sont ensuite toussés puis déglutis et sont excrétés dans les fèces. Une fois dans l'environnement, les œufs doivent être ingérés par certains vers de terre, notamment *Eisenia* spp. et *Allolobophora* spp., pour éclore. L'ingestion de vers de terre par les porcs entraine la migration des larves vers les poumons par le système lymphatique. Ils deviennent adultes et pondent au bout de 4 à 5 semaines après ingestion. Les œufs sont capables de résister aux températures basses et peuvent de ce fait survivre durant l'hiver (Brewer et Greve, 2019).

Une immunité se met en place avec l'âge ce qui explique que la maladie ne s'exprime généralement que sur les porcelets en maternité. Les symptômes sont peu prononcés. Les animaux toussent et présentent une dyspnée expiratoire lorsque l'infestation est massive ou compliquée par une surinfection bactérienne (Brewer et Greve, 2019). Les porcs adultes peuvent, quant à eux, être porteurs mais sans présenter de signes cliniques (Martineau et Morvan, 2010)

Les lésions induites par les parasites adultes se concentrent dans les lobes diaphragmatiques des poumons, principalement sur la bordure caudo-dorsale. Ces lésions ont souvent une forme grossièrement triangulaire et apparaissent comme des zones sombres atélectésiées ou des zones emphysémateuses en relief, légèrement colorées. Les muscles bronchiques apparaissent souvent hypertrophiés. Une hyperplasie lymphatique nodulaire ainsi que de l'épithélium peuvent aussi apparaître (Brewer et Greve, 2019).

Le diagnostic repose sur la mise en évidence de vers adultes, minces et blancs, mesurant entre 25 mm (les mâles) et 50 mm (les femelles) dans les voies respiratoires, notamment dans le lobe diaphragmatique du poumon. Les œufs peuvent quant à eux être mis en évidence grâce à un examen coprologique par flottaison. Ils sont ellipsoïdes à rond (Figure 3h), de taille moyenne (51-63 X 33-42 µm), avec une coque épaisse à la surface légèrement ridée, et contiennent un premier stade larvaire (Thienpont *et al.*, 1979).

Le second parasite à tropisme pulmonaire est *Paragonimus* (helminthe), la douve du poumon, dont deux espèces peuvent infester le porc. Il n'existe pas à notre connaissance de description en Europe d'infestation par ce parasite qui peut induire en cas d'infestation importante de la dyspnée et de l'hémoptysie. Le diagnostic repose sur la présence des kystes pulmonaires à l'autopsie ou la mise en évidence des œufs par coprologie (Brewer et Greve, 2019).

3.1.3. Parasites du système urinaire

Stephanurus dentatus (helminthe) est le ver du rein des porcs. Il est largement répandu dans les pays tropicaux et subtropicaux et la prévalence chez les porcs au pâturage peut être très élevée. Le cycle de vie de *S. dentatus* peut être direct ou impliquer des vers de terre comme hôtes de transport. Les œufs sont transmis dans l'urine du porc et les larves éclosent en 2 à 3 jours. Les larves infectieuses L3 peuvent survivre plusieurs mois dans les pâturages. L'infestation peut se produire par pénétration cutanée ou par ingestion, des infections in utéro sont possibles. Après une infestation orale, les larves L3 migrent de l'intestin grêle et du gros intestin vers le foie *via* la circulation portale et les ganglions lymphatiques mésentériques. Après une infestation cutanée, la plupart des larves migrent vers les poumons et atteignent les intestins suite à une migration *via* la tachée (Cianciolo et Mohr, 2016). Du foie, les larves migrent à travers la cavité péritonéale jusqu'à la région périrénale. Beaucoup s'enkystent dans les tissus adjacents, en particulier le pancréas. Il n'est pas rare que certaines envahissent le canal vertébral, provoquant une paraplégie. Le site définitif est le tissu entourant le bassinet rénal et l'uretère, où les adultes s'enkystent. Occasionnellement, des kystes peuvent être trouvés dans le rein lui-même. Les kystes communiquent avec la lumière de l'uretère via une fistule, ce qui permet aux œufs de s'échapper (Cianciolo et Mohr, 2016). Les stades de développement chez l'hôte définitif sont longs. La période prépatente est de 9 à 12 mois et les adultes peuvent vivre plusieurs années (Brewer et Greve, 2019). Les femelles matures peuvent pondre des œufs pendant 3 ans ou plus (Cianciolo et Mohr, 2016).

Des mortalités résultant d'une péritonite peuvent survenir chez certains porcs après de fortes infestations. Elles sont associées à la migration des larves des ganglions mésentériques vers le foie. Les larves infectieuses peuvent migrer dans le foie pendant plusieurs mois. Les migrations hépatiques peuvent provoquer une hépatite sévère, avec des lésions similaires mais souvent plus sévères que celles produites par les larves d'*A. suum* (Cianciolo et Mohr, 2016). D'autres lésions rattachables à la migration larvaire peuvent être identifiées comme des abcès, une éosinophilie, une fibrose, des hémorragies et des nécroses sur le trajet des larves (Brewer et Greve, 2019).

La présence des kystes est caractéristique de la maladie. L'identification des adultes est fondée sur leur morphologie. Ils mesurent 20-40 x 2mm et sont noir et blanc. La confirmation de l'infestation peut aussi reposer sur l'identification des œufs (Figure 3i). Ils sont morphologiquement difficilement

différentiables de ceux des strongles. Cependant les œufs de *S. dentatus* sont retrouvés dans les urines et non dans les selles (Brewer et Greve, 2019).

3.1.4. **Parasites musculaires**

3.1.4.1. *Toxoplasma gondii*

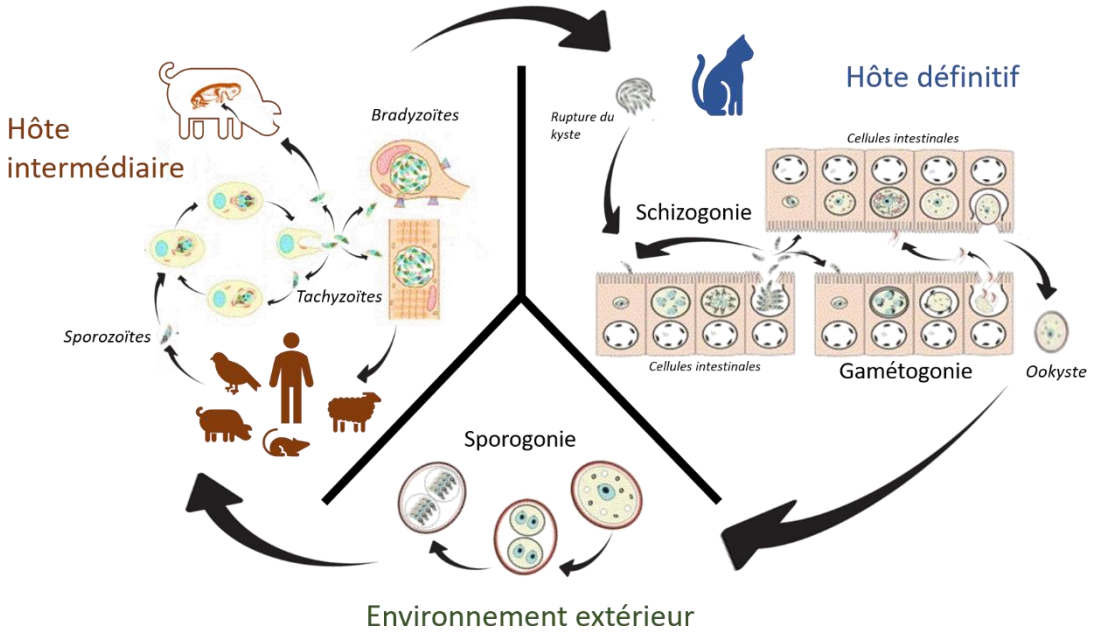
La toxoplasmose est une maladie causée par *Toxoplasma gondii*, un protozoaire apparenté aux coccidies (Lindsay *et al.*, 2019). La toxoplasmose est une zoonose et le porc est considéré comme une source d'infection de *T. gondii* pour les humains dans de nombreux pays. L'hôte définitif est le chat. Les félins sont les seuls animaux à pouvoir excréter des oocystes résistants dans leurs fèces. Mais le protozoaire peut infecter tous les mammifères et les oiseaux en tant qu'hôte intermédiaire. Les porcs (et les hommes) s'infectent en ingérant des aliments et de l'eau contaminés par des oocystes sporulés de *T. gondii* ou en consommant des muscles contenant des kystes tissulaires, dans lesquels se trouvent des bradyzoïtes (Figure 8). Les principales sources d'infection chez le porc sont le chat et les rongeurs (Weigel *et al.*, 1995). Après ingestion, les oocystes ou les bradyzoïtes peuvent survivre au passage dans l'estomac. Une fois dans l'intestin, les sporozoïtes, qui étaient dans les oocystes, ou les bradyzoïtes se transforment en tachyzoïtes qui se multiplient dans la *lamina propria* de l'intestin et se propagent dans tout l'organisme. Les tachyzoïtes présents dans le sang d'une truie gestante (ou d'une femme) peuvent passer au fœtus *via* le placenta. Les tachyzoïtes finissent par passer au stade de bradyzoïte et former des kystes tissulaires qui restent viables pendant de nombreuses années et probablement toute la vie du porc. Le chat se contamine par ingestion de bradyzoïtes. Il héberge la phase de schizogonie et de gamétogonie permettant une excrétion d'oocystes non infectieux et non sporulés dans les fèces. Les oocystes subissent ensuite une phase de sporogonie qui aboutit à la formation d'oocystes infectieux (Lindsay *et al.*, 2019).

Les infections chez les porcs sont généralement subcliniques (Dubey, 1986). Les avortements dus à *T. gondii*, bien que rares, peuvent se produire chez les truies infectées pendant la gestation. Les porcs infectés par voie transplacentaire peuvent naître prématurés, morts ou faibles, ou mourir peu après la naissance. Ceux qui survivent peuvent développer des diarrhées, une incoordination motrice, des tremblements ou une toux. Les porcs âgés sont moins susceptibles de développer une maladie clinique, mais des épidémies ont été décrites sur des porcs plus âgés, voire sur des adultes (Dubey, 1986). Des études expérimentales indiquent que l'ingestion d'oocystes de *T. gondii* est plus susceptible de produire une maladie clinique que l'ingestion de kystes tissulaires (Lindsay *et al.*, 2019).

Les lésions retrouvées chez le porc en cas d'infection sont des kystes formés par les bradyzoïtes. Les tachyzoïtes quant à eux provoquent des lésions lors de la dissémination dans l'ensemble du corps de l'hôte intermédiaire. Elles correspondent à des lésions d'entérites, de lymphadénites, de splénites, d'hépatites, de pneumonies et, plus rarement, des myosites et des encéphalites (Dubey, 1986 ; Dubey, 2009)

Chez le porc le diagnostic de confirmation se fait par sérologie ou par examen histologique des lésions. La sérologie la plus sensible et la plus spécifique est un test d'agglutination directe modifié pour détecter une infection latente à *T. gondii* chez le porc (Lindsay *et al.*, 2019).

Figure 8- Cycle de *Toxoplasma gondii* (adapté de Ferguson, 2009).



3.1.4.2. Autres parasites musculaires

Parmi les autres parasites à tropisme musculaire, on trouve :

- d'autres protozoaires, comme *Sarcocystis,* dont trois espèces font intervenir le porc dans leur cycle de vie. Il s'agit de *S. suihominis*, *S. porcifelis* et *S. miescheriana* dont les hôtes définitifs sont respectivement l'homme, le chat et le chien. Le porc ne semble pas développer de symptômes lorsqu'il est infecté (Lindsay *et al.*, 2019). C'est un peu moins clair en cas d'infection par *Microsporidia,* dont l'espèce la plus répandue chez l'homme et le porc est *Enterocytozoon bieneusie* et qui a été mis en évidence sur des porcs présentant des diarrhées (Lindsay *et al.*, 2019). Aucun cas clinique bien documenté n'a toutefois été rapporté (Lindsay *et al.*, 2019).
- les tænias responsables de cysticercoses. Deux espèces peuvent infester le porc, qui n'est qu'un hôte intermédiaire, *T. solium et T. hydatigena*. Les hôtes définitifs sont respectivement l'homme et les canidés. Les hôtes définitifs excrètent les œufs via leurs matières fécales. La contamination de l'hôte intermédiaire se fait par voie oro-fécale. Les œufs rejoignent ensuite la circulation sanguine pour rejoindre les muscles squelettiques et le cœur pour *T. solium* et l'omentum et le mésentère pour *T. hydatigena* et y devenir des cysticerques. Le diagnostic repose sur la mise en évidence des cysticerques à l'abattoir ou à l'autopsie.
- Sans oublier *Trichinella spiralis*, dont les larves s'enkystent dans les muscles.

3.2. Épidémiologie descriptive

La présence de parasites internes ainsi que l'intensité des infections sont variables dans le monde. Elles dépendent bien entendu du climat mais elles sont aussi fortement influencées par le système de production (Nansen et Roepstorff, 1999). Les systèmes d'élevage confinés limitent voire empêchent tout contact entre le porc et un hôte intermédiaire comme la limnée tronquée pour *F. hepatica* ou encore des vers de terre, ce qui explique pour *M. elongatus* ou *S. dentatus* ne semblent pas être présents dans les élevages conventionnels. D'une façon générale, on observe une diminution du nombre d'espèces de parasites et de la pression d'infection parasitaire dans les élevages conventionnels (Nansen et Roepstorff, 1999). La plupart des études concernant le parasitisme dans les élevages de porcs ont recours à la coprologie, dont la sensibilité diagnostique est imparfaite (Roepstorff et Nansen, 1998). Les niveaux d'infestation parasitaire sont ainsi très probablement sous-estimés. Les oocystes de coccidies et les œufs d'*Oesophagostomum* spp. sont généralement les plus fréquents, suivis par les œufs d'*A. suum* de *T. suis* et de *Strongyloïdes* spp. C'est par exemple ce qui a été mis en évidence dans une étude en Pologne, dans 70 élevages (tous systèmes d'élevage confondus) dans lesquels des œufs ou des oocystes de parasites ont été détectés dans 57 des 70 élevages. Les œufs d'*Oesophagostomum* spp. ont été trouvés dans le plus grand nombre d'exploitations (68,6 %), suivis par des oocystes de coccidies (42,9 % des élevages), des œufs d'*A. suum* (28,6 %), de *T. suis* (21,4 %) (Kochanowski *et al.*, 2017). Dans une étude réalisée aux Pays-Bas dans 9 élevages conventionnels, 11 élevages biologiques et 16 élevages non biologiques avec un accès plein-air (Eijck et Borgsteede, 2005), seuls trois helminthes (*A. suum*, *Oesophagostomum spp* et *T. suis*) et des coccidies ont été identifiés. C'est au bilan ce qu'il ressort de nombreuses études (Carstensen *et al.*, 2002 ; Baumgartner *et al.*, 2003 ; Eijck et Borgsteede, 2005) dans lesquelles ce sont principalement ces espèces de parasites qui sont isolées, avec des prévalences variables. D'autres espèces comme *Hyostrongylus rubidus*, *Metastrongylus spp*, *Strongyloïdes ransomi* ou *Stephanurus dentatus* sont moins souvent observées (Roepstorff et Nansen, 1994 ; Carstensen *et al.*, 2002 ; Prunier, 2010b), même s'il est à noter que des œufs de *Strongyloïdes* spp. ont été détectés dans 11,4 % des élevages de l'étude polonaise (Kochanowski *et al.*, 2017). Il existe des particularités géographiques, comme par exemple dans une étude grecque où les oocystes de *Balantidium coli* étaient plus fréquemment détectés (37,8 % des prélèvements) que les autres parasites (Symeonidou *et al.*, 2020), ou encore dans une étude nigérienne où 55 % des porcs présentaient des œufs de *Hyostrongylus rubidus* (Aiyedun et Oludairo, 2016).

Dans l'étude de Eijck et Borgsteede (2005), les oocystes de coccidies ont été mis en évidence dans 23 des 36 élevages (61 %) et notamment 10 des 11 élevages biologiques (91 %). Dans cette étude ce sont surtout les porcelets non sevrés et les truies qui sont le plus souvent porteurs. Même si l'identification des espèces de coccidies n'ait pas été faite systématiquement, la majorité des porcelets non sevrés étaient porteurs de *Cystoisospora suis* alors que dans les déjections de truies, il n'y avait quasi exclusivement que des *Eimeria*. *C. suis* est présent dans le monde entier, dans tous les pays où les porcs sont élevés en bâtiment (Lindsay *et al.*, 2019). Les taux d'élevages dans lesquels *C. suis* est présent sont souvent élevés, oscillant entre 60 et 83 % selon les études (Driesen *et al.*, 1993 ; Eysker *et al.*, 1994 ; Wieler *et al.*, 2001 ; Niestrath *et al.*, 2002). En 2018, une étude a été menée dans 49 élevages autrichiens, tchèques, allemands et espagnols. Au moins un prélèvement a présenté des oocystes de *C. suis* dans 71,4 % des élevages et 50,1 % des portées. La prévalence dans les élevages a atteint jusqu'à 100 % (Hinney *et al.*, 2020). Il y a moins d'études concernant *Eimeria* spp., l'impact sur la santé des porcs étant moins important, mais des enquêtes menées aux États-Unis indiquent que 60 à 95 % des animaux pourraient être porteurs du parasite (Lindsay *et al.*, 2019).

Parmi les helminthes, des strongles sont régulièrement mis en évidence et parmi eux *Oesophagostomum* spp.. Dans l'étude européenne Corepig réalisée dans 82 élevages de porcs

biologiques répartis en Allemagne, au Danemark, en Autriche, en Suède, en Italie et en France (Rousing, 2011), les œufs de strongles étaient les principaux œufs d'helminthes mis en évidence, avec une prévalence allant de 11 à 69 % chez les porcs sevrés (âgés d'environ 12 semaines), de 18 à 69 % chez les animaux en fin d'engraissement et de 46 à 94 % chez les truies. Il s'agissait principalement d'*Oesophagostomum* spp.. À noter tout de même la présence des œufs de *H. rubidus* dans une des exploitations françaises (Prunier *et al.*, 2012). Dans cette étude, plus les animaux étaient âgés, plus le nombre d'animaux excréteurs et les niveaux d'excrétion étaient élevés. Cette observation, en lien peut-être avec le développement d'une faible immunité protectrice contre ce parasite (Thamsborg *et al.*, 1999 ; Prunier *et al.*, 2012), est confirmée dans de nombreuses autres études (Nansen et Roepstorff, 1999 ; Carstensen *et al.*, 2002 ; Eijck et Borgsteede, 2005). Dans l'étude néerlandaise de Eijck et Borgsteede précédemment citée (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 présentent des oesophagostomes.

A. suum est le parasite le plus répandu dans le monde chez le porc en engraissement (Martineau, 1997 ; Brewer et Greve, 2019). Dans l'étude Corepig, *A. suum* est le deuxième helminthe le plus souvent mis en évidence dans les élevages de porcs biologiques, avec 3 à 53 % des porcelets sevrés, 17 à 74 % des porcs en fin croissance et 2 à 27 % des truies présentant des œufs selon les pays (Rousing, 2011). Dans l'étude de Eijck et Borgsteede (2005), les œufs d'*A. suum* ont été détectés dans 60 % des élevages alternatifs, contre seulement 11 % des élevages conventionnels (Eijck et Borgsteede, 2005). Ce sont surtout les porcelets en post-sevrage et les porcs en engraissement qui sont concernés (Eijck et Borgsteed, 2005 ; Prunier, 2010b). Selon la méthode diagnostique utilisée, les estimations des niveaux de prévalence d'*A. suum* dans les élevages peut être sensiblement différentes. En effet, la coprologie largement utilisée dans les enquêtes en élevage a une faible sensibilité (Roepstorff et Nansen, 1998), contrairement à la sérologie (Vlaminck *et al.*, 2012). Dans une étude réalisée sur des porcs en fin de croissance en Belgique, aux Pays-Bas et en France, 42 % des 2 463 élevages (tous systèmes de production confondus), dans lesquels des prélèvements ont été réalisés, étaient considérés comme positifs sérologiquement (Vandekerckhove *et al.*, 2017). Un peu plus loin de nous, en Chine, une étude réalisée dans 13 élevages montrait des niveaux de séropositivité intra élevage jusqu'à 100 %, un seul élevage ne présentant aucune sérologie positive (Zheng *et al.*, 2020).

T. suis est moins souvent mis en évidence dans les élevages de porcs (Roepstorff *et al.*, 1998). Il est toutefois le deuxième endoparasite le plus souvent détecté dans l'étude de Eijck et Borgsteede (2005), avec des niveaux nettement supérieurs (37 %) dans les élevages plein-air que dans les élevages conventionnels (11 %). Les stades d'élevage principalement infestés varient selon les études. En effet, le niveau de portage était plus élevé sur les truies plein-air dans l'étude de Eijck et Borgsteede (39 %) alors qu'il était plus important sur les porcelets en post-sevrage dans l'étude Corepig précédemment citée : *T. suis* a été détecté dans 1 à 58 % des porcelets sevrés, 6 à 46 % des porcs en fin de croissance et 3 à 10 % des truies selon les pays. Dans une étude plus ancienne menée dans 516 élevages danois, finlandais, islandais, norvégiens et suédois, les niveaux de prévalence augmentaient légèrement avec l'âge des animaux, malgré le développement d'une forte immunité (Thamsborg *et al.*, 1999 ; Nansen et Roepstorff, 1999). Mais seulement 1,2 % des truies gestantes étaient porteuses d'œufs de trichures dans leurs selles dans cette étude.

Concernant les parasites en lien avec la santé publique, les changements de méthodes de production vers des systèmes fermés ont permis la quasi élimination du risque *Tænia solium*, *Trichinella spiralis* et *Toxoplasma gondii* dans la viande des porcs issus d'élevages conventionnels (Davies, 2011). 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 (Murrell, 2016). Par exemple, il n'y a pas eu de mise en évidence de *T. spiralis* dans les carcasses de porcs depuis 2007 en France

continentale (Vallée *et al.*, 2019) alors que, conformément à la réglementation européenne, tous les porcs ayant un accès plein-air subissent une recherche de trichine à l'abattoir. Les différentes enquêtes de séroprévalence confirment cela. Ainsi dans une étude réalisée aux Etats-Unis, seuls 2 prélèvements sur 675 échantillons (0,3 % des échantillons) étaient séropositifs (Gebreyes *et al.*, 2008). Dans une étude aux Pays-Bas, de un à trois porcs sur 845 étaient séropositifs (0,12 % à 0,35 % des échantillons, selon le seuil de séropositivité retenu) (Van der Giessen *et al.*, 2007). Toutefois, la viande de porcs reste la cause de nombreux foyers de trichinellose chez l'homme dans certaines régions du monde, principalement en Europe de l'Est et en Argentine, où l'élevage traditionnel de « basse-cour » est encore très présent (Murrell, 2016). Dans une étude réalisée dans 21 élevages argentins, 2,1 % des 3 224 porcs dont du muscle ou du sang ont été prélevés et testés pour déterminer la présence de larves de *T. spiralis* ou d'anticorps, ont présenté des prélèvements positifs (Ribicich *et al.*, 2009).

Comme pour *T. spiralis*, de nombreuses études à travers le monde montrent que la prévalence de *T. gondii* chez les porcs en élevages est faible. Dans une étude réalisée en Suède sur des jus de viande issus de 972 porcs, il a été mis en évidence une séroprévalence de 1,2 % [0,3 % ; 3,1 %]$_{95\,\%}$ vis-à-vis de *T. gondii* pour les porcs issus d'élevages conventionnels, et de 7,9 % [5,9 % ; 10,2 %]$_{95\,\%}$ pour les porcs issus d'élevages alternatifs (Wallander *et al.*, 2016). Dans une étude américaine ce sont 4,1 % des 616 porcs prélevés qui étaient séropositifs (Gebreyes *et al.*, 2008), aux Pays-Bas, 2,6 % des 845 porcs prélevés (Van der Giessen *et al.*, 2007). En France, dans une étude réalisée sur 1 549 animaux, la séroprévalence a été estimée à 3 % dans les élevages conventionnels (Djokic *et al.*, 2016a). À noter un taux de séroprévalence plus élevé sur les truies dans cette étude (13,4 %), qui confirme des observations antérieures aux Etats-Unis (Weigel *et al.*, 1995 ; Dubey *et al.*, 1995).

3.3. Épidémiologie analytique

Des facteurs peuvent influencer la prévalence des parasites dans les élevages. Ces facteurs peuvent être classés en trois catégories : les facteurs de risque liés à l'environnement, les facteurs de risque dépendant de la gestion d'élevage et des animaux et les facteurs de risque dépendant de l'hygiène et de la prise en charge médicamenteuse du parasitisme.

3.3.1. **L'environnement**

Le contrôle des parasitoses est fondé sur la rupture du cycle de vie du parasite, notamment dans l'environnement. L'amélioration de l'hygiène et l'utilisation de caillebotis ont permis de diminuer les contaminations oro-fécales et les problèmes de parasitisme dans les élevages confinés (Jolie *et al.*, 1998 ; Nansen et Roepstorff, 1999). La décontamination des sols et la rupture du cycle parasitaire sont compliquées en plein-air (Carstensen *et al.*, 2002 ; Lindgren *et al.*, 2020). La persistance des œufs d'helminthes dans l'environnement facilite l'infestation d'animaux de lots qui se succèdent dans les parcelles. Carstensen *et al.* (2002) ont pu mettre en évidence des œufs d'*A. suum* dans respectivement 14 et 35 % des pâtures hébergeant des truies et des porcs biologiques. Plus récemment, Lindgren *et al.* (2020) ont mis en évidence des œufs d'*A. suum* et de *T. suis* dans 79 % et 57 % des 28 prélèvements de sol effectués dans des élevages biologiques en Suède. Les élevages hébergeant des porcs en plein-air depuis plusieurs années semblent plus infestés par *A. suum* (Prunier, 2010b ; Lindgren *et al.*, 2020), en lien probablement avec la résistance des œufs de ce parasite qui peuvent rester viables jusqu'à 10 ans dans l'environnement (Roepstorff et Nansen, 1994). Les œufs de *M. elongatus* peuvent rester viables pendant plusieurs années dans le sol, ainsi que les larves présentes dans les vers de terre (Roepstorff et Nansen, 1994). Les porcelets nés en plein-air peuvent ainsi être fortement infestés, plus précocement dans leur vie que les porcelets élevés en bâtiment sans accès extérieur (Jolie *et al.*, 1998).

Cette persistance des parasites dans l'environnement a des conséquences sur les animaux. Nous avons déjà vu précédemment que dans l'étude de Eijck et Borgsteede (2005), les œufs d'*A. suum* avaient été détectés proportionnellement plus fréquemment dans les élevages alternatifs que dans

les élevages conventionnels. De nombreuses études ont comparé les niveaux de prévalence de foies présentant des « milk spots »[4] à l'abattoir 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 alternatifs, avec un accès plein-air (Jolie *et al.*, 1998 ; Bonde *et al.*, 2010 ; Alban *et al.*, 2015 ; Kongsted et Sørensen, 2017). C'est notamment le cas dans l'étude réalisée par Kongsted et Sørensen (2017) au Danemark, où les porcs avaient beaucoup plus de risque de présenter des « milk spots » sur les foies s'ils avaient été élevés en plein-air. Dans les élevages avec un accès plein-air, 1,5 % des porcs en moyenne présentaient des lésions hépatiques contre seulement 0,5 % des porcs élevés en bâtiment. De même, une étude britannique a montré que la présence de litière sur sol plein (de la paille par exemple) représentait un facteur de risque (OR = 1,5 $[1,26 ; 1,85]_{95\,\%}$) d'une prévalence élevée de « milk spots », alors que les élevages qui avaient tous les stades de production en bâtiment présentaient un plus faible risque (OR = 0,4 $[0,32 ; 0,49]_{95\,\%}$) (Sanchez-Vazquez *et al.*, 2010).

Autre exemple, *T. gondii* pour lequel nous avons déjà évoqué une différence de prévalence selon le système d'élevage dans l'étude réalisée en Suède par Wallander *et al.* (2016). Cette observation est confirmée par de nombreuses autres études (Kijlstra et Eijck, 2006 ; Gebreyes *et al.*, 2008 ; García-Bocanegra *et al.*, 2010), notamment une réalisée aux Pays-Bas (Van der Giessen *et al.*, 2007) dans laquelle le risque de détection des anticorps de *T. gondii* dans un élevage avec un parcours plein-air était près de 16 fois plus élevé (OR = 15,8 $[2,0 ; 124]_{95\,\%}$) que dans un élevage en bâtiment, ou encore une étude américaine (Assadi-Rad *et al.*, 1995) estimant que les truies ayant un parcours extérieur avaient 23 fois plus de risque d'être séropositives que les truies confinées (OR=23 $[16,5 ; 35,4]_{95\,\%}$). Plus récemment une étude française a montré que les porcs élevés en plein-air avaient 3,6 fois plus de risque d'être séropositifs (OR = 3,6 $[1,94 ; 6,59]_{95\,\%}$) (Djokic *et al.*, 2016a) que les porcs sans accès extérieur.

Une exception toutefois, les coccidies pour lesquelles les conditions en plein-air sont moins favorables à la sporulation des oocystes qu'en bâtiment. Or les oocystes sont plus sensibles à la destruction lorsqu'ils sont à l'état non sporulé et pendant la sporulation (Lindsay *et al.*, 2019). L'élevage en bâtiment est un lieu idéal pour la sporulation des coccidies, notamment dans les cases de mise-bas où les conditions thermiques sont optimales (Graat *et al.*, 1994).

D'une façon générale, les œufs ou les oocystes ont besoin de conditions favorables en particulier de température et d'humidité. La température doit être supérieure à 15°C par exemple pour que les œufs d'*A. suum* se développent ; la température optimale pour le développement des œufs d'*Oesophagostomum* spp. se situe entre 15 et 25°C (Roepstorff et Nansen, 1998). Ils ne peuvent pas survivre plus de 5 à 10 jours à des températures négatives (Lequeux, 2006). Cela explique peut-être en partie pourquoi il n'y avait pas de différence entre les niveaux d'infestation par *Oesophagostomum* spp. entre les systèmes d'élevage dans l'étude de Eijck et Borgsteede (2005). L'humidité du sol doit être proche de 100 % pour que les helminthes se développent (Roepstorff et Nansen, 1998). Dans l'étude de Carstensen *et al.* (2002) précédemment citée et réalisée dans neuf élevages danois, le maximum d'œufs d'*A. suum* dans le sol a été détecté en juillet et août, des larves infectieuses d'*Oesophagostomum* spp. ont été trouvées dans les échantillons d'herbe en nombre croissant de mai à octobre. Dans l'étude de Symeonidou *et al.* (2020) réalisée en Grèce, la prévalence de l'infection par *Balantidium coli* a augmenté en automne, alors que la prévalence des infections par *C. suis* a augmenté au printemps.

Au-delà de la persistance et du développement des parasites dans l'environnement, l'accès aux installations extérieures peut favoriser le contact avec des hôtes, intermédiaires ou définitifs. Le

[4] Tissus conjonctifs fibreux formés suite à la migration larvaire d'*A. suum*

contact avec des chats et/ou des rongeurs augmente la probabilité d'ingestion d'oocystes et de kystes tissulaires de *T. gondii* par les porcs (García-Bocanegra *et al.*, 2010). Assadi-Rad *et al.* (1995) ont estimé que des truies en contact avec des chats avaient près de 3 fois plus de risque d'être séropositives que celles non exposées (OR=2,6 [2,0 ; 3,4]$_{95\,\%}$). Pablos-Tanarro *et al.* (2018) ont également montré une association entre séroprévalence à *T. gondii* des truies ibériques et présence de chats. De nombreuses espèces de mammifères sont sensibles à *T. spiralis*, comme par exemple le renard, le rat, le raton laveur 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. Nous avons évoqué précédemment les résultats de l'étude réalisée dans 21 élevages argentins (Ribicich *et al.*, 2009) : 2,1 % des porcs prélevés ont présenté des prélèvements positifs, tous issus de six élevages élevant des porcs en plein-air. Aucun des porcs prélevés dans les sept élevages confinés ou semi-confinés n'était infesté par le parasite dans cette étude. La prévalence de *T. spiralis* était significativement plus élevée dans les élevages où les porcs avaient eu accès à des carcasses d'animaux sauvages.

3.3.2. **La conduite de l'élevage et des animaux**

La densité de porcs dans les élevages ne doit pas être trop élevée, y compris dans les élevages extensifs en plein air. Un chargement excessif favorise le contact des porcs avec les matières fécales de leurs congénères et la consommation d'un nombre élevé d'œufs de parasites (Roepstorff et Nansen, 1998). Cela a notamment été montré dans l'étude de Thomsen *et al.* (2001) pour *Oesophagostomum* spp. et *A. suum*, avec un taux de transmission plus important quand la densité des animaux dans les parcs est supérieure.

La rotation des pâturages est un autre facteur important qui diminue la pression parasitaire et les risques d'infestation (Salajpal *et al.*, 2013). Ceci est à rapprocher de l'impossibilité d'exporter les déjections qui restent dans l'environnement (Fosse *et al.*, 2009) et d'assainir le milieu dans les élevages alternatifs. Les programmes de rotation doivent inclure tous les secteurs, y compris le logement (*e.g.* les cabanes dans les parcs plein-air) (Roepstorff *et al.*, 2001).

Dans le même esprit, Kochanowski *et al.* (2017) ont montré que l'absence de conduite en tout-plein / tout-vide était associée à une probabilité plus élevée d'apparition de *Strongyloïdes* spp, *A. suum*, *T. suis*, *Oesophagostomum* spp et de coccidies dans les 70 élevages polonais enquêtés. Avec une conduite en flux continu, les salles ou parcs ne peuvent pas être systématiquement lavés et décontaminés entre les lots, ce qui participe à augmenter la pression parasitaire.

3.3.3. **Prise en charge sanitaire et médicamenteuse du parasitisme**

D'une manière générale la décontamination de l'environnement est très importante pour la maitrise du parasitisme en élevage. Veronesi *et al.* (2011) ont montré que laver et désinfecter les cases entre bandes permettaient de limiter la séroprévalence vis-à-vis de *T. gondii*. À noter toutefois que de nombreux désinfectants utilisés couramment dans les élevages sont certes bactéricides, virucides et/ou fongicides, mais très peu sont efficaces contre les oocystes ou les œufs de parasites. Dans l'étude de Hinney *et al.* (2020), seuls deux des 49 élevages utilisaient un désinfectant ayant une activité contre les coccidies. Aucun de ces deux élevages n'a présenté d'oocystes de *C. suis*, alors que le parasite a été mis en évidence dans 35 des 47 autres élevages.

Cependant, même si l'hygiène, la rotation des parcs et un faible chargement constituent des mesures appropriées pour maitriser la pression parasitaire, l'utilisation de traitements antiparasitaires (anthelminthiques, anticoccidiens) reste la mesure la plus importante pour contrôler les parasitoses (Roepstorff et Nansen, 1994), les moyens de prophylaxie non médicale présentant de nombreuses

limites d'efficacité. Dans l'étude de Hinney *et al.* (2020), des oocystes de coccidies ont été mis en évidence dans 20 des 30 élevages (67 %) utilisant du toltrazuril, alors qu'ils ont été détectés dans 15 des 19 élevages (79 %) n'utilisant pas l'anticoccidien. Un historique d'utilisation de pipérazine ou de lévamisole était associé à un nombre significativement moins élevé d'œufs d'*A. suum* par gramme de fèces dans une étude réalisée sur des porcs en liberté au Kenya (Kagira *et al.*, 2012). Bien que l'homéopathie ou la phytothérapie soient recommandées par le cahier des charge "Bio", peu d'agriculteurs biologiques ont recours à ces modes de traitement en raison du manque de preuves scientifiques de leur efficacité (Kijlstra et Eijck, 2006). Les traitements antiparasitaires allopathiques sont largement utilisés, y compris dans les élevages bio (Prunier *et al.*, 2012) dans lesquels ils ne sont pas limités mais doivent être justifiés par une prescription vétérinaire complétée d'un diagnostic et/ou d'analyses indiquant la présence de parasites (Chambres d'Agriculture de Bretagne, Normandie et Pays de la Loire, 2022).

Toutefois le recours à des outils chimiques pose d'autres problèmes sur l'environnement et sur l'apparition de résistances. En outre une mauvaise application des protocoles de déparasitage, même si le parasite est sensible à la molécule utilisée, peut être à l'origine d'échecs thérapeutiques.

3.4. Bilan

Les endoparasitoses sont des maladies courantes chez les porcs dans le monde entier. Parmi les parasites internes les plus fréquemment isolés dans la production porcine des pays tempérés, figurent des protozoaires, comme des coccidies ou *Toxoplasma gondii*, ou encore des helminthes, comme *Ascaris suum*, *Oesophagostomum spp.*, *Hyostrongylus rubidus* ou *Trichuris suis* (Tableau 5). L'infestation par ces parasites internes peut entraîner des pertes économiques importantes, dues principalement à la dégradation des performances de croissance et de conversion alimentaire. Elle peut aussi constituer un facteur de risque pour d'autres maladies du tube digestif, comme l'infection par *Lawsonia intracellularis* ou le portage intestinal de *Salmonella*. Enfin, elle peut interférer avec la prise vaccinale (*e.g. Ascaris suum* et vaccination contre *Mycoplasma hyopneumoniae)*.

La présence de parasites internes ainsi que l'intensité des infestations sont fortement influencées par le système de production. Alors qu'une diminution du nombre d'espèces de parasites et de la pression d'infestation est constatée dans les élevages en bâtiment sur caillebotis, le parasitisme interne reste une préoccupation majeure dans les élevages sur litière et/ou ayant un accès plein-air. Ces conditions d'élevage sont en effet plus favorables au développement et à la survie des différents stades des parasites dans l'environnement et au contact avec les hôtes intermédiaires ou définitifs.

Tableau 5- Principaux parasites du porc.

Localisation	Nom	Non commun	Hôte intermédiaire	Mode d'infestation / infection
Estomac	*Hyostrongylus rubidus*	Ver rouge de l'estomac	Aucun	Ingestion de larves infectantes
Intestin grêle	*Ascaris suum*	Grand ver rond	Aucun	Ingestion d'œufs infectants
	Strongyloïdes ransomi	Ver filiforme intestinal	Aucun	Larves par voie percutanée, orale, trans-colostrale, prénatale
	Cystoisospora suis *Eimeria* spp.	Coccidie	Aucune	Ingestion d'oocystes sporulés
Caecum - colon	*Trichuris suis*	Trichures	Aucune	Ingestion d'œufs infectants
	Oesophagostomum spp.	Ver nodulaire	Aucune	Ingestion de larves infectantes
Poumon	*Metastrongylus elongatus*	Ver pulmonaire	Ver de terre	Ingestion de vers de terre infestés
Rein	*Stephanurus dentatus*	Ver rénal	Ver de terre	Larves par voie percutanée, orale, éventuellement prénatale, et ingestion de vers de terre infestés
Muscle	*Toxoplasma gondii*		Porc, rongeurs, oiseaux, homme	Ingestion d'œufs sporulés ou de muscles contenant des kystes tissulaires

4. Conclusion

Dans cette première partie la diversité des élevages alternatifs, leurs atouts et leurs faiblesses ont été présentés. Alors qu'ils permettent en général aux animaux d'exprimer un plus large éventail de comportements, ces élevages présentent par contre des points critiques, au premier rang desquels la biosécurité externe, plus difficile à mettre en œuvre dans ce type d'élevage, avec des conséquences sur la santé publique et la santé des animaux, et notamment des infections parasitaires qui ont été présentées en détail.

La littérature sur les élevages alternatifs de porcs est très riche, avec de nombreuses études s'intéressant soit au bien-être, soit à la santé des animaux ou à la sécurité sanitaire. Toutefois peu d'études s'intéressent à l'élevage dans son ensemble, comme unité, en considérant tous ces aspects. Dans les études où ce travail a été fait, il y a en général peu d'élevages ou elles ne s'intéressent qu'à une catégorie d'élevages, comme les élevages biologiques dans l'étude européenne Corepig. Or, comme nous l'avons vu précédemment, en France, l'élevage biologique ne représente qu'environ 1 % des porcs produits (Agence Bio, 2021a) alors que les élevages sur paille représenteraient environ 5 % des élevages de porcs (Boulestreau-Boulay *et al.*, 2012). Certains cahiers des charges, comme le Label rouge ou le Label rouge fermier, imposent des surfaces par animal plus importantes durant la phase de croissance (possibles en général seulement sur paille au regard du coût des bâtiments sur caillebotis) ou encore un accès au plein-air. Les coûts de production sont moins élevés dans ces systèmes qu'en filière biologique, l'aliment n'ayant pas l'obligation d'intégrer des matières premières biologiques plus onéreuses ; les produits issus de ces filières sont ainsi plus accessibles financièrement aux consommateurs, dont 60 % jugent prioritaires d'offrir un accès plein-air à tous les animaux (Roguet, 2018). La variabilité de ces systèmes d'élevage alternatifs est ainsi très importante et il n'existe pas, à notre connaissance, d'étude de grande envergure, tenant compte de toutes les composantes de l'élevage et incluant tous les systèmes d'élevage alternatifs. C'est ce que propose le programme PIGAL mené dans plus de 110 élevages, incluant une diversité de systèmes d'élevage de porcs alternatifs, dans lesquels les animaux ne sont pas élevés claustrés sur caillebotis, avec une approche multithématique simultanée à la fois « One health » (santé publique et animale) mais aussi « One welfare » (Bien-être animal et santé au travail des éleveurs). Les travaux conduits pour cette thèse s'inscrivent dans le cadre de ce programme de recherche et sont présentés dans la seconde partie de ce manuscrit.

SECONDE PARTIE :
Contribution personnelle

Des éléments présentés dans cette partie de contribution personnelle ont été valorisés par un article scientifique (Annexe 1), trois communications affichées et une communication orale :

Delsart M, Fablet C., Rose N., Répérant J.M., Blaga R., Dufour B., et Pol F. (2022) Descriptive epidemiology of the main internal parasites on alternative pig farms in France. *Journal of parasitology* 108 (4), 306–321.doi: 10.1645/21-126

Delsart M., Répérant J.M., Kerouanton A., Denis M., Souquière M., Dufour B., Rose N., Pol F., Fablet C. (2021) *Salmonella* and parasites in French alternative pig farms: first results in 35 herds, In 72nd annual meeting of the European Federation of Animal Science, Davos

Delsart M., Répérant J.M., Kerouanton A., Denis M., Souquière M., Dufour B., Rose N., Pol F., Fablet C. (2022) *Salmonella* and parasites in French alternative pig farms: first results in 65 herds, In 20th congress of the International Society for Animal Hygiene, Berlin

Denis M., Souquière M., Rose V., Boudin E., Houry B., Dorenlor V., Houard E., Eono F., Nagard B., Eveno E., Pinsard G., Kerpherique S., Poulain G., Pol F., Rose N., **Delsart M.**, Fablet C. et Kerouanton A. (2022) Level of *Salmonella* excretion of fattening pigs in alternative farms, In International Symposium *Salmonella* and Salmonellosis, Saint Malo

Delsart M., Pol F., Dufour B., Rose N., Fablet C. (2022) Parasitism in alternative pig farms: situation, risks and opportunities, Journées scientifiques et doctorales Anses, Paris

1. Problématique générale et objectifs de la thèse

Le programme de recherche PIGAL (acronyme pour pig alternatif), piloté par l'Anses de Ploufragan-Plouzané-Niort, a pour objectif d'apporter des connaissances afin de concevoir ou améliorer des modes d'élevage de porcs alternatifs plus respectueux de leur bien-être, offrant des garanties satisfaisantes sur le plan de la biosécurité, conférant une meilleure santé aux animaux, limitant les risques sanitaires pour la chaine alimentaire et tenant compte de la santé au travail des éleveurs et de la viabilité économique des élevages. Il comprend plus précisément deux principaux objectifs :

1. L'évaluation du risque associé à la fois aux composantes de santé et de bien-être des animaux, de rupture de biosécurité, de santé publique vétérinaire et de santé au travail des éleveurs dans ces élevages (en analysant des indicateurs spécifiques pour chacune des composantes).
2. L'élaboration de recommandations et l'évaluation de la faisabilité de leur mise en œuvre.

Ce programme a débuté en 2019 par une étude descriptive en ligne auprès des éleveurs dont l'objectif était de dresser un panorama des élevages porcins alternatifs en France, en caractérisant les différents modes d'élevage et de logements et en identifiant les éventuels problèmes sanitaires identifiés par les éleveurs ainsi que les niveaux de bien-être animal et de biosécurité. Cette première phase, réalisée en amont de la thèse, a permis l'élaboration d'une enquête analytique transversale, réalisée dans 112 élevages, dans laquelle s'inscrit cette thèse. C'est au terme de l'analyse des données de cette seconde étude que seront émises des recommandations qui seront par la suite évaluées sur leur faisabilité pratique et économique (dernière phase du programme de recherche planifiée en 2023). Ces recommandations, à destination des éleveurs mais également des autres acteurs de la filière porcine (comme les vétérinaires et les techniciens d'élevage), ou des pouvoirs publics, devraient permettre de mieux gérer les problèmes de santé animale, de santé publique vétérinaire et de bien-être des animaux liés à ces systèmes d'élevage alternatifs, ainsi que d'améliorer le niveau de biosécurité vis-à-vis de la faune sauvage tout en prenant en compte la qualité de vie au travail des éleveurs.

Ce travail de thèse s'intéresse plus spécifiquement au parasitisme interne qui est une des problématiques sanitaires et de bien-être animal majeures dans les élevages de porcs en système alternatif. Un premier objectif est de décrire le parasitisme dans ces élevages et d'établir une typologie des élevages selon leur niveau d'infection ou d'infestation. Un autre objectif est d'étudier les performances d'outils pour le diagnostic d'*A. suum.* Nous avons fait le choix de nous intéresser principalement au parasitisme car l'analyse fine de l'ensemble des données générées par l'enquête était difficilement compatible avec les délais de soutenance d'une thèse d'Université (la phase de collecte a duré plus de 18 mois). Toutefois les résultats de ce travail alimenteront l'analyse plus globale et multithématique des données.

Dans la suite de ce manuscrit, nous continuons à décrire l'enquête analytique de PIGAL dans sa globalité, notamment dans la partie matériel et méthodes (puisque dans le cadre de ce travail nous avons largement participé à la conception du protocole de cette enquête), en insistant toutefois sur la partie parasitisme de l'étude. Dans la partie « résultats », nous décrivons les principales caractéristiques des élevages enquêtés, mais nous nous attardons surtout sur les résultats liés au parasitisme. Ce n'est que dans la partie discussion que nous revenons sur le programme PIGAL dans sa globalité (résultats attendus, perspectives…) après avoir discuté les résultats liés au parasitisme.

2. Matériel et méthodes

2.1. Échantillonnage des élevages

2.1.1. Population cible

La population cible des élevages pouvant être inclus dans cette étude est décrite dans le Tableau 6. Elle était constituée de l'ensemble des élevages de porcs en systèmes alternatifs situés en France continentale, c'est à dire qui disposaient de logements sur litière et/ou avec accès à l'extérieur (courette extérieure, parcours, plein-air). Elle comprenait notamment des élevages sous signe officiel d'identification de la qualité et de l'origine, tels que ceux certifiés en Label rouge ou en Agriculture Biologique. Pour être inclus, les élevages devaient en outre produire des porcs en système alternatif depuis au moins 18 mois afin que les éléments de conduite soient stabilisés pour que les marqueurs biologiques reflètent réellement les effets de la conduite alternative de l'élevage. Un objectif de 120 élevages à visiter a été fixé, afin d'être en capacité d'identifier des facteurs de risque, en incluant des élevages naisseurs-engraisseurs, naisseurs et engraisseurs pour étudier à la fois les porcs en croissance et les reproducteurs, l'étude préparatoire montrant en effet des problèmes de santé et de bien-être animal dans ces deux populations d'animaux (Fablet *et al.*, 2020). Si l'élevage comprenait une partie naissage (naisseur-engraisseur ou naisseur), un minimum de 20 truies était requis. S'il comprenait une partie engraissement (naisseur-engraisseur ou post-sevreur-engraisseur) un minimum de 100 porcs sevrés en croissance était nécessaire. Tout ou partie de l'élevage devait proposer aux animaux un système d'élevage alternatif. Dans le cas des élevages naisseurs-engraisseurs, le système alternatif devait concerner à la fois tout ou partie des truies et au moins un stade de croissance (post-sevrage et/ou engraissement).

Tableau 6- Critères d'inclusion des élevages.

Localisation géographique		France continentale
Type d'élevage		Naisseur-engraisseur Naisseur Post-sevreur-engraisseur
		Installé depuis au moins 18 mois avec logement alternatif
Taille d'élevage		Si présence d'un atelier naissage ≥ 20 truies Si présence d'un atelier engraissement ≥ 100 porcs charcutiers
Mode de logement	**Atelier naissage**	Gestantes en bâtiment semi ouvert[1] sur litière + Maternités en bâtiment fermé Gestantes avec courettes ou plein air + Maternités en bâtiment Gestantes avec litière ou courettes ou plein air + Maternités en plein air
	Atelier croissance	Post-sevrages et/ou engraissements en bâtiment semi ouvert[1] avec litière Post-sevrages et/ou engraissements avec accès extérieur et sol bétonné (courette) Post-sevrages et/ou engraissements avec accès extérieur et sol naturel

[1] bâtiment non hermétique, au moins ouvert sur un côté (au moins avec filet brise-vent).

2.1.2. **Recrutement des élevages et organisation des visites**

Vingt-six groupements ou associations d'éleveurs et cabinets vétérinaires ont été contactés ; seize de ces structures ont participé en contactant les éleveurs figurant dans leurs fichiers et correspondant aux critères d'inclusion. L'ensemble des élevages pouvant être inclus dans l'étude et ayant accepté de participer à l'enquête, a ensuite été contacté par un agent de l'ANSES, dans la limite de 80 élevages naisseurs-engraisseurs, 20 élevages post-sevreurs-engraisseurs et 20 naisseurs (une fois ces seuils atteints, la recherche de nouveaux élevages était suspendue). Neuf élevages ont été contactés directement, sans l'intermédiaire des structures, par recherche d'adresses sur internet. Le premier contact se faisait par téléphone et avait pour objectifs de présenter l'étude, confirmer l'accord de l'éleveur et définir une date de visite qui tenait compte de l'âge des animaux présents, des disponibilités des acteurs et de l'emplacement géographique afin de regrouper le plus possible les élevages en fonction de leur localisation.

Ainsi 112 élevages ont accepté de faire partie de l'enquête. L'objectif était de tenir compte de la diversité des systèmes d'élevage alternatifs de porcs en France, pour permettre de dégager des facteurs de risque ou de prévention sur les thématiques étudiées. Les visites d'élevages ont été menées de juin 2020 à février 2022. J'ai personnellement participé à la réalisation de 19 enquêtes sur le terrain.

L'ensemble du matériel nécessaire à la visite était préparé en amont et comprenait les tenues et les bottes, le matériel de mesure et de prélèvement (Figure 9), les questionnaires (Annexe 2 et Annexe 3) et un vade-mecum (Annexe 4) ainsi que les fiches de commémoratifs à renseigner (Annexe 5). Avant le démarrage de l'étude, le protocole a été testé dans trois élevages. Dans le 1er, seuls les questionnaires ainsi que les mesures et les observations ont été testés, par une unique personne. À la suite de cette visite, des corrections ont été apportées afin d'améliorer la compréhension des questions et d'adapter les observations à leur faisabilité tout en assurant la pertinence des informations collectées. Lors de la deuxième visite, l'ensemble du protocole a été réalisé, permettant à la fois de l'ajuster, mais aussi d'homogénéiser les critères de notation entre les enquêteurs présents.

Figure 9- Exemple de matériel nécessaire pour l'étude.

2.2. Collecte des données en élevage

Chaque élevage a fait l'objet d'une visite (étude transversale) qui durait entre 3 et 5 h selon la typologie d'élevage, le mode de logement et le nombre d'enquêteurs, qui variait entre 2 et 6 selon les visites. Au total, 11 enquêteurs ont participé à cette étude. Pour 6 élevages, une seconde visite a été nécessaire pour collecter l'ensemble des données du fait de l'absence ou d'un nombre insuffisant d'animaux dans une tranche d'âge le jour de la première visite.

2.2.1. **Données relatives à l'élevage**

Durant la visite, un entretien avec un des éleveurs de l'exploitation était réalisé. Cet entretien, qui durait entre 1h et 2h30 selon le type d'élevage, permettait de collecter des informations concernant l'élevage (description générale, types de bâtiment, description des parcours plein-air, environnement de l'élevage, organisation du travail, performances technico-économiques et

d'abattage, conduites et pratiques d'élevage, alimentation, protocole de soins incluant vaccination, déparasitage et traitements, biosécurité, relation homme-animal et ergonomie). L'ensemble des questions posées à l'éleveur durant cet entretien figure en Annexe 2. Les réponses étaient saisies après la visite dans une base de données spécifique développée dans le logiciel MS Access (Microsoft software Studio).

En parallèle, des observations et des mesures étaient réalisées par les enquêteurs directement dans les différents secteurs de l'élevage (maternité, verraterie, gestante, post-sevrage, engraissement, quarantaine et infirmerie). Ces observations concernaient l'environnement des animaux, leur logement, les modes d'alimentation et d'abreuvement, l'enrichissement à disposition des animaux, ainsi que les mesures de biosécurité interne et externe en place. Les longueurs et les surfaces des installations étaient mesurées grâce à des télémètres laser et les prises de température dans l'ambiance grâce à des thermomètres de contact 905-T2 (Testo). Les informations collectées étaient saisies durant la visite dans un questionnaire figurant en Annexe 3 puis dans une base de données MS Access (Microsoft software Studio) spécifique après la visite. Les enquêteurs avaient à leur disposition un vade-mecum (Annexe 4) pour les guider notamment dans le choix des types de cabanes, des types de clôtures ou encore des modes d'alimentation ou d'abreuvement et limiter ainsi les biais de classement.

2.2.2. **Observations des animaux**

Au cours la visite, des observations pour recueillir des indicateurs de bien-être et santé des animaux étaient réalisées dans l'élevage. Ces observations pouvaient être collectives au sein d'un groupe ou à l'échelle individuelle et étaient réalisées dans les différents secteurs de l'élevage. Le Tableau 7 résume les observations faites sur les animaux au niveau collectif par catégorie d'âge.

Tableau 7- Observations et mesures réalisées sur les animaux à l'échelle collective.

	En maternité		Truies gestantes	Porcelets (10-12 semaines d'âge)	Porcs en engraissement (≥ 22 semaines d'âge)	Quarantaine
	Truies	Porcelets				
Réaction de panique[1]			X	X	X	X
Test d'approche[2]			X	X	X	X
Comptage de toux[3]		X	X	X	X	
Comptage d'éternuement[3]		X	X	X	X	
Présence de diarrhées		X[4]				

[1] À l'entrée dans la case ou le parc

[2] Temps en secondes que mettent le 1er et le 3ème animal à s'approcher à moins de 50 cm de l'observateur après que celui-ci s'est positionné debout au milieu de la paroi opposée à l'entrée

[3] Comptages réalisés au niveau de la salle, durant 6 minutes. Si comptage impossible (notamment en plein-air), il est simplement noté si des toux/ éternuements avaient été entendus

[4] À l'échelle de la portée, 10 portées par élevage

Selon les catégories d'animaux présents, des observations étaient réalisées au niveau individuel en maternité (truies et porcelets de 2 à 4 semaines d'âge), sur des porcelets de 10-12 semaines d'âge, sur des porcs en fin de croissance d'au moins 22 semaines d'âge et sur des truies non allaitantes (présentes dans la salle ou le parc de verraterie – gestante).

2.2.2.1. Choix des animaux

L'objectif était de sélectionner 30 animaux par gamme d'âge (truies gestantes, porcelets de 2-4 semaines d'âge, porcelets de 10-12 semaines d'âge et porcs d'au moins 22 semaines d'âge), afin de détecter un évènement avec une prévalence minimale de 10 % (α = 0,05) au sein de chacune des

catégories d'animaux. Si l'effectif n'était pas suffisant, un minimum de 20 animaux était requis (le taux de prévalence limite est alors de 14 % (α = 0,05)) (Tableau 8).

En maternité, s'il y avait plus de 10 truies allaitant des porcelets de 2 à 4 semaines d'âge, une sélection des portées était réalisée, si possible par tirage au sort stratifié, avec trois truies en première portée dans l'échantillon. Trois porcelets étaient observés par portée. Ils étaient si possible tirés au sort. Dans le cas contraire, une sélection de convenance[5] était réalisée. S'il y avait moins de 10 truies allaitant des porcelets de 2 à 4 semaines d'âge, toutes les portées étaient sélectionnées. Trente porcelets répartis équitablement dans chacune des portées étaient observés. Si le nombre de porcelets dans l'ensemble des portées sélectionnées était inférieur à 30, tous les porcelets étaient observés.

Concernant les truies en verraterie-gestante, tous les animaux étaient observés s'il y en avait moins de 30. Dans le cas contraire un tirage au sort ou une sélection de convenance était réalisé, avec au moins 3 cochettes dans l'échantillon.

Le même mode de sélection était utilisé sur les animaux de 10-12 semaines d'âge et en fin de croissance : s'il y avait moins de 30 animaux, tous les individus étaient observés. Dans le cas contraire, 30 animaux étaient tirés au sort ou sélectionnés par convenance (les cinq premiers animaux de 10-12 semaines d'âge étaient sélectionnés par convenance et étaient constitués des animaux sur lesquels des déjections pouvaient être prélevées), soit dans plusieurs cases ou parcs s'il y avait moins de 30 animaux par case ou parc, soit au sein d'une même case ou parc s'il y avait plus de 30 animaux par case/parc, la case ou le parc était alors tiré au sort parmi l'ensemble des cases/parcs présentant des animaux de la même tranche d'âge.

Tableau 8- Sélection des animaux selon le secteur d'élevage et la gamme d'âge.

	En verraterie-gestante	En maternité		Porcelets	Porcs en engraissement
Type d'animaux	Truies	Truies	Porcelets de 2-4 semaines d'âge	Porcelets de 10-12 semaines d'âge	Porcs d'au moins 22 semaines d'âge
Taille d'échantillon	30	10	30	30	30
Mode sélection	Tirage au sort stratifié, avec 3 cochettes dans l'échantillon	Tirage au sort stratifié, avec 3 truies en 1ère portée dans l'échantillon	10 portées, 3 porcelets / portée, si possible tirés au sort. Dans le cas contraire, sélection de convenance	Tirés au sort ou sélectionnés par convenance 5 premiers animaux sélectionnés par convenance (prélèvements de déjections fraiches)	Tirés au sort ou sélectionnés par convenance
Cas particulier si n < objectif	20 truies minimum	4 truies minimum	20 porcelets minimum	20 porcelets minimum	20 porcs minimum

[5] Le tirage au sort n'était pas toujours possible, notamment dans les grandes cases ou les élevages plein-air. Les animaux sélectionnés étaient alors les premiers sur lesquels les observations étaient réalisables.

2.2.2.2. Observations individuelles des animaux

Chaque animal était observé individuellement et des notes étaient attribuées pour chaque indicateur de santé et/ou de bien-être animal. L'ensemble de ces indicateurs figurent dans le Tableau 9.

Tableau 9- Observations individuelles réalisées sur les animaux.

	En maternité		Truies gestantes	Porcelets (10-12 semaines d'âge)	Porcs en engraissement (≥ 22 semaines d'âge)
	Truies	Porcelets			
Nombre d'animaux observés	10	30	30	30	30
Note d'état	X		X		
Propreté	X	X	X		
Maigreur		X		X	X
Hernies inguinales		X		X	X
Hernies ombilicales		X		X	X
Stéréotypie	X		X		
Anémie				X	X
Escarre	X		X		
Griffures		X	X	X	X
Blessures		X	X	X	X
Lésions au niveau des babines		X			
Lésions cutanées			X	X	X
Signes cliniques de gale			X		
Lésion de queue				X	X
Oreilles nécrosées				X	X
Othématome				X	X
Abcès à l'encolure	X		X		
Mammite	X				
Congestion mammaire	X				
Lésion de vulve	X		X		
Prolapsus vaginal	X		X		
Prolapsus rectal			X	X	X
Diarrhée				X	X
Arthrite / panaris			X		
Boiterie	X	X	X	X	X
Bursite			X	X	X
Dyspnée / coup de flanc				X	X
Groin dévié				X	X
Conjonctivite				X	X

Le choix de ces indicateurs et des systèmes de notation s'est appuyé sur la littérature (Bouchaud, 2019) et notamment sur le protocole du Welfare quality (Welfare Quality Consortium, 2009) pour le bien-être animal, tout en tenant compte du temps disponible pour réaliser l'ensemble de ces observations lors d'une unique visite. Les grilles de notation ont été standardisées et figurent en Annexe 4. L'ensemble des observations et notations réalisées étaient renseignées durant la visite dans un questionnaire (Annexe 3) puis saisies après la visite dans une base de données spécifique développée dans le logiciel MS Access (Microsoft software Studio).

2.2.3. **Prélèvements**

En parallèle des observations, des prélèvements ont été effectués sur les animaux. Il s'agissait de prélèvements de mucus trachéal, de sang ou de fèces. Dans chaque élevage, et selon les catégories d'animaux présents, 10 truies, 10 porcelets de 10 à 12 semaines et 10 porcs d'au moins 22 semaines d'âge étaient sélectionnés. Le type et le nombre d'animaux prélevés figurent dans le Tableau 10.

Le nombre d'animaux échantillonnés permet de détecter une infection avec une prévalence minimale de 26 % ($\alpha = 0,05$) au sein de chacune des catégories d'animaux prélevées et pour chaque type de prélèvement.

Tableau 10- Nombre d'animaux prélevés en fonction du type de prélèvement.

		Truies gestantes	Porcelets (10-12 semaines d'âge)	Porcs en engraissement (≥ 22 semaines d'âge)
Prélèvements	Fèces	10	10	10
	Mucus trachéal	Non réalisé	10	10
	Sang	10	10	10

2.2.3.1. Choix des animaux

Les prélèvements sanguins et/ou de mucus trachéal ont été réalisés sur les 10 premiers animaux sélectionnés pour les observations dans chacune des catégories d'animaux à prélever. Les échantillons fécaux frais étaient prélevés au hasard, si possible sur les animaux sélectionnés pour l'observation individuelle, ou directement au sol immédiatement après la défécation, afin de limiter les risques de prélever plusieurs fois le même animal. Ainsi les fèces pouvaient être prélevées sur des animaux n'ayant pas subi de prélèvement sanguin, hormis sur les 5 premiers animaux de 10-12 semaines d'âge pour lesquels un appariement devait être fait entre les prélèvements de sang et de fèces.

2.2.3.2. Méthodes de prélèvement

Des échantillons de sang étaient prélevés sur chacun des animaux, par ponction de la veine jugulaire (Figure 10), en utilisant des tubes sous vide (Vacuette, Dutscher SAS, Brumath, France) sans additif. Deux tubes de 8 ml étaient prélevés par animal. Chacun des tubes était identifié avec le code de l'élevage, le type d'animaux et le rang de prélèvement.

Les sondages de mucus trachéal ont été effectués à l'aide d'un cathéter (Euromedis, Neuilly-sous-Clermont, France). Les sondes ont été introduites par voie buccale puis dans la trachée lors de l'inspiration du porc (Figure 11) (Fablet *et al.*, 2010). Chaque prélèvement a été placé dans un tube contenant 2 ml d'eau peptonée tamponnée, identifié de la même manière que les prélèvements sanguins (Figure 12).

Pour les porcelets sevrés et les porcs en fin de croissance, les prélèvements fécaux étaient répartis dans 2 pots de 180 ml en polypropylène pour chaque individu (Figure 13), avec un minimum de 30 g de matière dans l'un et de 10 g dans l'autre. En ce qui concerne les prélèvements fécaux effectués sur les truies, un pot de 180 ml en polypropylène avec 30 g de matière était suffisant.

Figure 10- Prélèvement de sang sur un porc de 10-12 semaines de vie.

Figure 11- Prélèvement de mucus trachéal sur un porc de race « Noir de Bigorre ».

Figure 12- Chantier de prélèvements de mucus trachéal.

Figure 13- Prélèvements de fèces sur des porcelets de 10 semaines d'âge, répartis en 2 séries de prélèvements selon le laboratoire destinataire.

2.2.3.3. Acheminement et conservation des prélèvements

Les échantillons, identifiés individuellement, étaient acheminés au laboratoire pour traitement à une température comprise entre + 4°C et + 6°C. Ils étaient accompagnés des fiches de commémoratifs complétées (Annexe 5).

Les sérums étaient obtenus par centrifugation pendant 10 minutes à 3500 g et conservés à - 20°C jusqu'à l'analyse alors que les autres prélèvements étaient conservés entre +4°C et + 6°C .

2.3. Analyses de laboratoire sur les prélèvements

Les prélèvements effectués sur les animaux ont permis la réalisation de différentes analyses décrites dans le Tableau 11 afin d'objectiver leur statut vis-à-vis d'agents infectieux viraux, bactériens et parasitaires ainsi que leur statut inflammatoire (haptoglobine).

2.3.1. **Infections parasitaires**

Concernant les recherches parasitaires, dont nous détaillerons plus finement les résultats par la suite, des analyses ont été effectuées à la fois sur les fèces et sur les prélèvements sanguins.

2.3.1.1. Coprologie

Quatre opérateurs de l'unité de virologie immunologie et parasitologie aviaires et cunicoles (VIPAC) de l'Anses de Ploufragan-Plouzané-Niort ont été préalablement formés à l'aide de prélèvements, de photos et d'un oculaire micrométrique. Tous les échantillons fécaux (10 à 30 prélèvements selon le type d'élevage), réfrigérés jusqu'au moment de l'examen (à + 5°C), ont été analysés individuellement. Après homogénéisation avec une spatule, trois grammes de chaque échantillon ont été mélangés durant 5 minutes avec 42 ml d'eau saturée en chlorure de sodium. La suspension était tamisée, la chambre d'une cellule de McMaster étant ensuite remplie avec le surnageant. Après 10 minutes, le contenu de la chambre de la cellule de McMaster était observé au grossissement X 100. En cas d'incertitude sur les éléments observés, une observation était réalisée au grossissement X 200, notamment pour les oocystes de coccidies. En cas de détection, l'identification et le comptage du nombre d'oocystes de coccidies ou d'œufs d'*Oesophagostomum* spp., d'*H. rubidus*, de *T. suis* ou d'*A. suum* étaient réalisés par espèce dans la chambre de la cellule de McMaster remplie. La ressemblance entre les œufs d'*Oesophagostomum* spp. et les œufs d'*H. rubidus* rend leur différenciation compliquée. C'est pourquoi ils ont été regroupés et sont définis par la suite comme « œufs de strongles ». Le nombre d'oocystes ou d'œufs par gramme de fèces était obtenu en multipliant par 100 le nombre d'oocystes ou d'œufs comptabilisés dans une chambre de la cellule de McMaster. Si les œufs ou les oocystes étaient trop nombreux pour un comptage, une seconde dilution au 1/10 était réalisée, en ajoutant 9 ml de solution saline à 1 ml du 1er mélange. Le nombre d'oocystes ou d'œufs par gramme de fèces était alors obtenu en multipliant par 1000 le nombre d'oocystes ou d'œufs comptabilisés dans une chambre de la cellule de McMaster.

2.3.1.2. Analyses sérologiques

2.3.1.2.1. *Ascaris suum*

Une analyse sérologique pour la recherche d'anticorps dirigés contre *A. suum* a été réalisée de façon individuelle, sur tous les prélèvements sanguins effectués sur les porcs en fin de croissance (10 prélèvements par élevage naisseur-engraisseur). Après centrifugation des prélèvements, les sérums ont été envoyés à l'Université de Ghent (Belgique). Les anticorps IgG totaux d'*A. suum* ont été détectés à l'aide du test ELISA SERASCA®, selon les modalités décrites par Vlaminck *et al.* (2012), en utilisant l'antigène hémoglobine purifié d'*A. suum.* Ce test permet la détection des anticorps à partir de 6-8 semaines après infestation et présente, pour le diagnostic d'une infestation par *A. suum,* une sensibilité supérieure à celle de l'examen des fèces (Vlaminck *et al.*, 2014). La sensibilité et la spécificité analytique de ce test sur porcs infestés expérimentalement sont estimées respectivement à 99,5 et 100 % (Vlaminck *et al.*, 2012).

2.3.1.2.2. *Toxoplasma gondii*

Une analyse sérologique a été réalisée de façon individuelle, sur chacun des prélèvements sanguins effectués sur les truies et les porcs en fin de croissance, d'au moins 22 semaines d'âge (20 prélèvements pour un élevage naisseur-engraisseur). Après centrifugation, les sérums ont été envoyés à l'École nationale vétérinaire d'Alfort. Ils ont ensuite été analysés par le test d'agglutination modifié (MAT) pour la détection de l'immunoglobuline G (IgG) spécifique de *T. gondii* en utilisant un antigène préparé à partir de tachyzoïtes de la souche RH entiers fixés dans du formol, comme décrit par Dubey et Desmonts (1987) fourni par le Centre national de référence pour la toxoplasmose à Reims, France (Villena *et al.*, 2012). Les échantillons de sérum ont été dilués deux fois en commençant par une

dilution 1:6 jusqu'à une dilution 1:12 288. Tous les échantillons réactifs à partir de 1:6 ont été considérés comme étant positifs. Il s'agit d'un test sérologique indépendant de l'espèce. La MAT est considérée comme le test de référence pour la détection des anticorps de *T. gondii* chez les animaux et dans la viande (Klun *et al.*, 2006 ; Pardini *et al.*, 2012 ; Forbes *et al.*, 2012 ; Villena *et al.*, 2012). La sensibilité et la spécificité de ce test ont été estimées respectivement à 82,9 % et 90,3 % (Dubey *et al.*, 1995b).

2.3.2. **Infections virales**

Les anticorps spécifiques de trois infections virales ont été recherchés, sur l'ensemble des prélèvements sanguins (n = 30 porcs en maximum pour un élevage naisseur-engraisseur) par l'unité de virologie et immunologie porcines (VIP) de l'Anses de Ploufragan-Plouzané-Niort. Il s'agit du virus du syndrome dysgénésique et respiratoire porcin (SDRP), des virus influenza porcins et du virus de l'hépatite E (VHE).

Pour le SDRP, les recherches ont été réalisées avec un test ELISA indirect Pigtype® PRRSV Ab (Indical Bioscience, Allemagne). Les analyses ont été réalisées conformément aux recommandations du fournisseur (Indical Bioscience Gmbh, 2019). Après mesures des densités optiques (DO) dans un spectrophotomètre à 450 nm, un ratio Échantillon/Témoin Positif (E/P) est calculé en fonction des DO du prélèvement et des contrôles négatifs et positifs. Un prélèvement est considéré comme positif si la valeur E/P ≥ 0,4. La sensibilité (Se) et la spécificité (Sp) de ce test ont été estimées à respectivement 99,8 % et 99,9 % (Biosellal et Indical Bioscience Gmbh). Si dans un élevage ne pratiquant pas la vaccination contre le virus du SDRP, un ou deux individus présentaient un ratio E/P ≥ 0,4 alors que les autres individus de la même catégorie dans l'élevage étaient séronégatifs, une nouvelle analyse était réalisée avec un autre test (INgezim PRRS 2.0 (Ingenasa, Spain)), selon les recommandations du fabricant (Ingenasa, 2018). Dans l'hypothèse où cette deuxième analyse était à nouveau positive, un troisième test ELISA utilisant l'antigène de référence AFSSA était réalisé au laboratoire d'analyse LABOCEA de Ploufragan (France). Un prélèvement était considéré comme négatif s'il était négatif à au moins un des tests réalisés.

Les recherches d'anticorps dirigés contre les virus Influenza A porcins ont été réalisées avec le kit ELISA ID Screen® Influenza A Nucleoprotein Swine Indirect (IDvet, Grabels, France) conformément aux recommandations du fabricant (« ID Screen® Influenza A Nucleoprotein Swine Indirect »). A l'instar du test Pigtype® PRRSV Ab, un prélèvement est considéré comme positif si le ratio E/P ≥ 0,4. La sensibilité et la spécificité de ce test ont été estimées à respectivement 94,7 % et 100 % (ID.Vet, 2019).

La détection des anticorps anti-VHE a été réalisée à l'aide du kit HEV ELISA 4.0v (MP Diagnostics, Illkirch, France) selon les instructions du fabricant. Les échantillons étaient positifs lorsque la DO mesurée dans un spectrophotomètre à 450 nm était supérieure au seuil défini comme la moyenne des DO des contrôles négatifs + 0,2. La sensibilité et la spécificité de ce test ont été estimées à respectivement 100 % et 98,8 %, (Hu *et al.*, 2008).

2.3.3. **Infections bactériennes**

Les salmonelles, trois mycoplasmes à tropisme respiratoire ainsi que *Brucella suis* ont fait l'objet de recherches sur les prélèvements réalisés sur les animaux.

Concernant les salmonelles, des analyses bactériologiques ont été réalisées sur l'ensemble des prélèvements fécaux des porcs en croissance, selon la méthode standardisée NF-U 47-102 (AFNOR, 2008). En cas de détection, un dénombrement était effectué selon la technique miniaturisée du « nombre le plus probable » (NPP) (ISO/TS 6579-2 :2012). Enfin le sérotypage était fait par agglutination selon le schéma de Kauffmann-White-Le Minor (Grimont et Weill, 2007) et la norme

ISO/TR 6579-3:2014. En parallèle, des analyses sérologiques ont été réalisées sur 5 prélèvements sanguins issus d'animaux de 10-12 semaines d'âge (animaux sur lesquels les analyses bactériologiques sur fèces ont également été faites). Le test ELISA IDEXX Swine *Salmonella* Ab (IDEXX, Montpellier, France) a été utilisé selon les recommandations du fabricant. La présence ou l'absence d'anticorps anti-*Salmonella* dans l'échantillon a été déterminée en calculant le rapport E/P suite aux DO obtenues avec un spectrophotomètre à 650 nm. Les échantillons dont la valeur E/P était égale ou supérieure à 0,4 ont été considérés comme positifs. La sensibilité et la spécificité de ce test ont été estimées respectivement à 99,1 % et 99,4 % (Gotter *et al.*, 2012). L'ensemble des recherches concernant les salmonelles a été réalisé au sein de l'unité d'hygiène et qualité des produits avicoles et porcins (HQPAP) de l'Anses de Ploufragan-Plouzané-Niort.

La recherche de trois mycoplasmes à tropisme respiratoire chez le porc (*Mycoplasma hyopneumoniae*, *Mycoplasma hyorhinis*, *Mycoplasma flocculare*) a été réalisée sur les échantillons de mucus trachéaux prélevés sur les animaux en croissance (20 prélèvements par élevage naisseur-engraisseur ou post-sevreur-engraisseur), au sein de l'unité de mycoplasmologie, bactériologie et antibiorésistance (MBA) de l'Anses de Ploufragan-Plouzané-Niort. Un test PCR multiplex quantitatif a été réalisé pour quantifier simultanément ces trois espèces mycoplasmiques en équivalents génomes par ml (eg/ml) selon la méthode décrite par Fourour *et al.* (2018).

La présence d'anticorps anti-*Brucella* était recherchée sur les sérums des truies et des porcs en fin d'engraissement (20 échantillons par élevage naisseur-engraisseur) par l'épreuve à l'antigène tamponné (EAT) (AFNOR, 2009a) et par fixation du complément (FC) (AFNOR, 2009b). Ces tests ont été réalisés au sein du laboratoire Qualyse (Champdeniers, France) conformément aux règles AFNOR. Un prélèvement était considéré comme positif s'il était positif aux deux tests. Il était considéré comme douteux s'il était positif en EAT et « anticomplémentaire » en FC (un sérum anticomplémentaire rend la réaction de fixation du complément ininterprétable) et négatif dans les autres cas.

2.3.4. **Haptoglobine**

L'haptoglobine a été dosée dans le sérum de tous les animaux prélevés (30 prélèvements par élevage naisseur-engraisseur) par un test colorimétrique (Phase Haptoglobin Assay, ABCYS Biologie, France), au sein l'unité VIP de l'Anses de Ploufragan-Plouzané-Niort.

Tableau 11- Récapitulatif des analyses réalisées sur les prélèvements effectués sur les animaux durant les visites.

Laboratoire d'analyse		Matrice	Catégorie et nombre d'animaux	Type de recherche	Type d'analyse
Anses	Unité de virologie immunologie et parasitologie aviaires et cunicoles (VIPAC)	Fèces	Truies (10) Porcelets[1] (10) Porcs en engraissement[2] (10)	Parasites internes	Coprologie : méthode de flottaison en eau salée, cellule de Mc Master
Anses	Unité d'hygiène et qualité des produits avicoles et porcins (HQPAP)	Fèces	Porcelets[1] (10) Porcs en engraissement[2] (10)	Salmonelles	Bactériologie (détection, quantification et sérotypage) Détection selon la méthode standardisée NF-U 47-102, dénombrement selon la méthode fondée sur le « nombre le plus probable » (ISO/TS 6579-2 :2012). Sérotypage par agglutination selon le schéma de Kauffmann-White et la norme ISO/TR 6579-3:2014
		Sang	Porcelets[1] (5)	Salmonelles	ELISA IDEXX Swine Salmonella Ab (IDEXX, Montpellier, France)
Anses	Unité de mycoplasmologie, bactériologie et antibiorésistance (MBA)	Mucus trachéal	Porcelets[1] (10) Porcs en engraissement[2] (10)	*Mycoplasma hyopneumoniae* *Mycoplasma hyorhinis* *Mycoplasma flocculare*	PCR quantitative (Fourour *et al.*, 2018a)
Anses	Unité de virologie et immunologie porcines (VIP)	Sérum	Truies (10) Porcelets[1] (10) Porcs en engraissement[2] (10)	Virus de l'hépatite E	HEV ELISA 4.0v, MP diagnostics (MP Diagnostics, Illkirch, France)
				Virus influenza porcin	ELISA : ID Screen® Influenza A Nucleoprotein Swine Indirect (IDvet, Grabels, France)
				Virus du SDRP	ELISA Pigtype® PRRSV Ab (Indical Bioscience, Germany)
				Haptoglobine	Méthode colorimétrique Phase Haptoglobin Assay (ABCYS Biologie, France)
École nationale vétérinaire d'Alfort	Unité mixte de recherche de biologie moléculaire et d'immunologie parasitaires (BIPAR) ENVA ANSES UPEC	Sérum	Truies (10) Porcs en engraissement[2] (10)	*Toxoplasma gondii*	Test d'agglutination modifié (MAT) (Dubey et Desmonts, 1987)
Qualyse		Sérum	Truies (10) Porcs en engraissement[2] (10)	*Brucella suis*	Épreuve de l'antigène tamponné (EAT) (AFNOR, 2009a) et Fixation du complément (FC) (AFNOR, 2009b)
Université de Ghent	Laboratoire de parasitologie	Sérum	Porcs en engraissement[2] (10)	*Ascaris suum*	ELISA SERASCA® (Vlaminck *et al.*, 2012)

[1] 10-12 semaines d'âge

[2] Au moins 22 semaines d'âge

2.4. Analyses statistiques mises en œuvre

2.4.1. **Analyse descriptive**

L'unité épidémiologique d'étude est ici l'élevage.

2.4.1.1. Description de l'échantillon enquêté

À partir des données collectées durant les visites, la population des élevages inclus a été décrite (répartition géographique, typologie, bâtiments, parcours plein-air, conduites et pratiques d'élevage, protocole de soins, biosécurité, organisation du travail). Le même type d'analyse descriptive a été faite avec les observations réalisées sur les animaux[6]. Les données ont été réparties en variables quantitatives et qualitatives, ce qui a permis de définir des moyennes, des médianes et des écarts types pour les premières, et des distributions de fréquences pour les secondes.

2.4.1.2. Définition du statut des élevages

Les résultats d'analyses de laboratoire ont permis de définir des statuts, mais aussi des taux de positivité par élevage et par catégorie d'animaux. Ces taux de positivité (prévalence apparente) ont été corrigés pour tenir compte des caractéristiques des tests utilisés, en utilisant l'équation $Pr = \frac{Pa-(1-Sp)}{Se+Sp-1}$, *Pr* étant la prévalence réelle (taux de positivité corrigé), *Pa* la prévalence apparente, *Se* et *Sp* respectivement la sensibilité et la spécificité du test (Rogan et Gladen, 1978).

Pour les infections virales, un élevage ou une catégorie d'animaux ont été considérés comme « positifs » si le taux de positivité calculé avec la formule précédemment citée était strictement supérieur à zéro dans la population correspondante. Les critères étaient les mêmes pour les infections bactériennes, mais des données de quantification ont en outre été calculées lorsque leur nature le permettait (moyennes, médianes et écarts type des NPP par prélèvement pour les salmonelles et des équivalents génomes pour les mycoplasmes). Pour *Brucella suis*, un prélèvement était considéré comme positif s'il présentait une réaction positive aux deux tests (EAT et FC) compte tenu de la faible spécificité des tests.

En ce qui concerne le parasitisme, le statut de chaque élevage (infesté ou non infesté) pour les helminthes (strongles, *A. suum*, *T. suis*) et pour les coccidies a été déterminé à partir de l'examen des échantillons fécaux. Un élevage a été considéré comme infesté si au moins un œuf d'helminthes ou un oocyste de coccidies a été observé. De la même manière, le statut de chaque catégorie d'animaux (truies, porcelets, porcs en fin d'engraissement) a été défini pour chaque élevage. Les pourcentages d'animaux infestés ont été calculés, les distributions des quantités de parasites observés par gramme de fèces étudiées et les paramètres de position déterminés dans chaque catégorie, pour chacun des parasites et pour chaque élevage.

Un élevage était considéré positif en sérologie vis-à-vis d'*A. suum* si au moins un prélèvement sur les 10 réalisés était positif. Un élevage était considéré comme positif en sérologie vis-à-vis de *T. gondii* si le taux de positivité était strictement supérieur à zéro après correction pour tenir compte de la sensibilité et de la spécificité de la MAT. Dans le cas de *T. gondii*, la positivité a été définie au niveau de l'élevage, mais aussi par catégorie d'animaux (truies et porcs d'au moins 22 semaines d'âge). Les

[6] L'ensemble de ces résultats ne seront pas présentés dans ce manuscrit, notamment les indicateurs de santé et de bien-être. Nous nous sommes concentrés sur les données liées au parasitisme.

distributions des résultats positifs ainsi que les ratios de densités optiques du test ELISA pour *A. suum* et des titres MAT pour *T. gondii* ont en outre été étudiées.

L'analyse descriptive des données et des résultats a été réalisée avec le logiciel R (R Development Core Team, 2008).

2.4.1.3. Relations entre les parasites

Les associations entre les pourcentages d'animaux infestés par au moins un œuf de strongles, d'*A. suum*, de *T. suis*, par au moins un oocyste de coccidies dans chaque catégorie de chaque élevage et le taux séropositivité pour *T. gondii* et *A. suum* ont été étudiées par analyse en composantes principales (ACP) (Rstudio®, packages FactoMineR (Lê *et al.*, 2008) et Factoshiny (Vaissie *et al.*, 2021)). La diversité des types d'élevages nous a poussé à réaliser ce travail successivement sur trois sous populations : étude des relations (i) parmi les élevages disposant de reproducteurs (92 élevages naisseurs ou naisseurs engraisseurs), (ii) parmi les élevages disposant de porcs sevrés en croissance (100 élevages post-sevreurs-engraisseurs ou naisseurs-engraisseurs) et enfin (iii) parmi les élevages disposant à la fois de reproducteurs et de porcs sevrés en croissance (80 élevages naisseurs engraisseurs exclusivement). L'objectif principal de l'ACP est de détecter les associations au sein d'un ensemble de variables continues, de résumer l'information dans un petit nombre de dimensions et de fournir une représentation graphique à faible dimension (Jolliffe, 2002). Chaque variable est représentée par un vecteur à l'intérieur d'un cercle de corrélation. Plus la longueur du vecteur est importante, plus la contribution de la variable à l'inertie est élevée. L'angle entre les vecteurs indique le degré de corrélation entre les variables : plus l'angle est petit, plus la corrélation est élevée. Un angle de 90° indique que les deux variables sont indépendantes et un angle de 180° montre une corrélation négative. Des classifications ascendantes hiérarchiques (CAH) ont ensuite été réalisées afin de classer les élevages selon leur profil vis-à-vis du parasitisme interne.

2.4.1.4. Relations entre le niveau de parasitisme et les caractéristiques des élevages naisseurs-engraisseurs

Six CAH (Rstudio®, packages FactoMineR et Factoshiny) ont été réalisées afin de regrouper en clusters les élevages disposant à la fois de truies et de porcs sevrés en croissance en fonction de leur statut vis-à-vis (i) du parasitisme en général, (ii) des strongles, (iii) de *T. suis*, (iv) d'*A. suum*, (v) des coccidies ou (vi) de *T. gondii*. Pour chaque classification, chacun des élevages a été attribué à un cluster. L'association a été testée par analyse bivariée entre les niveaux de parasitisme définis par les clusters et les variables qualitatives décrivant le type d'élevage (sept variables), les modalités de logement (27 variables), la conduite des animaux (deux variables), la conduite sanitaire (huit variables) et la conduite antiparasitaire (10 variables), ainsi que la saison durant laquelle l'élevage a été visité (test du Chi^2 ou test exact de Fisher si les conditions d'application du test du Chi^2 n'étaient pas respectées). La liste de ces variables figure en Annexe 6. Les variables dont la valeur-p à ce test était inférieure à 25 % étaient conservées pour une analyse multivariée. La colinéarité entre les variables sélectionnées a ensuite été testée ($p < 0,05$, test du Chi^2 ou test exact de Fisher si les conditions d'application du test du Chi^2 n'étaient pas respectées). Lorsque les variables étaient trop redondantes, nous avons retenu celles qui décrivaient le mieux l'ensemble des variables concernées. Les relations entre les éléments conservés et les statuts parasitaires étaient ensuite étudiées par analyse des correspondances multiples (ACM) (Rstudio®, packages FactoMineR et Factoshiny). La variable décrivant le niveau de parasitisme a été inclus dans l'ACM en variable supplémentaire. Le principe a été de faire des ACM successives en retirant les variables les moins contributrices à la construction des axes sur lesquels les groupes d'élevages (clusters de parasitisme) étaient principalement représentés. L'objectif principal de l'ACM est, comme pour l'analyse en composantes principales, de détecter les associations au sein d'un ensemble de variables qualitatives et de résumer l'information dans un petit nombre de dimensions.

2.4.2. Estimation des performances de tests imparfaits pour le diagnostic d'*Ascaris suum*

Deux tests ont été utilisés pour le diagnostic d'*A. suum*, l'analyse coprologique d'une part, et un test sérologique d'autre part (SERASCA®). Même si ces deux approches diagnostiques n'ont pas réellement les mêmes objectifs, l'une recherchant des œufs et l'autre des anticorps dirigés contre l'hémoglobine du parasite, il semblait intéressant, pour pouvoir conseiller les éleveurs, de comparer ces deux techniques, chacune imparfaite, aucun de ces deux tests n'étant d'ailleurs considéré comme le test de référence. L'objectif est ici d'estimer les performances de ces tests, *via* une approche comparée de leur sensibilité et de leur spécificité dans le cadre d'un diagnostic de troupeau. En l'absence de test de référence, une approche statistique bayésienne a ici été utilisée. Cette approche consiste à estimer des valeurs probables de sensibilités et de spécificités pour chacune des méthodes diagnostiques, sous forme de « prévisions » fondées à la fois sur les données issues de la littérature et sur les résultats obtenus dans les élevages dans le cadre de l'enquête PIGAL.

Les tests sérologiques SERASCA® ont été effectués uniquement sur les porcs en fin de phase d'engraissement. Ainsi nous n'avons retenu dans notre échantillon que les 100 élevages disposant de porcs d'au moins 22 semaines d'âge. En outre, le nombre d'analyses coprologiques n'était pas le même selon que l'élevage était de types naisseur-engraisseur ou post-sevreur-engraisseur (Tableau 10 et Tableau 11) ; dans le premier cas, 30 analyses coprologiques étaient réalisées par élevage, dans le second cas, seulement 20. La sensibilité et la spécificité à l'échelle du troupeau (que nous nommons par la suite sensibilité et spécificité troupeau, respectivement Se_t et Sp_t[7]) variant en fonction du nombre de prélèvements réalisés, nous avons dû différencier deux populations, l'une avec 100 élevages naisseurs-engraisseurs et post-sevreurs-engraisseurs (avec 20 coprologies par élevage, sur les porcs en croissance) et une autre de 80 élevages naisseurs-engraisseurs (avec 30 coprologies par élevage, à la fois sur les porcs en croissance et sur les truies).

Pour chaque approche diagnostique, des critères de positivité différents ont été testés :

- Diagnostic coprologique :
  - **Copro20** : un élevage est considéré infesté (positif) si au moins un œuf d'*A. suum* a été mis en évidence dans au moins un des 20 prélèvements réalisés sur les porcs en croissance (10 porcelets de 10-12 semaines d'âge et 10 porcs d'au moins 22 semaines d'âge - 100 élevages).
  - **Copro30** : un élevage est considéré infesté (positif) si au moins un œuf d'*A. suum* a été mis en évidence dans au moins un des 30 prélèvements réalisés à la fois sur les porcs en croissance (10 porcelets de 10-12 semaines d'âge et 10 porcs d'au moins 22 semaines d'âge) et sur 10 truies (80 élevages).
- Diagnostic sérologique SERASCA® :
  - **SERASCA1 :** un élevage est considéré positif si au moins un animal était séropositif sur les 10 animaux prélevés en fin d'engraissement, à partir de 22 semaines d'âge (100 élevages).
  - **SERASCA2** : un élevage est considéré positif si au moins deux animaux étaient séropositifs sur les 10 animaux prélevés en fin d'engraissement, à partir de 22 semaines d'âge (100 élevages).

[7] La sensibilité troupeau est la probabilité d'obtenir au moins un résultat positif dans un cheptel infecté. La spécificité troupeau est la probabilité de n'obtenir que des résultats négatifs dans un cheptel indemne.

2.4.2.1. Description du modèle

La méthode décrite par Rose *et al.* (2010) a été appliquée pour estimer les caractéristiques des deux approches diagnostiques dans une même population et sans test de référence. Les paramètres du modèle sont les 2 sensibilités, les 2 spécificités et la prévalence réelle. Nos données y = (y11, y10, y01, y00) comprenaient les résultats des diagnostics croisés pour les n élevages testés de la population [8] :

- y11 était le nombre d'élevages positifs aux deux diagnostics
- y10 le nombre d'élevages positifs au diagnostic coprologique et négatifs au diagnostic sérologique
- y01 le nombre d'élevages négatifs au diagnostic coprologique et positifs au diagnostic sérologique
- y00, le nombre d'élevages trouvés négatifs avec les deux diagnostics.

Avec y ∼ multinomial (n (p11, p10, p01, p00)),

P11 = P (D1, D2) = π [Se1Se2] (1 − π) [(1 − Sp1) (1 − Sp2)]

P10 = P (D1, D2-) = π [Se1 (1 − Se2)] (1 − π) [(1 − Sp1) Sp2]

P01 = P (D1-, D2) = π [(1 − Se1) Se2] (1 − π) [Sp1 (1 − Sp2)]

P00 = P (D1-, D2-) = π [(1 − Se1) (1− Se2)] (1 − π) [Sp1Sp2]

π étant la prévalence réelle des élevages positifs vis-à-vis d'*A. suum*, Se1 et Sp1 la sensibilité et la spécificité du diagnostic coprologique, Se2 et Sp2 la sensibilité et spécificité du diagnostic sérologique.

Le modèle décrit ci-dessus a été utilisé 4 fois pour estimer la sensibilité et la spécificité des diagnostics coprologiques **COPRO20** et **COPRO30** conjointement à celles des diagnostics sérologiques **SERASCA1** et **SERASCA2**. Le script du modèle figure en Annexe 7 (exemple du modèle estimant les performances de COPRO20 et SERASCA1).

2.4.2.2. Distributions *a priori* des paramètres

Des distributions bêta (a;b) ou uniforme (0;1) ont été utilisées comme distributions de probabilités *a priori* (= priors) pour les paramètres d'intérêt (sensibilités, spécificités, prévalence). Des données externes, issues de la littérature, ont été utilisées pour déterminer ces distributions bêta.

Pour les tests sérologiques, les valeurs de sensibilité et de spécificité individuelle proposées par Vlaminck *et al*. (2012) ont permis de déterminer une estimation de la sensibilité et de la spécificité troupeau avec 10 prélèvements par lot. Dans le cadre de SERASCA1, les équations utilisées pour obtenir la sensibilité et la spécificité troupeau à partir de la sensibilité et de la spécificité individuelle étaient respectivement $\mathrm{Se_t} = 1 - (1 - Se)^{10}$ et $\mathrm{Sp_t} = Sp^{10}$. Dans le cadre de SERASCA2, les équations utilisées pour obtenir la sensibilité et la spécificité troupeau à partir de la sensibilité et de la spécificité individuelle étaient respectivement $\mathrm{Se_t} = 1 - (1 - Se)^{10} - (9 \times Se \times (1 - Se)^{9})$ et $\mathrm{Sp_t} = Sp^{10} + (9 \times (1 - Sp) \times Sp^{9})$.

Pour les diagnostics coprologiques, il y avait beaucoup moins de données disponibles, notamment en ce qui concerne la sensibilité difficile à estimer mais qui semble toutefois faible au niveau individuel (Roepstorff et Nansen, 1998 ; Vlaminck *et al.*, 2012 ; Vlaminck et Geldhof, 2013). Pour

[8] n est égal à 80 ou 100, selon la population et le diagnostic coprologique.

définir le mode de la distribution, nous avons une valeur de sensibilité individuelle de 5 %. L'équation $Se_t = 1 - (1 - Se)^n$ a été utilisée pour obtenir la Se_t (n = 30 pour COPRO30 et n = 20 pour COPRO20). Les distributions *a priori* utilisées sont toutefois peu informatives.

A contrario, la spécificité de la coprologie a été estimée comme étant élevée, l'œuf d'*A. suum* ayant une forme particulière (Figure 3e), suffisamment spécifique pour ne pas être confondue avec un autre œuf.

Pour la prévalence, les informations issues de la bibliographie sont divergentes, notamment parce que différents types de tests sont utilisés (coprologies, sérologies, examens de foies à l'abattoir). Les distributions *a priori* utilisées étaient en conséquence des lois uniformes (0;1).

Les paramètres des lois bêta de chaque paramètre (sensibilité et spécificité de chaque approche diagnostique et prévalence) ont été définis en intégrant la valeur la plus probable ainsi la valeur la plus basse (95 % de confiance) du caractère dans le calculateur EpiR beta Buster du site : https://shiny.vet.unimelb.edu.au/epi/beta.buster/ .

2.4.2.3. Mise en œuvre du modèle

Les modèles ont été exécutés à l'aide du programme gratuit WinBUGS (Lunn *et al.*, 2009). Les paramètres d'intérêt ont été estimés grâce aux résumés analytiques de 10 000 itérations de l'échantillonneur de Gibbs avec une phase de rodage de 1 000 itérations (non incluses dans les estimations). Trois chaînes parallèles ont été exécutées avec différentes valeurs de départ choisies au hasard parmi les distributions uniformes (0,3;1) pour les sensibilités des 2 diagnostics, (0,5;1) pour la spécificité du diagnostic sérologique, (0,8;1) pour la spécificité du diagnostic coprologique et (0,1;1) pour la prévalence.

2.4.2.4. Évaluation de la convergence

RStudio® Software (RStudio®, Inc.) a été utilisé pour évaluer la convergence des MCMC (Chaines de Markov Monte-Carlo) obtenues. Les tracés successifs ont été examinés pour détecter un mélange lent. Les tests de Heidelberger (Heidelberger et Welch, 1983) et de Raftery et Lewis (Raftery et Lewis, 1992) ont été appliqués pour valider la convergence de chaque chaîne indépendamment. Le diagnostic de Gelman – Rubin (Brooks et Gelman, 1998) a été réalisé pour évaluer la convergence des trois chaînes en parallèle.

2.4.2.5. Analyse de sensibilité

Afin d'évaluer l'influence des distributions *a priori* sur les paramètres estimés du modèle, différentes options ont été utilisées avec différents niveaux informatifs des priors. Le Tableau 12 décrit les différentes options utilisées selon le niveau informatif.

Tableau 12- Description des différentes hypothèses de distributions a priori (priors) utilisées dans le modèle pour estimer la sensibilité et la spécificité des diagnostics coprologiques et sérologiques d'*A. suum* du porc.

	Paramètre	Niveau informatif	Critères retenus	Distribution
Option A = option moyennement informative	Se_t diagnostic COPRO20	Prior peu informatif	> 0,3 ; mode = 0,65	Beta (20,997 ; 11,768)
	Sp_t diagnostic COPRO20	Prior moyennement informatif	> 0,8 ; mode = 1	Beta (13,425 ; 1)
	Se_t diagnostic COPRO30	Prior peu informatif	> 0,3 ; mode = 0,78	Beta (17,51 ; 5,657)
	Sp_t diagnostic COPRO30	Prior moyennement informatif	> 0,8 ; mode = 1	Beta (13,425 ; 1)
	Se_t diagnostic SERASCA1	Prior informatif	> 0,8 ; mode = 0,95	Beta (21,202 ; 2,063)
	Sp_t diagnostic SERASCA1	Prior informatif	> 0,7 ; mode = 0,81	Beta (40,756 ; 10,325)
	Se_t diagnostic SERASCA2	Prior moyennement informatif	> 0,7 ; mode = 0,9	Beta (15,034 ; 2,559)
	Sp_t diagnostic SERASCA2	Prior moyennement informatif	> 0,8 ; mode = 0,97	Beta (17,298 ; 1,504)
	Prévalence	Prior non informatif	Inconnue	Uniform (0 ; 1)
Option B = option informative	Se_t diagnostic COPRO20	Prior peu informatif	> 0,3 ; mode = 0,65	Beta (17,744 ; 3,283)
	Sp_t diagnostic COPRO20	Prior très informatif	> 0,9 ; mode = 1	Beta (28,433 ; 1)
	Se_t diagnostic COPRO30	Prior peu informatif	> 0,3 ; mode = 0,78	Beta (21,202 ; 2,063)
	Sp_t diagnostic COPRO30	Prior très informatif	> 0,9 ; mode = 1	Beta (28,433 ; 1)
	Se_t diagnostic SERASCA1	Prior très informatif	> 0,9 ; mode = 0,99	Beta (34,166 ; 1,335)
	Sp_t diagnostic SERASCA1	Prior informatif	> 0,8 ; mode = 0,95	Beta (21,202 ; 2,063)
	Se_t diagnostic SERASCA2	Prior très informatif	> 0,9 ; mode = 0,99	Beta (34,166 ; 1,335)
	Sp_t diagnostic SERASCA2	Prior très informatif	> 0,9 ; mode = 0,97	Beta (53,581 ; 2,626)
	Prévalence	Prior non informatif	Inconnue	Uniform (0 ; 1)
Option C = option peu informative	Se_t diagnostic COPRO20	Prior non informatif	Inconnue	Uniform (0 ; 1)
	Sp_t diagnostic COPRO20	Prior informatif	> 0,7 ; mode = 0,82	Beta (34,987 ; 8,461)
	Se_t diagnostic COPRO30	Prior non informatif	Inconnue	Uniform (0 ; 1)
	Sp_t diagnostic COPRO30	Prior informatif	> 0,6 ; mode = 0,74	Beta (26,458 ; 9,945)
	Se_t diagnostic SERASCA1	Prior non informatif	Inconnue	Uniform (0 ; 1)
	Sp_t diagnostic SERASCA1	Prior non informatif	Inconnue	Uniform (0 ; 1)
	Se_t diagnostic SERASCA2	Prior non informatif	Inconnue	Uniform (0 ; 1)
	Sp_t diagnostic SERASCA2	Prior non informatif	Inconnue	Uniform (0 ; 1)
	Prévalence	Prior non informatif	Inconnue	Uniform (0 ; 1)

3. Résultats

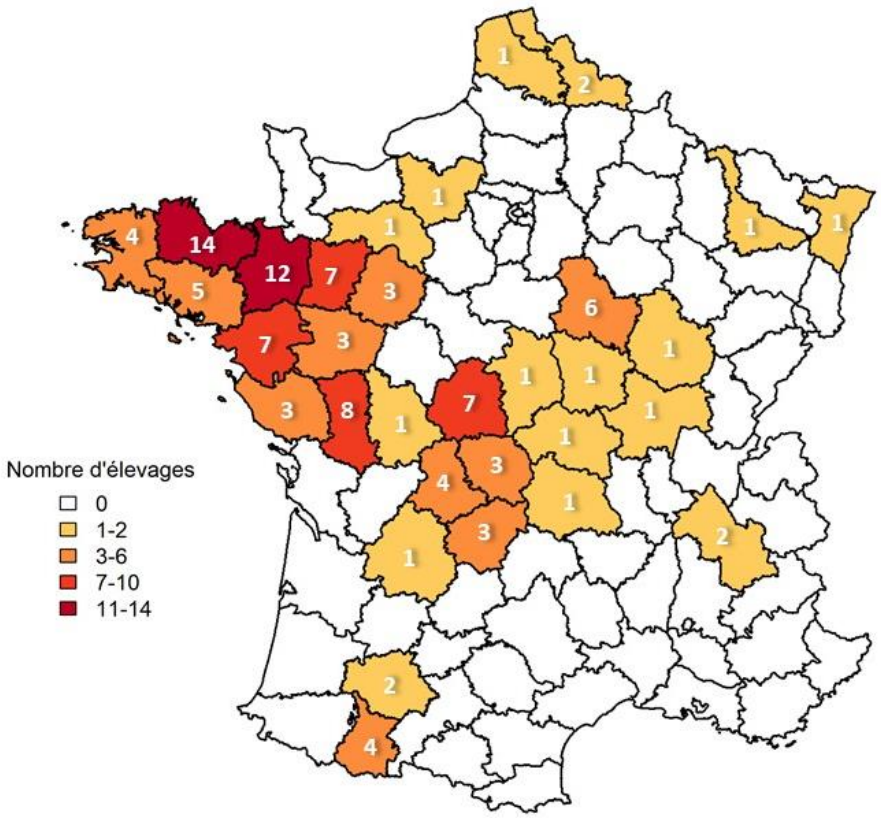
Après avoir décrit l'échantillon, nous présentons l'ensemble des résultats d'analyse obtenus sur les prélèvements sanguins, sur les mucus trachéo-bronchiques et les fèces, avec un focus sur les résultats relatifs au parasitisme, qui est un des points les plus critiques des élevages alternatifs et qui représente une étape du travail d'analyse des données de l'enquête dans sa globalité.

3.1. Description des élevages

3.1.1. Caractéristiques générales

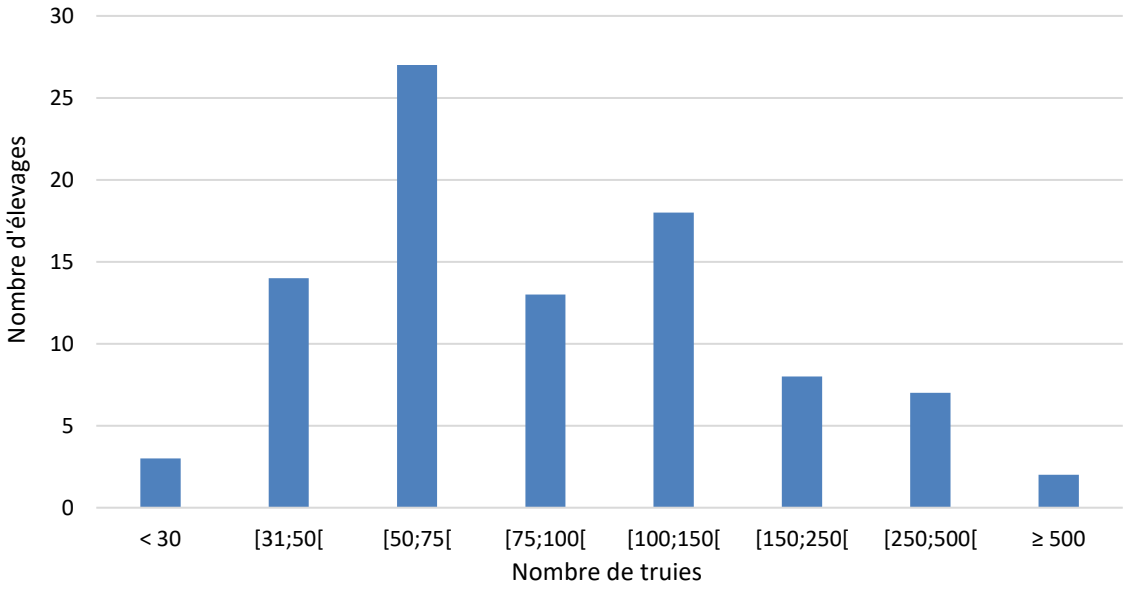
L'échantillon des élevages enquêtés dont la répartition géographique est représentée sur la Figure 14, comprenait 112 élevages parmi lesquels 80 naisseurs engraisseurs, 12 naisseurs et 20 post-sevreurs-engraisseurs. Il n'y avait aucun multiplicateur ou sélectionneur parmi ces élevages dont 108 produisaient des animaux sous signes officiels de la qualité et de l'origine, 77 en production biologique, 7 en Label rouge, 11 en Label rouge fermier, les autres étant répartis sous d'autres cahiers des charges (*e.g.* Indication géographique protégée (IGP) Jambon de Bayonne, Label Porc d'antan, IGP Porc du Limousin, Porc de Vendée, Appellation d'origine protégée (AOP) Porc noir de Bigorre…).

Figure 14- Répartition géographique des 112 élevages inclus dans l'étude.



La taille moyenne des cheptels de reproducteurs était de 123 pour une médiane de 77 truies (Écart type $\sigma = 142$; minimum (min) = 26 ; maximum (max) = 889). La distribution des élevages en fonction du nombre de truies présentes le jour de la visite est représentée sur la Figure 15. Parmi les 92 élevages dans lesquels des reproducteurs étaient présents (naisseurs-engraisseurs et naisseurs), 57 avaient moins de 100 truies, dont 17 moins de 50. Neuf élevages comprenaient plus de 250 truies.

Figure 15- Distribution des élevages en fonction du nombre de truies présentes le jour de la visite (92 élevages avec du naissage).



Le nombre d'unités de travailleur humain (UTH) par élevage était en moyenne de 1,7 (σ = 1,0 ; min = 0,5 ; max = 7,0), le nombre de truies par UTH était de 56 dans les élevages disposant de reproducteurs (σ = 56 ; min = 17 ; max = 221). Le Tableau 13 résume ces éléments. Pour les post-sevreurs-engraisseurs, le nombre moyen de porcs par UTH était de 689 (σ = 330 ; min = 131 ; max = 1400).

Tableau 13- Nombre d'UTH et de truies par UTH dans les élevages de l'échantillon.

	Nombre d'UTH par élevage				Nombre de truies / UTH			
	Moyenne	Écart -type	Min	Max	Moyenne	Écart -type	Min	Max
Naisseurs-engraisseurs[1]	1,9	1,0	0,7	7,0	52	26	17	136
Naisseurs[2]	1,6	1,1	1,0	4,0	80	71	21	221
Post-sevreurs-engraisseurs[3]	1,0	0,5	0,5	2,0				

[1] 80 élevages ; [2] 12 élevages ; [3] 20 élevages

L'âge au sevrage était en moyenne de 38 jours (σ=7.2 ; min = 21 ; max = 49). En moyenne 682 animaux sevrés en croissance étaient présents le jour de la visite dans les élevages de types naisseur-engraisseur ou post-sevreur-engraisseur (médiane = 569 ; σ = 498 ; min = 53 ; max = 3160).

3.1.2. Mode de logement des animaux

Au moins une partie des truies étaient élevées en plein-air dans 39 % des élevages, alors que ce n'était le cas que dans 7 % des élevages pour les porcs en croissance. Le Tableau 14 décrit la répartition des modes de logement selon les catégories d'animaux.

Tableau 14- Proportion d'élevages par stade de production en fonction du mode de logement (112 élevages au total).

	Maternité	Verraterie	Gestante	Post-sevrage	Engraissement	Quarantaine
Nombre d'élevages disposant du compartiment	**92**	**70**	**92**	**100**	**100**	**54**
Bâtiment fermé	**47 %**	**23 %**	**14 %**	**35 %**	**19 %**	**41 %**
sur caillebotis	*17 %*	*11 %*	*2 %*	*8 %*	*6 %*	*11 %*
sur litière	*29 %*	*11 %*	*12 %*	*27 %*	*13 %*	*30 %*
Bâtiment semi-ouvert SANS accès extérieur	**12 %**	**23 %**	**20 %**	**31 %**	**32 %**	**24 %**
sur caillebotis	*0 %*	*1 %*	*0 %*	*0 %*	*0 %*	*0 %*
sur litière	*12 %*	*21 %*	*20 %*	*31 %*	*32 %*	*24 %*
Bâtiment semi-ouvert AVEC accès extérieur	**16 %**	**39 %**	**33 %**	**37 %**	**49 %**	**19 %**
sur caillebotis	*1 %*	*0 %*	*0 %*	*1 %*	*1 %*	*0 %*
sur litière	*15 %*	*39 %*	*33 %*	*36 %*	*48 %*	*19 %*
Bâtiment ouvert (i.e. AVEC accès extérieur)	**0 %**	**3 %**	**2 %**	**0 %**	**1 %**	**0 %**
sol bétonné	*0 %*	*3 %*	*1 %*	*0 %*	*1 %*	*0 %*
sol naturel	*0 %*	*0 %*	*1 %*	*0 %*	*0 %*	*0 %*
Plein air	**28 %**	**13 %**	**36 %**	**1 %**	**7 %**	**19 %**

NB : la somme des % peut être supérieure à 100 % par colonne, un élevage pouvant présenter plusieurs types de logement différents par stade d'élevage.

3.1.3. **Plan de prophylaxie**

Parmi les élevages disposant de reproducteurs, plus de 90 % vaccinaient les truies contre la parvovirose et le rouget (Tableau 15). Parmi l'ensemble des élevages, 20 pratiquaient une vaccination contre le SDRP, dont 17 sur les reproducteurs et 9 sur les porcs en croissance. La vaccination contre le circovirus de type 2 (PCV2) était pratiquée dans 68 % des élevages (dont 63 élevages sur les porcs en croissance et 29 sur les reproducteurs, y compris les cochettes), tandis que la vaccination contre *Mycoplasma hyopneumoniae* était en place sur les porcelets dans 62 % des élevages naisseurs-engraisseurs et post-sevreurs-engraisseurs. Concernant la grippe, seuls 10 élevages vaccinaient les reproducteurs, aucun les porcs en croissance. Des autovaccins étaient utilisés dans 8 élevages, principalement sur les reproducteurs. Les souches présentes dans ces autovaccins concernaient *Streptococcus suis*, *E. coli* et *Actinobacillus pleuropneumoniae*. Les autres vaccinations en place dans les élevages visités sont décrites dans le Tableau 15.

Tableau 15- Plan de prophylaxie vaccinale en place dans les élevages visités.

	Parvovirose	Rouget	Leptospirose	PCV2	*Mycoplasma hyopneumoniae*	SDRP	Colibacilloses	*Clostridium perfringens*	Rhinite atrophique	Grippe	Maladie de l'œdème	*Lawsonia intracellularis*	Autovaccin[5]
Cochettes													
Ensemble des élevages[1]	76 %	74 %	32 %	24 %	13 %	15 %	39 %	30 %	13 %	9 %	0 %	0 %	7 %
Naisseurs engraisseurs[2]	*94 %*	*91 %*	*40 %*	*30 %*	*15 %*	*20 %*	*48 %*	*38 %*	*18 %*	*11 %*	*0 %*	*0 %*	*9 %*
Naisseurs[3]	*83 %*	*83 %*	*33 %*	*25 %*	*17 %*	*8 %*	*50 %*	*33 %*	*0 %*	*8 %*	*0 %*	*0 %*	*8 %*
Truies													
Ensemble des élevages[1]	76 %	74 %	32 %	16 %	4 %	14 %	42 %	34 %	11 %	7 %	0 %	0 %	7 %
Naisseurs engraisseurs[2]	*93 %*	*90 %*	*40 %*	*20 %*	*4 %*	*19 %*	*51 %*	*43 %*	*15 %*	*9 %*	*0 %*	*0 %*	*9 %*
Naisseurs[3]	*92 %*	*92 %*	*33 %*	*17 %*	*17 %*	*8 %*	*50 %*	*33 %*	*0 %*	*8 %*	*0 %*	*0 %*	*8 %*
Verrats													
Ensemble des élevages[1]	66 %	65 %	29 %	10 %	3 %	13 %	9 %	10 %	9 %	5 %	0 %	0 %	2 %
Naisseurs engraisseurs[2]	*80 %*	*79 %*	*36 %*	*11 %*	*4 %*	*16 %*	*11 %*	*13 %*	*13 %*	*6 %*	*0 %*	*0 %*	*3 %*
Naisseurs[3]	*83 %*	*83 %*	*25 %*	*17 %*	*0 %*	*8 %*	*8 %*	*8 %*	*0 %*	*8 %*	*0 %*	*0 %*	*0 %*
Porcs en croissance													
Ensemble des élevages[1]	0 %	7 %	0 %	56 %	55 %	8 %	12 %	0 %	0 %	0 %	12 %	4 %	2 %
Naisseurs engraisseurs[2]	*0 %*	*9 %*	*0 %*	*66 %*	*65 %*	*9 %*	*15 %*	*0 %*	*0 %*	*0 %*	*16 %*	*1 %*	*3 %*
Post-sevreurs-engraisseurs[4]	*0 %*	*5 %*	*0 %*	*45 %*	*50 %*	*10 %*	*5 %*	*0 %*	*0 %*	*0 %*	*0 %*	*15 %*	*0 %*

[1] 112 élevages
[2] 80 élevages
[3] 12 élevages
[4] 20 élevages
[5] Les autovaccins utilisés incluaient des souches de *Streptococcus suis*, *E. coli* et *Actinobacillus pleuropneumoniae* dans respectivement 70 %, 35 % et 30 % des cas. Les autovaccins administrés sur les porcs en croissance incluaient exclusivement des souches d'*Actinobacillus pleuropneumoniae.*

Un déparasitage interne était pratiqué dans 103 des 112 élevages, sur au moins une catégorie d'animaux. Seuls 13 des 92 élevages avec des reproducteurs ne déparasitaient pas les truies et 12 des 100 élevages naisseurs-engraisseurs ou post-sevreurs-engraisseurs les porcs en croissance (Tableau 16).

Les molécules les plus souvent utilisées étaient les benzimidazolés, excepté sur les porcelets non sevrés qui étaient déparasités à près de 90 % avec un anticoccidien (toltrazuril) par voie orale ou injectable (Tableau 17).

Très peu d'élevages utilisaient des traitements antiparasitaires alternatifs (homéopathie, phytothérapie). Seul un élevage utilisait une spécialité à base d'extraits de plantes sur les truies pour lutter contre la coccidiose des porcelets.

Tableau 16- Répartition des élevages en fonction du nombre de traitements contre les parasites internes et des catégories d'animaux (112 élevages).

	Nombre de déparasitages internes (*annuel pour les reproducteurs et par animal pour les porcelets et porcs*)			
	Aucun déparasitage	1	2	3 et +
Cochettes en quarantaine (n = 70)	51 %	44 %	1 %	0 %
Truies (n = 92)	14 %	4 %	76 %	5 %
Verrats (n = 92)	33 %	11 %	51 %	5 %
Porcelets non sevrés (n = 92)	80 %	20 %	0 %	0 %
Porcs en croissance (après sevrage) (n = 100)	12 %	30 %	37 %	21 %

Tableau 17- Répartition des molécules utilisées pour lutter contre les parasites internes selon les catégories d'animaux (103 élevages alternatifs).

	Cochettes en quarantaine (n=34)	Truies (n=80)	Verrats (n=62)	Porcelets non sevrés (n=18)	Porcs en croissance (après sevrage) (n=88)
Fenbendazole	38 %	35 %	34 %		37 %
Flubendazole	47 %	48 %	49 %	6 %	36 %
Oxibendazole			3 %		
Ivermectine	9 %	10 %	8 %	6 %	2 %
Doramectine		1 %			
Lévamisole	6 %	4 %	5 %		25 %
Toltrazuril				89 %	
Phytothérapie (anticoccidien)		1 %			

3.2. Résultats des analyses sur prélèvements

Au total, 1 000 prélèvements de sang ou de fèces ont été effectués sur les truies non allaitantes. Mille-huit-cent-quarante prélèvements de sang, de fèces et de mucus trachéal ont été effectués sur les porcs en croissance. Les animaux prélevés en début de croissance avaient en moyenne 10,8 semaines d'âge (médiane = 11 ; σ = 0,8 ; min = 9 ; max = 13), alors que les porcs en fin de croissance avaient en moyenne 25,3 semaines d'âge (médiane = 25 ; σ = 4,1 ; min = 21 ; max = 52).

3.2.1. **Description des infections virales**

3.2.1.1. SDRP

Plus d'un quart des élevages présentait au moins un animal séropositif vis-à-vis du SDRP (Tableau 20). Cela représentait 31 élevages dont 20 vaccinaient les reproducteurs (17 élevages) et ou les porcs en croissance (9 élevages) (Tableau 18). La distribution des élevages séropositifs vis-à-vis du SDRP est significativement différente selon que l'élevage vaccinait ou non les animaux contre le virus du SDRP ($p<0,05$, test du khi-deux). En moyenne 17 % des animaux étaient séropositifs par élevage.

Tableau 18- Proportion d'élevages avec au moins un animal seropositif vis-à-vis du SDRP en fonction du statut vaccinal de l'élevage.

Statut vaccinal vis-à-vis du virus du SDRP	Proportion d'élevages avec aucun animal séropositif	Proportion d'élevages avec au moins un animal séropositif
Absence de vaccination dans l'élevage (n=92)	88 %	12 %
Présence de vaccination dans l'élevage (n=20)	0 %	100 %
Quel que soit le statut vaccinal	72 %	28 %

3.2.1.2. Grippe

Concernant la grippe, plus de trois quarts des élevages présentaient au moins un prélèvement positif par élevage. En moyenne 38 % des animaux étaient séropositifs vis-à-vis de la grippe dans les élevages, les truies étant en général plus fréquemment séropositives que les porcs en croissance (Tableau 20). Un prélèvement positif a été mis en évidence dans l'ensemble des élevages naisseurs-engraisseurs ou naisseurs pratiquant une vaccination contre la grippe (Tableau 19). Toutefois on ne note pas de différence significative sur la proportion d'élevages positifs selon que l'élevage pratiquait ou non la vaccination contre la grippe (test du khi-deux).

Tableau 19- Proportion d'élevages avec au moins un animal seropositif vis-à-vis de la grippe en fonction du statut vaccinal de l'élevage.

Statut vaccinal vis-à-vis de la grippe sur les truies	Proportion d'élevages avec aucun animal séropositif	Proportion d'élevages avec au moins un animal séropositif
Absence de vaccination dans l'élevage (n=82)[1]	22 %	78 %
Présence de vaccination dans l'élevage (n=10)[1]	0 %	100 %
Quel que soit le statut vaccinal	20 %	80 %

[1] Nous n'avons sélectionné que les naisseurs-engraisseurs et naisseurs, car la vaccination ne se pratiquait que sur les reproducteurs dans notre échantillon. Or nous n'avions pas connaissance du statut vaccinal des élevages d'origine des porcelets chez les post-sevreurs-engraisseurs.

3.2.1.3. Hépatite E

Enfin plus de 90 % des élevages présentaient au moins un animal prélevé séropositif vis-à-vis du virus de l'hépatite E, avec plus de la moitié d'animaux séropositifs au sein de ces élevages en moyenne. Les truies étaient les animaux les plus fréquemment séropositifs (75 % des séropositivités en moyenne parmi les truies).

Tableau 20- Proportions d'élevages et d'animaux seropositifs par agent viral recherché, par stade physiologique et par type d'élevage.

	Proportion d'élevages positifs*				Proportion d'animaux positifs par élevage [min-max]			
	Ensemble de l'élevage	Truies	Porcelets (10-12 semaines d'âge)	Porcs en engraissement (≥ 22 semaines d'âge)	Ensemble de l'élevage	Truies	Porcelets (10-12 semaines d'âge)	Porcs en engraissement (≥ 22 semaines d'âge)
SDRP								
Ensemble des élevages[1]	27,7 %	19,6 %	15,2 %	19,6 %	17 % [0-100]	20 % [0-100]	10 % [0-100]	20 % [0-100]
Naisseurs engraisseurs[2]	*28 %*	*26 %*	*14 %*	*20 %*	*17 % [0-100]*	*22 % [0-100]*	*10 % [0-100]*	*18 % [0-100]*
Naisseurs[3]	*8 %*	*8 %*			*8 % [0-100]*	*8 % [0-100]*		
Post-sevreurs-engraisseurs[4]	*40 %*		*30 %*	*30 %*	*21 % [0-100]*		*12 % [0-100]*	*30 % [0-100]*
Grippe								
Ensemble des élevages[1]	75,9 %	63,4 %	36,6 %	41,1 %	38 % [0-100]	55 % [0-100]	26 % [0-100]	33 % [0-100]
Naisseurs engraisseurs[2]	*84 %*	*80 %*	*38 %*	*45 %*	*38 % [0-100]*	*57 % [0-100]*	*23 % [0-100]*	*31 % [0-100]*
Naisseurs[3]	*58 %*	*58 %*			*38 % [0-100]*	*38 % [0-100]*		
Post-sevreurs-engraisseurs[4]	*55 %*		*55 %*	*50 %*	*40 % [0-100]*		*40 % [0-100]*	*40 % [0-100]*
VHE								
Ensemble des élevages[1]	91,1 %	75,9 %	64,9 %	54,5 %	54 % [0-100]	75 % [0-100]	30 % [0-100]	53 % [0-100]
Naisseurs engraisseurs[2]	*91 %*	*91 %*	*75 %*	*59 %*	*51 % [0-100]*	*73 % [0-100]*	*31 % [0-100]*	*51 % [0-100]*
Naisseurs[3]	*100 %*	*100 %*			*85 % [0-100]*	*85 % [29-100]*		
Post-sevreurs-engraisseurs[4]	*85 %*		*63 %*	*70 %*	*44 % [0-95]*		*25 % [0-100]*	*63 % [0-100]*

[1] 112 élevages
[2] 80 élevages
[3] 12 élevages
[4] 20 élevages

* La proportion d'élevages positifs correspond au pourcentage d'élevages dans lesquels au moins un animal a été identifié comme positif en sérologie.

3.2.2. **Description des infections bactériennes**

3.2.2.1. Salmonelles

Salmonella a été détectée dans 32 des 100 élevages dans lesquels des recherches bactériologiques ont été effectuées sur fèces (Tableau 22). Cela concernait 22 élevages pour les prélèvements effectués sur les animaux de 10-12 semaines d'âge et 26 élevages pour les prélèvements faits sur les porcs d'au moins 22 semaines d'âge. Onze élevages présentaient plus de 40 % de prélèvements positifs.

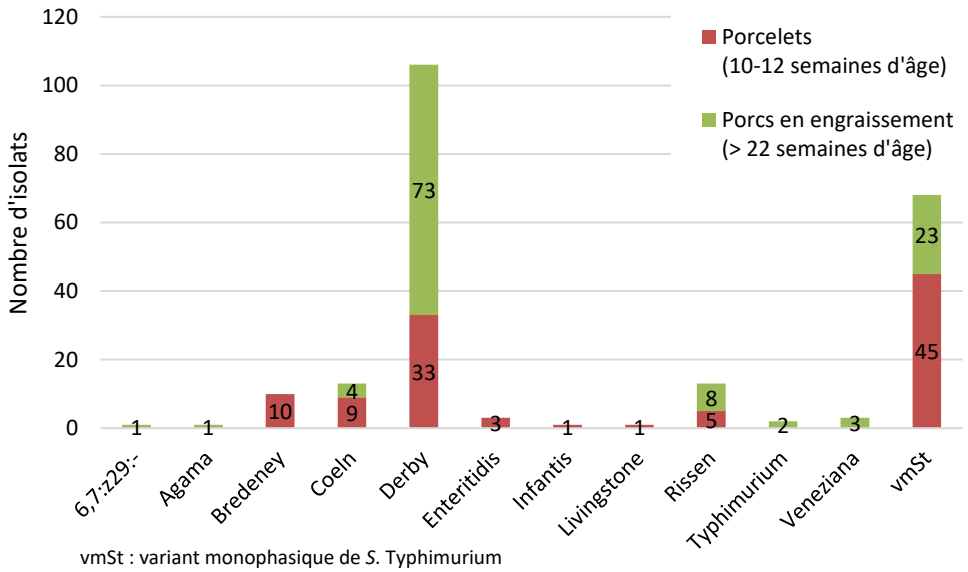
Parmi les 2 000 prélèvements, 224 (11,2 %) ont présenté des salmonelles, dont 108 à 10-12 semaines d'âges et 116 en fin d'engraissement. Parmi ces 224 échantillons positifs, 129 étaient dénombrables (> 1,6 NPP / gramme de fèces), dont 65 parmi les prélèvements réalisés à 10-12 semaines d'âge et 64 en fin d'engraissement. La quantification moyenne de salmonelles était de 112 NPP/g de fèces (σ = 217), 141 NPP/g (σ = 246) et 84 NPP/g (σ = 84) respectivement sur tous les prélèvements dénombrables, à 10-12 semaines d'âge et à partir de 22 semaines d'âge (Tableau 21).

Tableau 21- Distribution des prélèvements positifs en fonction de leur dénombrement en salmonelles (en NPP/g).

	Dénombrement en NPP / gramme de fèces			
	< 1,6	]1,6 ;10]	[10 ;100]	> 100
Tous les prélèvements (n= 224)	95	62	36	31
10-12 semaines d'âge (n= 108)	43	33	13	19
≥ 22 semaines d'âge (n= 116)	52	29	23	12

Douze sérotypes de salmonelles ont été identifiés à partir de 222 isolats (Figure 16). *S*. Derby était le sérotype le plus répandu (47,7 % de l'ensemble des isolats, 63,5 % des isolats obtenus sur les animaux en fin de croissance), suivi du variant monophasique de *S*. Typhimurium (vmSt) (30,6 % de l'ensemble des isolats).

Figure 16- Répartition des isolats de salmonelles (n = 222) en fonction du serotype identifié.



vmSt : variant monophasique de *S*. Typhimurium

Deux sérotypes différents ont été mis en évidence dans sept élevages, un élevage présentant trois sérotypes différents sur l'ensemble des échantillons prélevés. Deux sérotypes différents ont été isolés parmi les prélèvements effectués à 10-12 semaines d'âge dans deux élevages et parmi les prélèvements effectués en fin d'engraissement dans quatre élevages.

Tableau 22- Proportions d'élevages et d'animaux positifs par agent bactérien recherché, par stade physiologique et par type d'élevage.

	Proportion d'élevages positifs*				Proportion d'animaux positifs par élevage [min-max]			
	Ensemble de l'élevage	Truies	Porcelets (10-12 semaines d'âge)	Porcs en engraissement (≥ 22 semaines d'âge)	Ensemble de l'élevage	Truies	Porcelets (10-12 semaines d'âge)	Porcs en engraissement (≥ 22 semaines d'âge)
Salmonelles (culture)								
Ensemble des élevages[1]	32,0 %		22,0 %	26,0 %	11 % [0-95]		11 % [0-100]	12 % [0-100]
Naisseurs engraisseurs[2]	*26 %*		*16 %*	*23 %*	*10 % [0-95]*		*9 % [0-100]*	*11 % [0-100]*
Post-sevreurs-engraisseurs[4]	*55 %*		*45 %*	*40 %*	*17 % [0-85]*		*20 % [0-100]*	*14 % [0-100]*
Salmonelles (sérologie)								
Ensemble des élevages[1]	10,0 %		10,0 %		3 % [0-81]		3 % [0-81]	
Naisseurs engraisseurs[2]	*6 %*		*6 %*		*1 % [0-40]*		*1 % [0-40]*	
Post-sevreurs-engraisseurs[4]	*25 %*		*25 %*		*10 % [0-81]*		*10 % [0-81]*	
Mycoplasma hyopneumoniae								
Ensemble des élevages[1]	74,0 %		39,0 %	70,0 %	32 % [0-95]		16 % [0-100]	48 % [0-100]
Naisseurs engraisseurs[2]	*70 %*		*33 %*	*66 %*	*27 % [0-75]*		*11 % [0-80]*	*43 % [0-100]*
Post-sevreurs-engraisseurs[4]	*90 %*		*65 %*	*85 %*	*53 % [0-95]*		*36 % [0-100]*	*69 % [0-100]*
Mycoplasma hyorhinis								
Ensemble des élevages[1]	77,0 %		72,0 %	47,0 %	20 % [0-65]		31 % [0-100]	9 % [0-40]
Naisseurs engraisseurs[2]	*74 %*		*69 %*	*48 %*	*21 % [0-65]*		*32 % [0-100]*	*9 % [0-40]*
Post-sevreurs-engraisseurs[4]	*90 %*		*85 %*	*45 %*	*17 % [0-40]*		*25 % [0-50]*	*9 % [0-40]*
Mycoplasma flocculare								
Ensemble des élevages[1]	93,0 %		43,0 %	88,0 %	23 % [0-60]		9 % [0-90]	36 % [0-100]
Naisseurs engraisseurs[2]	*94 %*		*48 %*	*88 %*	*24 % [0-60]*		*10 % [0-90]*	*38 % [0-100]*
Post-sevreurs-engraisseurs[4]	*90 %*		*25 %*	*90 %*	*17 % [0-55]*		*6 % [0-50]*	*29 % [0-80]*
Brucellose								
Ensemble des élevages[1]	4,5 %	1,8 %		3,6 %	1 % [0-70]	1 % [0-50]		2 % [0-70]
Naisseurs engraisseurs[2]	*4 %*	*1 %*		*4 %*	*1 % [0-45]*	*1 % [0-50]*		*1 % [0-40]*
Naisseurs[3]	*8 %*	*8 %*			*1 % [0-10]*	*1 % [0-10]*		
Post-sevreurs-engraisseurs[4]	*5 %*			*5 %*	*4 % [0-70]*			*4 % [0-70]*

[1] 112 élevages ; [2] 80 élevages ; [3] 12 élevages ; [4] 20 élevages

* La proportion d'élevages positifs correspond au pourcentage d'élevages dans lesquels au moins un animal a été identifié comme positif ou porteur lors de l'analyse.

La recherche de salmonelles par sérologie n'a été réalisée qu'à partir de cinq échantillons sanguins de porcelets de 10-12 semaines d'âge. Dix élevages (10 %) ont présenté au moins une sérologie positive, dont un dans lequel aucune salmonelle n'a été mise en évidence en culture sur les fèces prélevées.

3.2.2.2. Mycoplasmes

Mycoplasma hyopneumoniae et *Mycoplasma hyorhinis* ont été détectés sur les porcs en croissance dans 3 élevages sur 4 (Tableau 22), *Mycoplasma flocculare* dans plus de 90 % des élevages. Ce sont les porcs d'au moins 22 semaines d'âge qui sont le plus fréquemment infectés par *M. hyopneumoniae* et *M. flocculare* (respectivement 48 % et 36 % d'animaux positifs en moyenne par élevage) alors que *M. hyorhinis* a été le plus souvent détecté sur les porcelets de 10-12 semaines d'âge (31 % d'animaux positifs en moyenne). Les quantifications en terme de charge génomique par prélèvement sont décrits en Annexe 8 par catégorie d'animaux et par type d'élevage.

Les élevages vaccinant les porcelets contre *M. hyopneumoniae* étaient significativement plus nombreux en proportion à présenter au moins une PCR positive vis-à-vis *de M. hyopneumoniae* (Tableau 23), sur l'ensemble des prélèvements ou en fin d'engraissement ($p<0,05$, test du khi-deux). C'est toutefois l'inverse lorsqu'on s'intéresse seulement aux prélèvements faits sur les animaux de 10-12 semaines d'âge (différence non significative).

Tableau 23- Proportions d'élevages présentant au moins une PCR positive vis-à-vis de *Mycoplasma hyopneumoniae* en fonction du statut vaccinal des porcelets de l'élevage.

Statut vaccinal vis-à-vis du virus de *Mycoplasma hyopneumoniae* sur les porcelets	Au niveau de l'élevage		Porcelets (10-12 semaines d'âge)		Porcs en engraissement (≥ 22 semaines d'âge)	
	Aucun porc PCR-positif	Au moins un porc PCR-positif	Aucun porc PCR-positif	Au moins un porc PCR-positif	Aucun porc PCR-positif	Au moins un porc PCR-positif
Absence de vaccination dans l'élevage (n = 38)	47 %	53 %	66 %	34 %	53 %	47 %
Présence de vaccination dans l'élevage (n = 62)	13 %	87 %	58 %	42 %	16 %	84 %
Quel que soit le statut vaccinal (n = 100)	26 %	74 %	61 %	39 %	30 %	70 %

3.2.2.3. Brucellose

Cinq élevages ont présenté au moins un prélèvement sanguin positif à la fois à l'EAT et à la FC (Tableau 22). Trois élevages ont présenté un prélèvement positif à l'EAT et anti complémentaire à la FC ; les autres prélèvements de ces élevages étant négatifs aux 2 tests, ces élevages ont été classés comme négatifs. Parmi les cinq élevages classés comme positifs, trois ne présentaient qu'un prélèvement positif. Un des deux autres élevages était un post-sevreur-engraisseur, dans lequel 7 des prélèvements effectués sur les porcs en fin d'engraissement se sont révélés positifs. Dans le dernier élevage, 45 % des prélèvements étaient positifs (5 truies sur 10 et 4 porcs en fin d'engraissement).

3.2.3. **Haptoglobine**

Le taux d'haptoglobine moyen sur l'ensemble des prélèvements est de 1,13 mg/ml (σ = 0,84 ; min = 0 ; max = 5,85). Il est plus élevé sur les truies (moyenne = 1,46 mg/ml ; σ = 0,61 ; min = 0 ; max = 5,85) que sur les porcelets de 10-12 semaines d'âge (moyenne = 1,00 mg/ml ; σ = 0,94 ; min = 0 ; max = 5,20) ou sur les porcs d'au moins 22 semaines d'âge (moyenne = 0,96 mg/ml ; σ = 0,84 ; min = 0 ; max = 4,75). Au total, 2,1 % des prélèvements sanguins ont présenté un

taux d'haptoglobine supérieur à 3 mg/ml (respectivement 1,0 ; 3,0 et 2,1 % des truies, des porcelets de 10-12 semaines d'âge et des porcs d'au moins 22 semaines d'âge). Un tableau récapitulatif des résultats est présenté en Annexe 9.

3.2.4. **Description du parasitisme**

3.2.4.1. Coprologies

Parmi les 112 élevages, seuls six ne présentaient aucun œuf d'helminthes ou oocyste de coccidies. La répartition des élevages considérés comme positifs, c'est-à-dire présentant au moins un œuf d'helminthes ou oocystes de coccidie dans un des prélèvements, est présenté sur la Figure 17 par catégorie d'animaux. Dans chaque élevage infesté, 63 % des truies prélevées en moyenne présentaient au moins un œuf d'helminthes ou oocyste de coccidies dans leur fèces (médiane = 80 %), 26 % des porcelets de 10-12 semaines d'âge (médiane = 10 %) et 42 % des porcs d'au moins 22 semaines d'âge (médiane = 30 %) (Figure 18).

Des oocystes de coccidies ont été observés dans 83,9 % des élevages, les œufs d'*Oesophagostomum* spp. / *Hyostrongylus rubidus*, *Ascaris suum* et *Trichuris suis* dans respectivement 54,5 %, 16,1 % et 32,1 % des élevages. La proportion d'élevages infestés par parasite et par catégorie d'animaux est détaillée dans la Figure 19. Parmi les autres parasites observés, notons des œufs de *Strongyloïdes* spp. dans deux élevages (dans les déjections d'une truie pour l'un et dans les fèces d'un porcelet de 10-12 semaines d'âge pour l'autre) et des œufs de parasites non identifiés dans deux autres élevages.

Figure 17- Répartition des élevages infestés par au moins un parasite et par catégorie d'animaux.

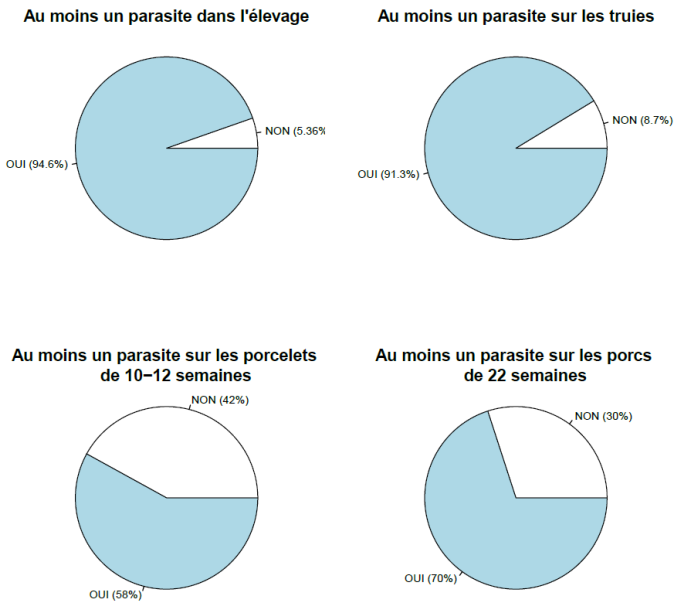


Figure 18- Distribution des proportions intra élevage d'animaux présentant au moins un oocyste de coccidies ou un oeuf d'helminthes dans leur fèces par catégorie d'animaux.

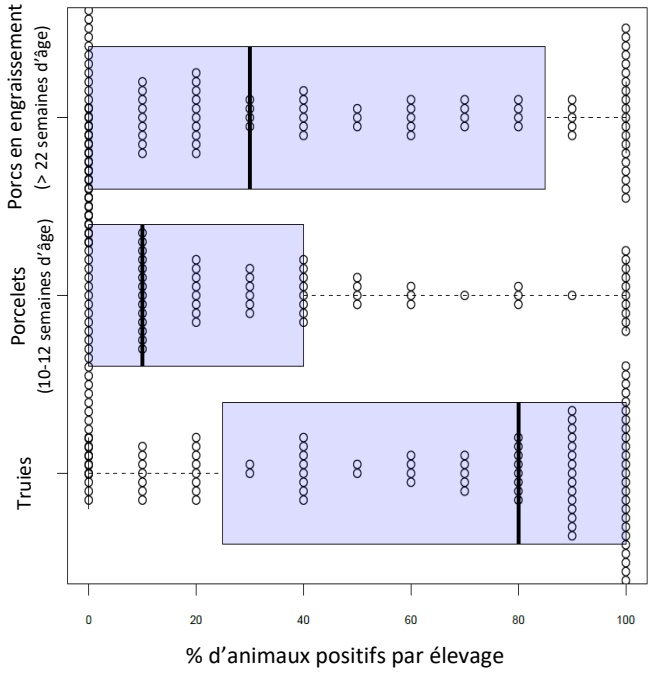


Figure 19- Proportions d'élevages infestés par parasite et par catégorie d'animaux (112 élevages dont 92 avec des truies et 100 avec des porcs en croissance).

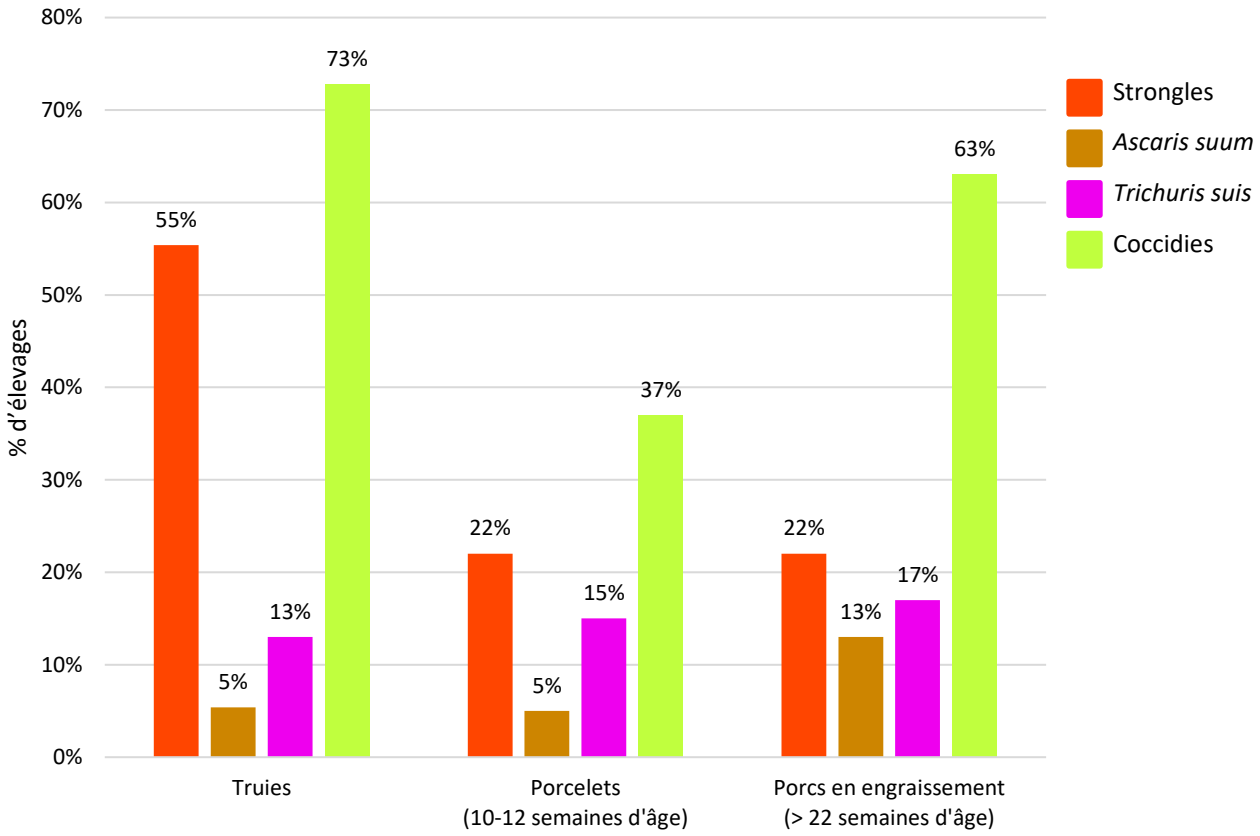


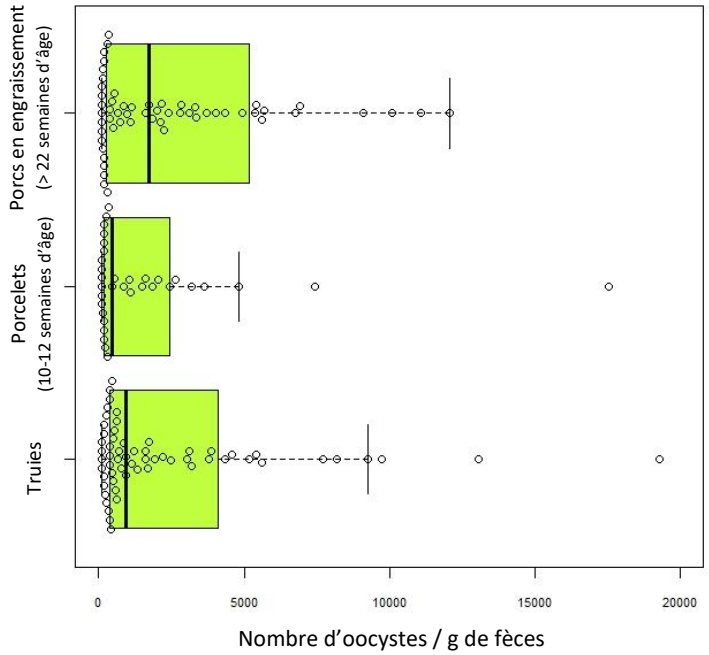
Tableau 24- Proportions d'animaux infestés dans les élevages infestés, par parasite et par catégorie d'animaux.

		Nombre d'élevages	Moyenne	Écart-type
Coccidies	Truies	78	47,7 %	35,6 %
	Porcelets (10-12 semaines d'âge)	83	19,3 %	29,8 %
	Porcs en engraissement (≥ 22 semaines d'âge)	83	40,5 %	37,3 %
Oesophagostomum. spp / Hyostrongylus. rubidus	Truies	55	58,2 %	36,5 %
	Porcelets (10-12 semaines d'âge)	55	15,3 %	27,1 %
	Porcs en engraissement (≥ 22 semaines d'âge)	55	17,1 %	30,0 %
Ascaris suum	Truies	16	9,4 %	18,8 %
	Porcelets (10-12 semaines d'âge)	18	5,0 %	9,9 %
	Porcs en engraissement (≥ 22 semaines d'âge)	18	31,1 %	32,7 %
Trichuris suis	Truies	31	6,8 %	9,1 %
	Porcelets (10-12 semaines d'âge)	33	13,0 %	21,3 %
	Porcs en engraissement (≥ 22 semaines d'âge)	33	15,8 %	22,6 %

3.2.4.1.1. Coccidies

Des oocystes de coccidies ont été observés dans 83,9 % des élevages. C'est sur les reproducteurs que l'on retrouvait le plus fréquemment des oocystes de coccidies, avec 47,7 % d'animaux infectés par élevage infecté (Tableau 24). Les porcelets de 10-12 semaines d'âge étaient *a contrario* la catégorie d'animaux la moins concernée avec 19,3 % d'animaux infectés par élevage infecté. La quantification moyenne d'oocystes de coccidies par gramme de fèces infectées était plus importante sur les porcs en fin d'engraissement (Figure 20).

Figure 20- Distributions des quantités moyennes d'oocystes de coccidies dans les prélèvements infestés par élevage et par catégorie d'animaux (n = 94 élevages).

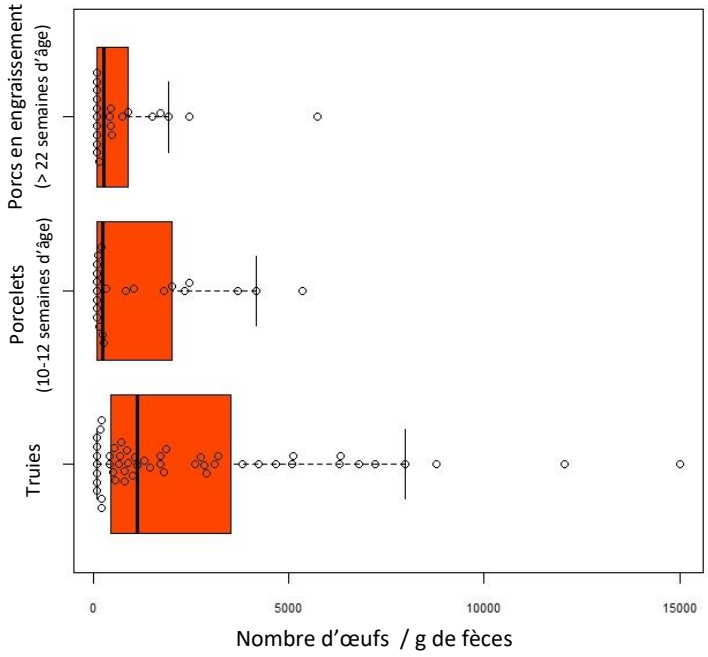


Des déjections ont présenté des oocystes d'au moins 2 espèces de coccidies différentes dans 47 % des élevages (respectivement 32 %, 15 % et 29 % des élevages pour les déjections des truies, des porcelets de 10-12 semaines d'âge et des porcs en fin d'engraissement).

3.2.4.1.2. Strongles

Un peu plus de la moitié des élevages présentaient des œufs de strongles. A l'instar des coccidies, ce sont les reproducteurs qui présentent le plus fréquemment des œufs de strongles (Figure 19), avec plus de 58 % d'animaux infestés par élevage (Tableau 24), avec une quantification moyenne par gramme de fèces infestée plus élevée également sur ces animaux (Figure 21).

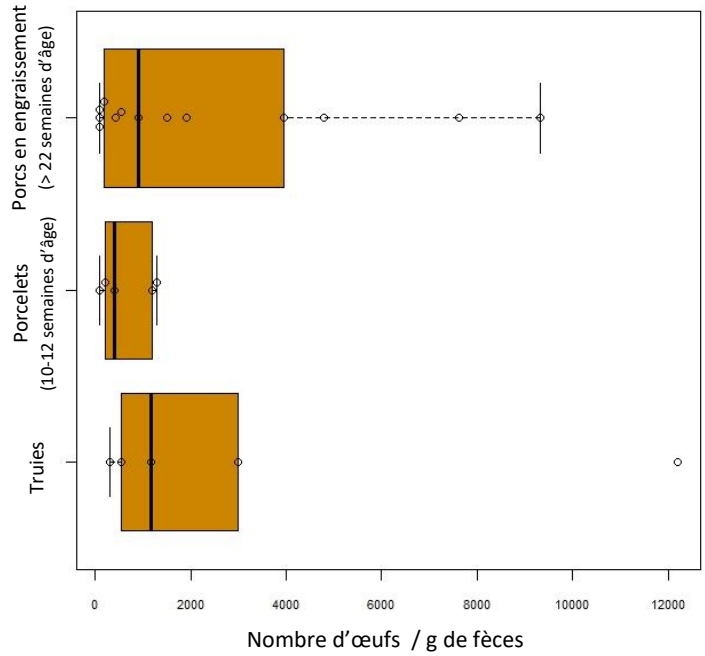
Figure 21- Distributions des quantités moyennes d'œufs de strongles dans les prélèvements infestés par élevage et par catégorie d'animaux (n = 61 élevages).



3.2.4.1.3. *Ascaris suum*

A. suum est le parasite dont les œufs sont les moins fréquemment mis en évidence, avec 16 % des élevages de l'échantillon présentant au moins un prélèvement positif (Figure 19). Ce sont les porcs d'au moins 22 semaines d'âge qui présentent le plus souvent des œufs d'*A. suum* (Tableau 24), avec près d'un porc sur trois présentant des œufs d'*A. suum* dans les élevages infestés. Comme pour les strongles, la quantité moyenne d'œufs d'*A. suum* par prélèvement infesté est plus importante en moyenne sur les truies, mais elle peut être importante dans certains élevages sur les porcs d'au moins 22 semaines d'âge (Figure 22).

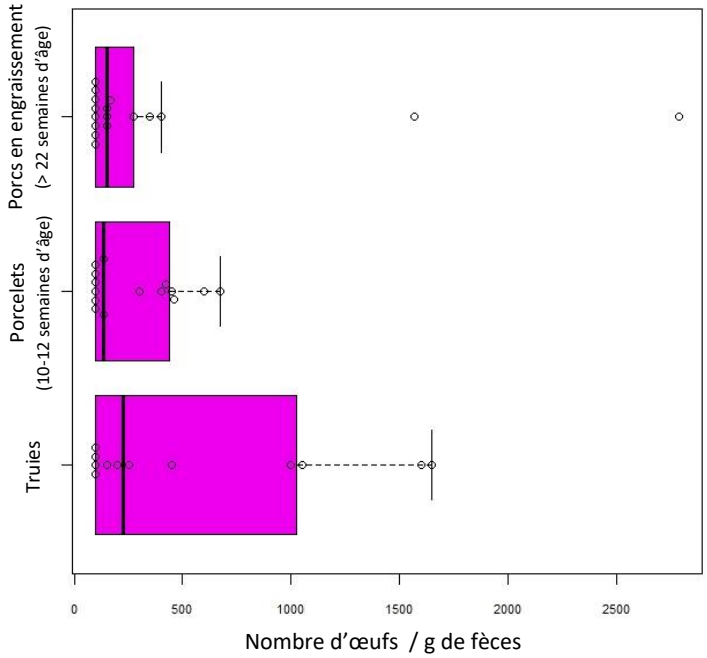
Figure 22- Distributions des quantités moyennes d'œufs d'*A. suum* dans les prélèvements infestés par élevage et par catégorie d'animaux (n = 18 élevages).



3.2.4.1.4. *Trichuris suis*

Quasiment un élevage sur trois présentait au moins un prélèvement positif, avec des pourcentages d'animaux infestés par élevage peu élevés, entre 6 % et 16 % selon les catégories d'animaux (Tableau 24). Alors que les porcs en croissance étaient les plus fréquemment concernés (Figure 19 et Tableau 24), ce sont les truies qui présentaient la quantité la plus élevée d'œufs de *T. suis* dans leurs fèces quand elles étaient parasitées (Figure 23).

Figure 23- Distributions des quantités moyennes d'œufs de *T. suis* dans les prélèvements infestés par élevage et par catégorie d'animaux (n = 36 élevages).



3.2.4.2. Sérologies *Toxoplasma gondii*

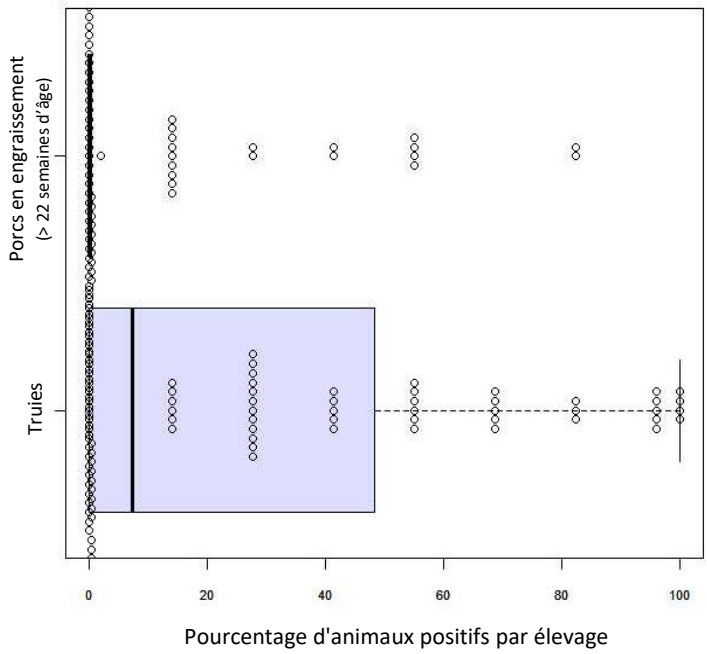
Les analyses sérologiques vis-à-vis de *Toxoplasma gondii* ont été réalisées à la fois sur les truies (92 élevages naisseurs ou naisseurs-engraisseurs) et sur les porcs d'au moins 22 semaines d'âge (100 élevages naisseurs-engraisseurs ou post-sevreurs-engraisseurs). Après correction en tenant compte des caractéristiques du test MAT, 63 des 112 élevages (56,2 %) présentaient un taux d'animaux séropositifs supérieur à zéro. La proportion de truies et de porcs en fin de croissance séropositifs vis-à-vis de *T. gondii* était strictement supérieure à zéro dans respectivement 70,6 % des élevages naisseurs et naisseurs-engraisseurs et 39,0 % des élevages naisseurs-engraisseurs ou post-sevreurs-engraisseurs.

Le taux moyen d'animaux séropositifs par élevage, après correction, était de 15,1 % (σ = 23,1 ; min = 0 ; max =96 ; 112 élevages). En moyenne 26,4 % des truies (σ = 33,6 ; min = 0 ; max = 100) et 6,6 % des porcs d'au moins 22 semaines d'âge (σ = 16,8 ; min = 0 ; max = 82) étaient séropositifs par élevage (Tableau 25). La répartition des taux de positivité par élevage est représentée dans la Figure 24.

Tableau 25- Synthèse des proportions d'élevages et d'animaux séropositifs à la MAT *Toxoplasma gondii* après corrections tenant compte des caractéristiques du test.

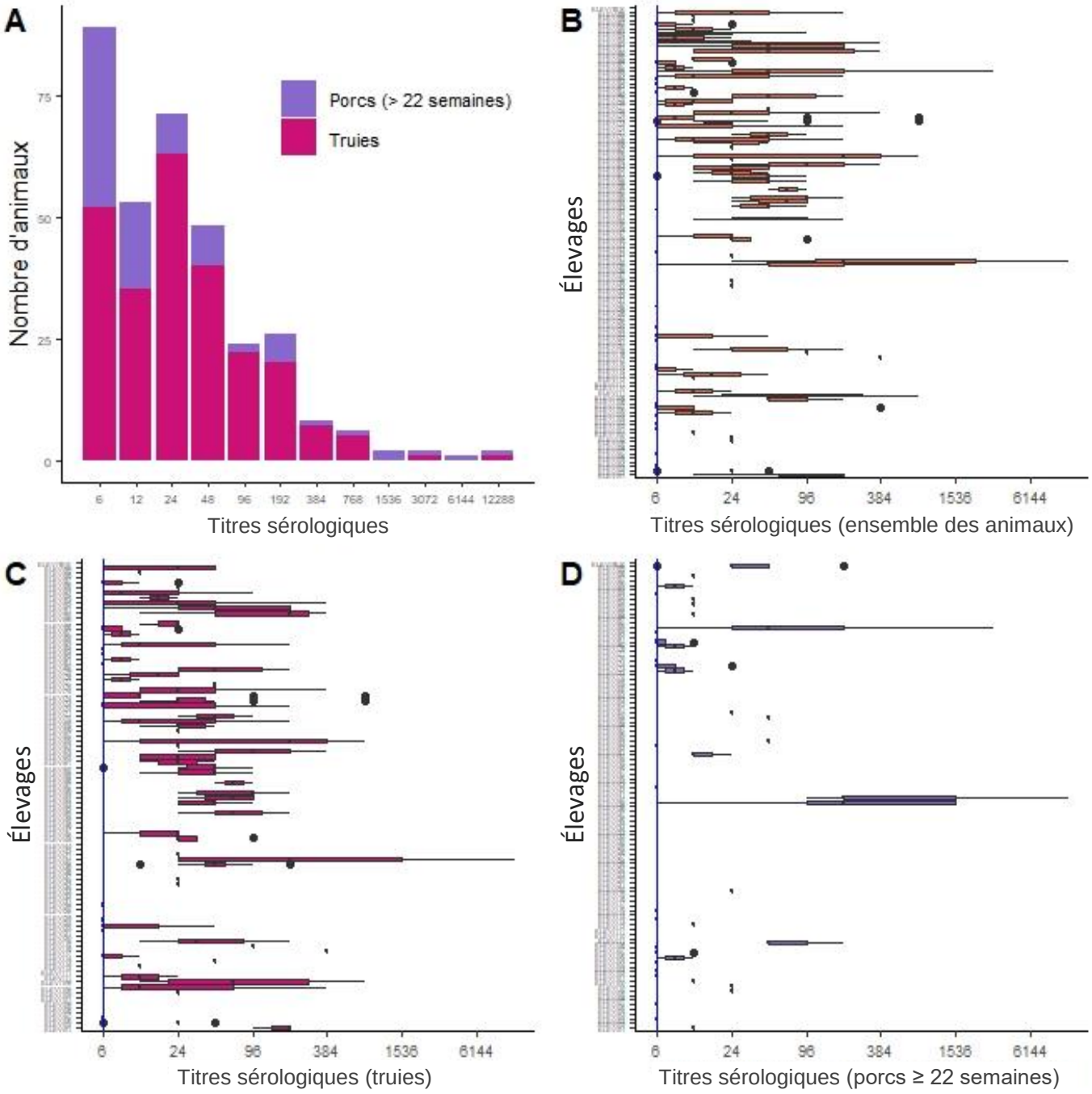
	Proportion d'élevages présentant un taux d'animaux positifs > 0 %	Proportion d'animaux par élevage présentant un prélèvement positif	
		Moyenne [min-max]	Écart type
Sur l'ensemble des animaux	56,2 %	15,1 % [0-96]	23,1 %
Sur les truies	70,6 %	26,4 % [0-100]	33,6 %
Sur les porcs ≥ 22 semaines	39,0 %	6,6 % [0-82]	16,8 %

Figure 24- Taux d'animaux séropositifs vis-à-vis de *Toxoplasma gondii* par élevage et par catégorie d'animaux (112 élevages dont 92 avec des truies et 100 avec des porcs en engraissement, MAT).



Les titres sérologiques des prélèvements positifs allaient de 1/6 à 1/12 288, avec une médiane à 1/24 (1/24 et 1/12 respectivement pour les truies et les porcs d'au moins 22 semaines d'âge). La répartition des titres sérologiques par élevage et par catégorie d'animaux est représentée sur la Figure 25.

Figure 25- Répartition des titres sérologique vis-à-vis de *Toxoplasma gondii* pour l'ensemble des prélèvements (A), par élevage pour l'ensemble des animaux (B), pour les truies (C) et pour les porcs d'au moins 22 semaines d'âge (D) (112 élevages dont 92 avec des truies et 100 avec des porcs en engraissement).



Ligne bleue = seuil de positivité

3.2.4.3. Sérologies *Ascaris suum*

Le test sérologique SERASCA® a été réalisé sur les porcs en fin d'engraissement dans 100 élevages de types naisseur-engraisseur ou post-sevreur-engraisseur. Sur l'ensemble des prélèvements, 44,5 % ont présenté un ratio de densité optique (rDO) supérieur à 0,5 (seuil de positivité). Quatre-vingt-neuf pour cent des élevages ont présenté au moins un prélèvement positif, 80 % au moins deux prélèvements positifs. Le taux moyen d'animaux séropositifs par élevage était de 44,5 % (σ = 30,5 ; médiane = 40 ; min = 0 ; max = 100).

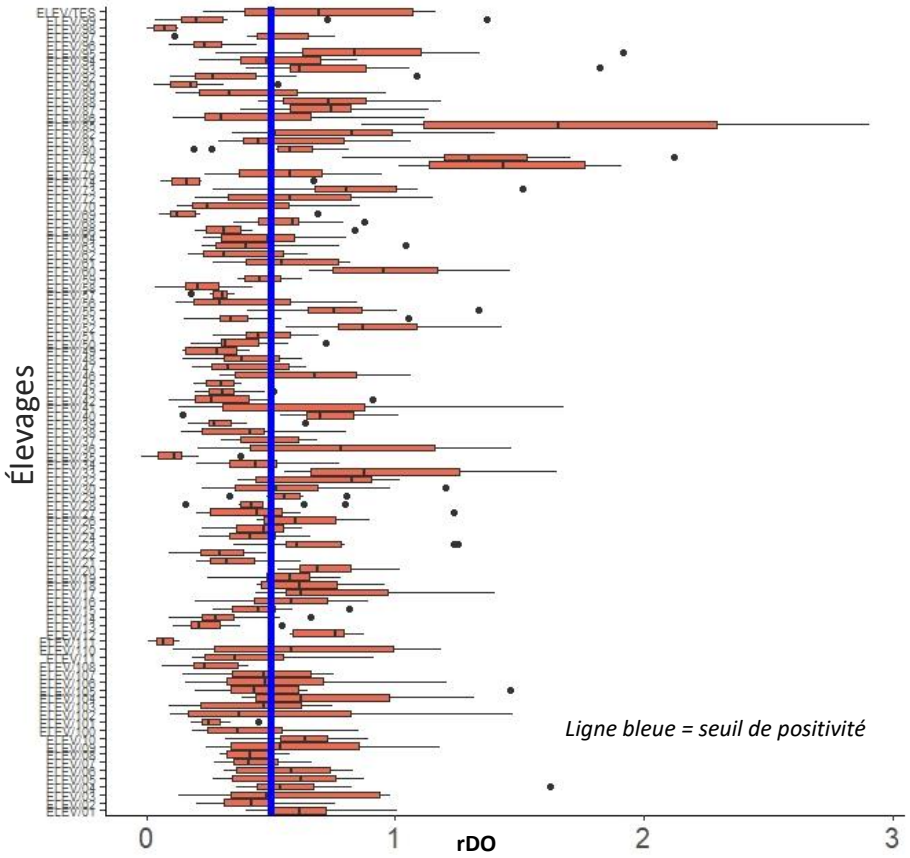
Les résultats obtenus après correction en tenant compte des performances de sensibilité et de spécificité du test SERASCA® sont présentés dans le Tableau 26.

Tableau 26- Synthèse des proportions d'élevages et d'animaux séropositifs au test SERASCA® après corrections tenant compte des caractéristiques du test.

Proportion d'élevages présentant un taux d'animaux positifs > 0 %	Proportion d'animaux par élevage présentant un prélèvement positif	
	Moyenne [min-max]	Écart type
89,0 %	44,7 % [0-100]	30,6 %

La moyenne des rDO était supérieure à 0,5 dans 49 % des élevages. La répartition des valeurs sérologiques par élevage est représentée sur la Figure 26.

Figure 26- Répartition des ratios de densités optiques (rDO) du test SERASCA® par élevage (n = 100 élevages).



3.2.5. **Estimation bayésienne de la sensibilité et de la spécificité des diagnostics coprologiques et sérologiques pour *Ascaris suum***

3.2.5.1. Association entre le diagnostic coprologique et le diagnostic sérologique

Les proportions d'élevages considérés comme positifs à *A. suum* sont très différentes selon que l'on utilise le diagnostic coprologique ou sérologique. En effet, d'après le diagnostic coprologique seulement 16 % des élevages seraient infestés alors qu'ils seraient 89 % dans le cadre du diagnostic sérologique si l'on considère qu'un élevage est positif à partir d'un prélèvement positif (SERASCA1) ou 80 % si on considère qu'il est nécessaire d'avoir au moins 2 prélèvements positifs (SERASCA2). On voit dans le tableau de contingence (Tableau 27) qu'il n'y a aucun élevage à la fois positif en coprologie et négatif avec le diagnostic sérologique SERASCA1, quel que soit le nombre de prélèvements de fèces réalisés dans l'élevage (20 prélèvements pour COPRO20 et 30 pour COPRO30). Seul un élevage négatif avec le diagnostic SERASCA2 présentait des œufs d'*A. suum* dans les prélèvements de fèces (en l'occurrence, sur un unique échantillon prélevé sur des porcs en fin d'engraissement).

Tableau 27- Tableau de contingence du nombre d'élevages considérés comme positifs selon la méthode diagnostique pour la recherche de l'infestation par *Ascaris suum*.

		COPRO20			COPRO30		
		Négatif	Positif	*Totaux*	Négatif	Positif	*Totaux*
SERASCA1	Négatif	11	0	*11*	10	0	*10*
	Positif	71	18	*89*	54	16	*70*
	Totaux	*82*	*18*	*100*	*64*	*16*	*80*
SERASCA2	Négatif	19	1	*20*	17	1	*18*
	Positif	63	17	*80*	47	15	*62*
	Totaux	*82*	*18*	*100*	*64*	*16*	*80*

Copro20 : un élevage est considéré infesté (positif) si au moins un œuf d'*A. suum* a été mis en évidence dans au moins un des 20 prélèvements réalisés sur les porcs en croissance (10 porcelets de 10-12 semaines d'âge et 10 porcs d'au moins 22 semaines d'âge).
Copro30 : un élevage est considéré infesté (positif) si au moins un œuf d'*A. suum* a été mis en évidence dans au moins un des 30 prélèvements réalisés à la fois sur les porcs en croissance (10 porcelets de 10-12 semaines d'âge et 10 porcs d'au moins 22 semaines d'âge) et sur 10 truies.
SERASCA1 : un élevage est considéré positif si au moins un animal était séropositif sur les 10 animaux prélevés en fin d'engraissement, après 22 semaines d'âge.
SERASCA2 : un élevage est considéré positif si au moins deux animaux étaient séropositifs sur les 10 animaux prélevés en fin d'engraissement, après 22 semaines d'âge.

La moyenne par élevage des rDO obtenus avec le test SERASCA est significativement différente entre les élevages ne présentant aucun œuf d'*A. suum* dans les prélèvements de fèces et les autres, qu'il y ait 20 ou 30 prélèvements de fèces par élevage ($p<0,01$, test de Wilcoxon). Les proportions d'élevages présentant une moyenne de rDO supérieure à 0,5 est significativement plus importante ($p<0,01$, test de Fisher) parmi les élevages avec présence d'œuf d'*A. suum* dans les fèces (Tableau 28).

Tableau 28- Moyenne des rDO obtenus au test SERASCA et répartition des élevages selon le diagnostic coprologique.

	COPRO20		COPRO30	
	Négatif	Positif	Négatif	Positif
Moyenne des rDO moyen par élevage	0,48	0,78	0,47	0,79
Nombre d'élevages avec rDO moyen < 0,5	47	4	36	4
Nombre d'élevages avec rDO moyen > 0,5	35	14	26	12

Copro20 : un élevage est considéré infesté (positif) si au moins un œuf d'*A. suum* a été mis en évidence dans au moins un des 20 prélèvements réalisés sur les porcs en croissance (10 porcelets de 10-12 semaines d'âge et 10 porcs d'au moins 22 semaines d'âge).
Copro30 : un élevage est considéré infesté (positif) si au moins un œuf d'*A. suum* a été mis en évidence dans au moins un des 30 prélèvements réalisés à la fois sur les porcs en croissance (10 porcelets de 10-12 semaines d'âge et 10 porcs d'au moins 22 semaines d'âge) et sur 10 truies.

3.2.5.2. Approche comparée de la sensibilité et de la spécificité

Les diagnostics de convergence des MCMC obtenues pour chaque modèle (quel que soit le choix des distributions *a priori* = priors) indiquaient une bonne convergence et un nombre suffisant d'itérations, hormis lors de l'étude entre COPRO20 et SERASCA1 où le nombre d'itérations de l'échantillonneur de Gibbs a dû être augmenté à 20 000. Les tracés successifs des chaines indiquent un bon mélange (Annexe 10).

Les caractéristiques des distributions *a posteriori* de la sensibilité et de la spécificité des diagnostics coprologiques et sérologiques pour *Ascaris suum* ainsi que de la prévalence en fonction du niveau informatif des distributions *a priori* (priors) sont présentées en Annexe 11 et en Annexe 12.

Les estimations des sensibilités des diagnostics coprologiques sont globalement faibles (Figure 27), quel que soit le nombre de prélèvements réalisés par élevage, le test sérologique auquel ils sont comparés et le niveau informatif des priors (Annexe 11 et Annexe 12). Ces estimations varient peu pour COPRO20, de 23,2 % [15,3 % ; 32,3 %]$_{95\,\%}$ à 24,8 % [25,9 % ; 44 ;1]$_{95\,\%}$ selon le modèle et selon que les priors sont moyennement informatifs (Option A) ou informatifs (Option B) (Annexe 11). À noter que dans le cadre de l'option C (priors peu voire non informatifs), la sensibilité estimée est plus élevée (autour de 30 %) mais avec des intervalles de crédibilité très importants (> 85 %). Les résultats sont similaires pour COPRO30 (Figure 28), avec une sensibilité sensiblement améliorée du fait du plus grand nombre de prélèvements. La sensibilité alors varie entre 25,9 % [16,6 % ; 36,4 %]$_{95\,\%}$ et 27,7 % [17,7 % ; 38,8 %]$_{95\,\%}$ selon le modèle et le niveau informatif des priors (Annexe 12). Là encore, l'option C offre une estimation plus élevée de la sensibilité, avec un intervalle de crédibilité très important.

A l'instar de la sensibilité, les estimations des spécificités des diagnostics coprologiques varient peu selon les modèles et le niveau informatif des priors. Pour COPRO20 (Figure 27 et Annexe 11), elles varient de 95,0 % [82,2 % ; 99,9 %]$_{95\,\%}$ à 97,2 % [90,2 ; 99,9 %]$_{95\,\%}$ selon le niveau d'informations apportées par les priors. La valeur maximale (99,9 %) est systématiquement incluse dans les intervalles de crédibilité. Pour COPRO30 (Figure 28 et Annexe 12), les estimations sont quasiment les mêmes, variant de 94,6 % [82,2 % ; 99,8 %]$_{95\,\%}$ à 97,1 % [89,9 % ; 99,9 %]$_{95\,\%}$. Dans le cadre de l'option C, les estimations sont plus basses (autour de 82,5 % pour COPRO20 et 76,3 % pour COPRO30), avec des intervalles de crédibilité plus étendus.

Figure 27- Distributions *a priori* et *a posteriori* de la sensibilité et de la spécificité du diagnostic coprologique COPRO20 avec le modèle SERASCA1 (A et B) et le modèle SERASCA2 (C et D) (Option A).

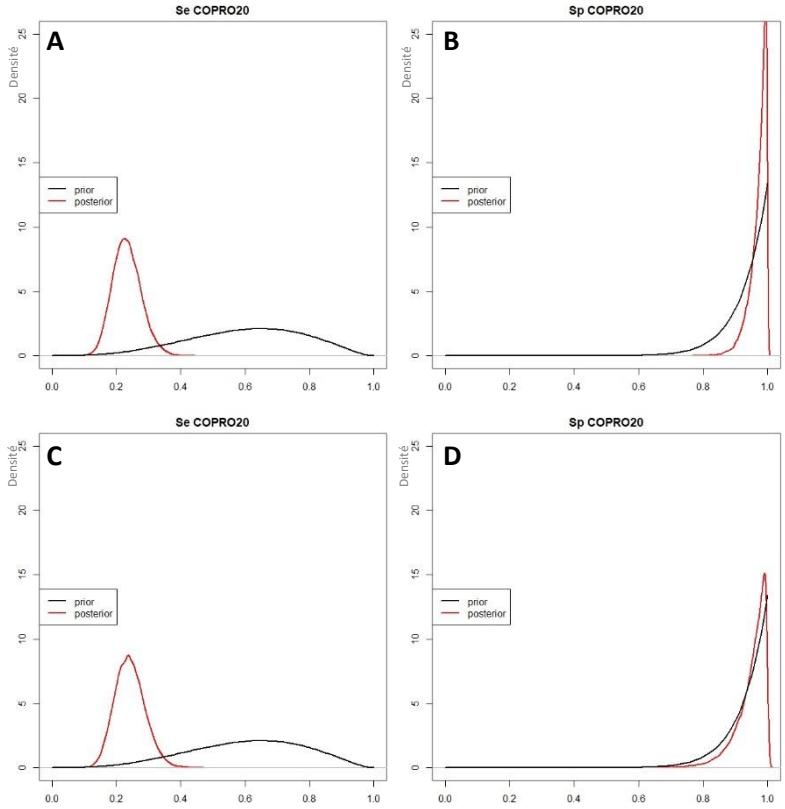
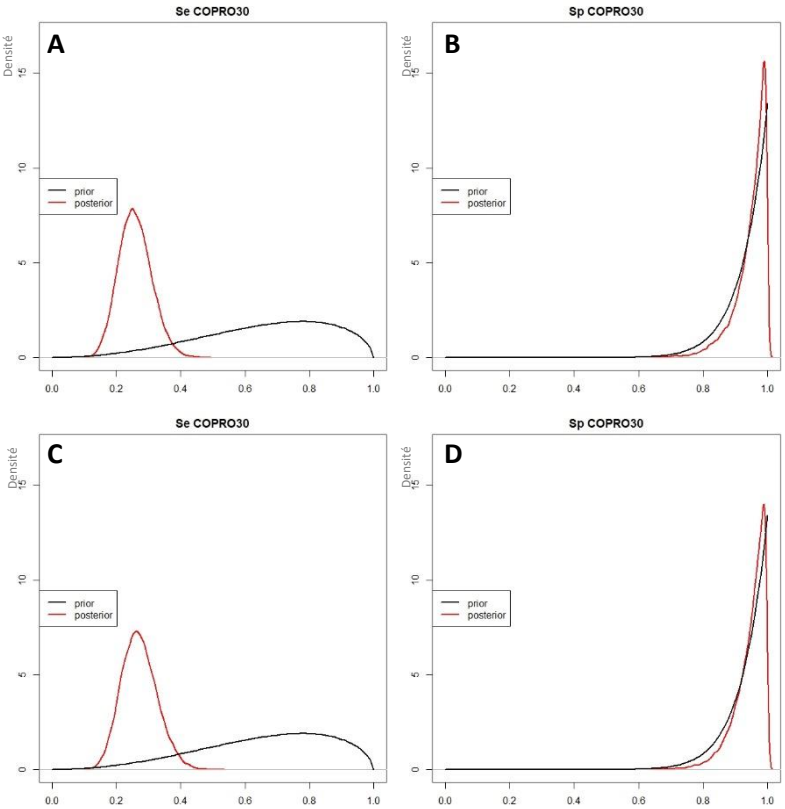


Figure 28- Distributions *a priori* et *a posteriori* de la sensibilité et de la spécificité du diagnostic coprologique COPRO30 avec le modèle SERASCA1 (A et B) et le modèle SERASCA2 (C et D) (Option A).



Les estimations de la sensibilité du test sérologique SERASCA1 sont très proches les unes des autres (Annexe 11 et Annexe 12), quel que soit le modèle et le niveau informatif des priors (hormis l'option C qui donne des valeurs plus basses). Ces estimations varient entre 95,0 % [87,2 % ; 99,4 %]$_{95\ \%}$ et 97,9 % [92,6 % ; 99,9 %]$_{95\ \%}$ en incluant quasi systématiquement la valeur maximale (Figure 29). Ces estimations sont toutefois un peu plus variables dans le cadre de la sensibilité du diagnostic SERASCA2, avec des valeurs proches de 100 % (97,1 % [91,2 % ; 99,8 %]$_{95\ \%}$ dans le modèle COPRO20, option B) et seulement de 91,0 % [78,8 % ; 98,2 %]$_{95\ \%}$ dans le modèle COPRO30, option A (Figure 30).

Les estimations des spécificités des diagnostics sérologiques varient sensiblement surtout en fonction du niveau informatif des priors, peu en fonction du modèle (Annexe 11 et Annexe 12). On observe ainsi un écart de 4 à 10 points environ sur la valeur modale des distributions de la spécificité entre l'option A et B, quel que soit le modèle (COPRO20 et COPRO30) et le diagnostic sérologique (SERASCA1 ou SERASCA2). Ces écarts sont beaucoup plus importants dans le cadre de l'option C, avec des intervalles de crédibilité de plus de 90 %. Pour SERASCA1, l'estimation de la spécificité varie (hors option C) de 79,2 % [67,0 % ; 89,1 %]$_{95\ \%}$ (option A, modèle COPRO30) (Figure 29) à 90,6 % [75,9 % ; 98,7 %]$_{95\ \%}$ (option B, modèle COPRO20). Ces estimations sont systématiquement supérieures pour SERASCA2, avec des intervalles de crédibilité s'approchant de la valeur maximale (Figure 30).

Figure 29- Distributions *a priori* et *a posteriori* de la sensibilité et de la spécificité du diagnostic sérologique SERASCA1 avec le modèle COPRO20 (A et B) et le modèle COPRO30 (C et D) (Option A).

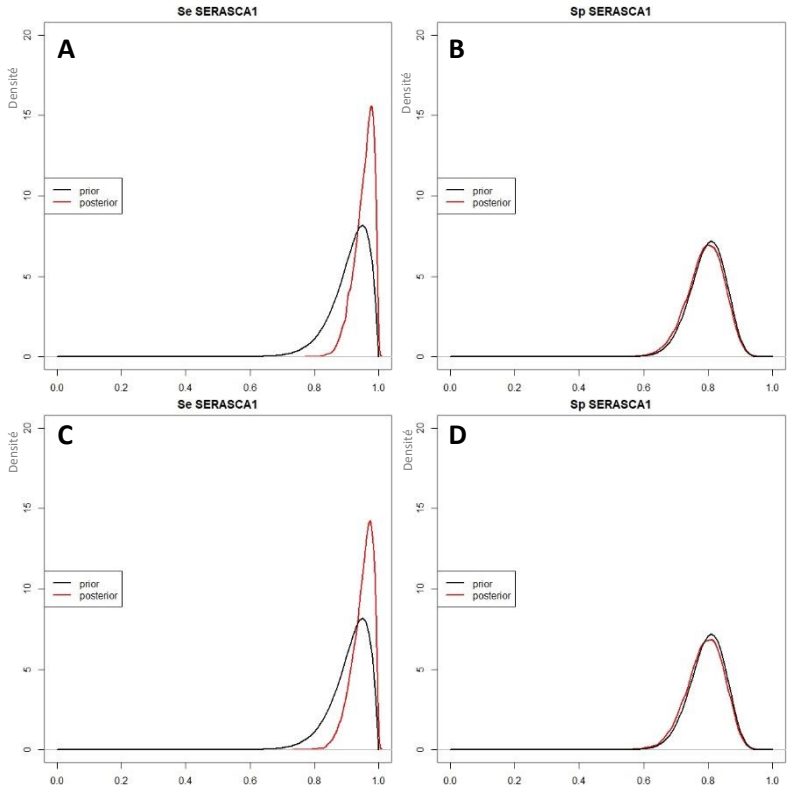
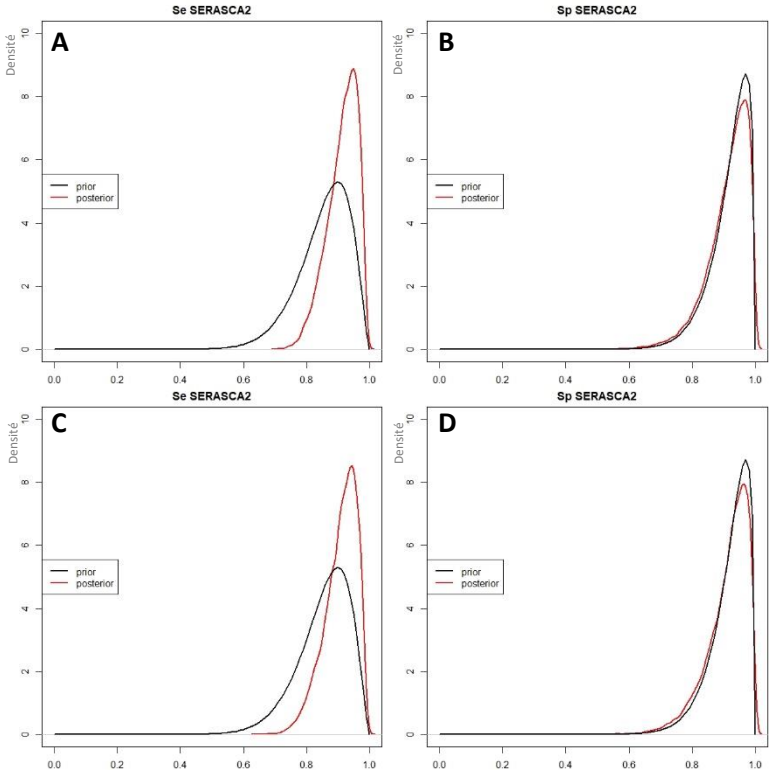


Figure 30- Distributions *a priori* et *a posteriori* de la sensibilité et de la spécificité du diagnostic sérologique SERASCA2 avec le modèle COPRO20 (A et B) et le modèle COPRO30 (C et D) (Option A).



Lorsque l'on compile les résultats des différents modèles et des options A et B, on obtient les résultats présentés dans le Tableau 29.

Cela confirme que le diagnostic coprologique est très spécifique, quel que soit le nombre de prélèvements réalisés, mais présente une sensibilité médiocre, même avec 30 prélèvements. *A contrario*, le diagnostic sérologique présente une spécificité nettement plus faible que le diagnostic coprologique. Toutefois cette spécificité est améliorée lorsque l'on considère qu'un élevage n'est positif qu'à partir d'au moins deux prélèvements positifs (SERASCA2), sans que cela ne dégrade de façon importante sa sensibilité.

Tableau 29- Moyenne des estimations de sensibilité et de spécificité et des intervalles de crédibilités à 95 % des diagnostics sérologiques et coprologiques pour *A. suum* (option A et B).

COPRO20		**COPRO30**	
Sensibilité	Spécificité	Sensibilité	Spécificité
23,9 % [15,7 % ; 33,2 %]$_{95\ \%}$	96,0 % [86,3 % ; 99,9 %]$_{95\ \%}$	26,7 % [17,0 % ; 37,6 %]$_{95\ \%}$	95,8 % [85,7 % ; 99,9 %]$_{95\ \%}$
SERASCA1		**SERASCA2**	
Sensibilité	Spécificité	Sensibilité	Spécificité
96,5 % [90,1 % ; 99,7 %]$_{95\ \%}$	84,9 % [71,4 % ; 93,9 %]$_{95\ \%}$	94,1 % [85,2 % ; 99,0 %]$_{95\ \%}$	93,2 % [81,4 % ; 99,2 %]$_{95\ \%}$

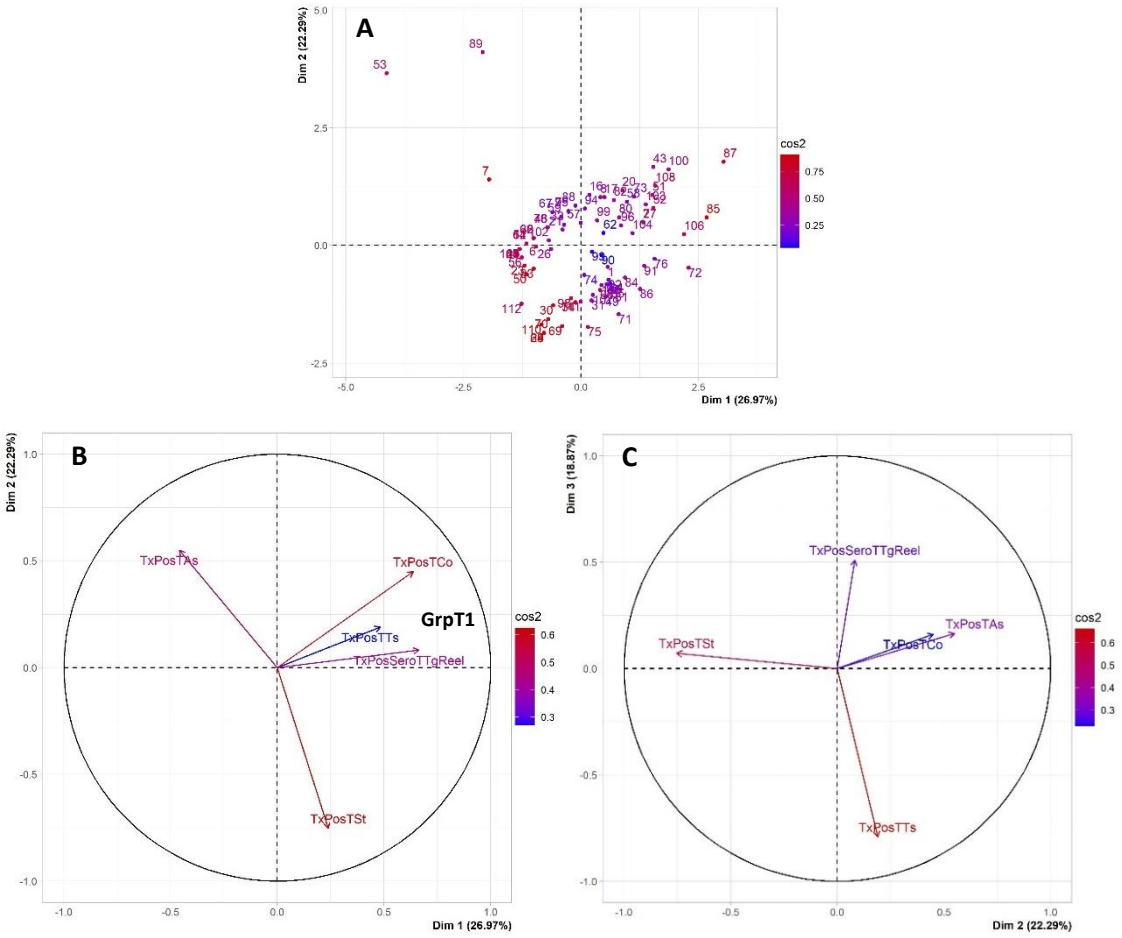
La prévalence estimée varie selon les modèles. Toutefois, si on excepte l'option C qui propose des intervalles de crédibilité proches de 100 %, la prévalence d'*A. suum* dans notre échantillon serait comprise entre 77,9 % [67,3 % ; 88,1 %]$_{95\ \%}$ (modèle COPRO30/SERASCA2, option B) et 89,0 % [78,1 % ; 98,7 %]$_{95\ \%}$ (modèle COPRO20/SERASCA1, option A).

L'ensemble des distributions des sensibilités et spécificités des diagnostics coprologiques et sérologiques selon les options et les modèles figurent en Annexe 13 et Annexe 14.

3.2.6. **Relation entre les parasites**

Les relations entre les parasites ont été étudiées par des analyses en composantes principales (ACP) chez les truies d'une part (n = 92 élevages) et les porcs sevrés en croissance d'autre part (n = 100 élevages). Puis les relations entre le parasitisme des truies et des porcs en croissance ont été étudiées dans la population d'élevages naisseurs-engraisseurs (n = 80 élevages). La première analyse a été réalisée dans les 92 élevages disposant de reproducteurs. Les 3 premiers axes de l'analyse résument 68,1 % de l'inertie totale[9] (variabilité) du jeu de données et sont étudiés.

Figure 31- Représentations graphiques des élevages disposant de reproducteurs (A) et des variables décrivant le parasitisme des truies (B et C) (ACP, 92 élevages).



TxPosTSt : Taux de positivité des truies pour les strongles ; TxPosTAs : Taux de positivité des truies pour A. suum ; TxPosTTs : Taux de positivité des truies pour T. suis ; TxPosTCo : Taux de positivité des truies pour les coccidies ; TxPosSeroTgReel : Taux de séropositivité des truies pour T. gondii (après corrections tenant compte des Se et Sp du test); GrpT : groupe de variables associées aux taux de positivité sur les truies.

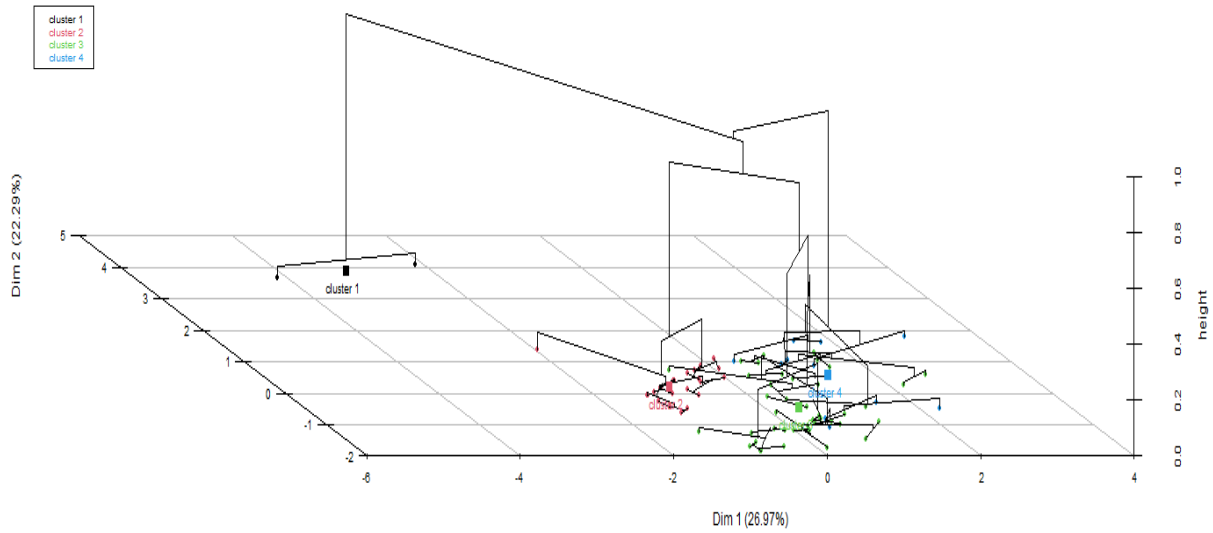
Trois groupes principaux d'associations entre les variables décrivant les fréquences d'infestation par élevage semblent se révéler (Figure 31B). Un groupe de variables positivement corrélées (GrpT1) est caractérisé par le pourcentage de truies infestées par des coccidies et le pourcentage de truies séropositives à *T. gondii*. Le deuxième ensemble de variables, négativement

[9] L'inertie des axes factoriels indique d'une part si les variables sont structurées et suggère d'autre part le nombre judicieux de composantes principales à étudier.

corrélées, comprend les pourcentages de truies positives en coprologie pour *A. suum* d'une part et pour les strongles d'autre part (diagonale de la Figure 31B, du haut à gauche au bas à droite). Ces variables semblent indépendantes de celles du groupe GrpT1. Enfin le taux de truies positives en coprologie à *T. suis* qui ne se projette quasiment que sur la 3ème dimension (Figure 31C) semble négativement corrélé sur cet axe au taux de de truies séropositives vis-à-vis de *T. gondii*, tout en étant indépendant des autres variables. Les contributions à la construction des axes et les coordonnées sur ces axes de chacune des variables figurent en Annexe 15.

Ces observations sont en partie confirmées lorsque l'on réalise une classification ascendante hiérarchique (CAH) à partir de ces données. La classification réalisée fait apparaître 4 clusters d'élevages (Figure 32).

Figure 32- Arbre hiérarchique sur le plan factoriel 1-2 représentant la classification ascendante hiérarchique réalisée sur les 92 élevages disposant de reproducteurs, à partir des variables décrivant les niveaux de parasitisme sur des truies.



Le cluster 1 est composé de 2 élevages qui présentent des taux élevés de truies présentant des œufs *d'A. suum* (Tableau 30). Le cluster 2 est composé de 40 élevages présentant des proportions faibles de truies positives en coprologie à *T. suis*, aux strongles et aux coccidies, ainsi que peu de truies séropositives à *T. gondii*. A l'inverse, le cluster 3 est composé de 39 élevages avec des taux élevés de truies positives en coprologie aux strongles ou aux coccidies et séropositives vis-à-vis de *T. gondii* (la variable concernant les taux de positivité aux strongles est ici incluse dans la définition de ce cluster d'élevage, alors qu'elle paraissait indépendante des deux autres variables sur l'ACP). Les taux de truies positives en coprologie à *T. suis* sont très faibles dans cette catégorie, ce qui n'est pas le cas dans le cluster 4 composé de 11 élevages caractérisés par des taux élevés de truies positives en coprologie à *T. suis,* en plus des taux élevés de truies positives en coprologie aux strongles ou aux coccidies et séropositives vis-à-vis de *T. gondii.*

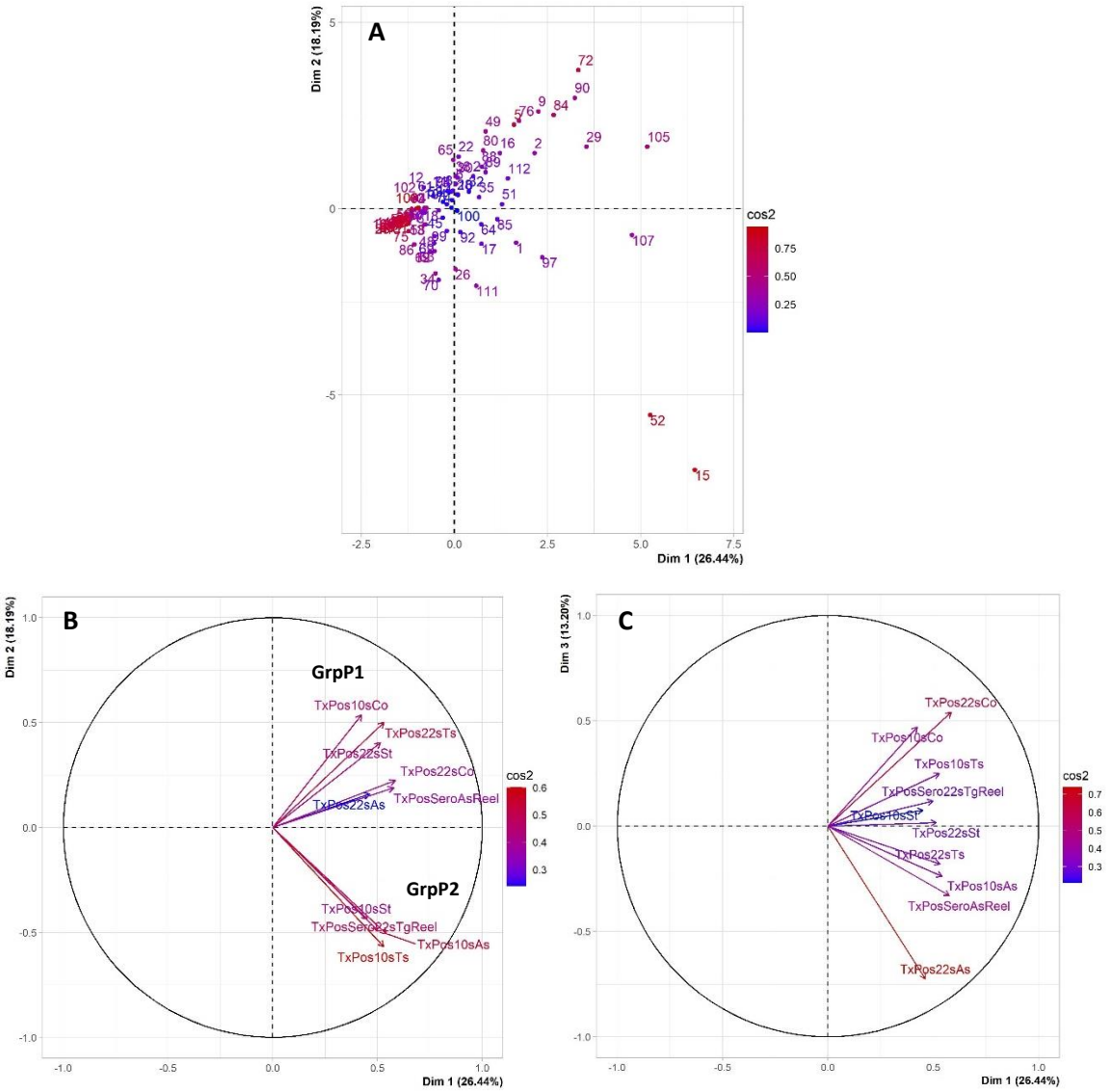
Tableau 30- Description des profils de parasitisme des truies dans les élevages alternatifs (n = 92 élevages, classification ascendante hiérarchique).

	Nombre d'élevages	Taux de truies séropositives à *T. gondii* par élevage		Taux de truies positives en coprologie par élevage							
				Strongles		*A. suum*		*T. suis*		Coccidies	
		Moy.	σ	Moy.	σ	Moy.	σ	Moy.	σ	Moy.	σ
Cluster 1	2	7,2 %	9,7 %	0,0 %	0,0 %	**55,0 %**	7,1 %	0,0 %	0,0 %	45,0 %	63,6 %
Cluster 2	40	**8,4 %**	16,7 %	**3,8 %**	7,7 %	0,8 %	3,5 %	**0,3 %**	1,6 %	32,0 %	34,3 %
Cluster 3	39	**42,3 %**	36,4 %	**67,9 %**	33,2 %	0,3 %	1,6 %	**0,0 %**	0,0 %	44,9 %	39,1 %
Cluster 4	11	39,2 %	40,2 %	36,4 %	43,2 %	0,0 %	0,0 %	**18,2 %**	4,0 %	54,5 %	35,0 %
Ensemble des élevages	92	26,4 %	33,6 %	34,8 %	40,2 %	1,6 %	8,4 %	2,3 %	6,1 %	40,4 %	37,2 %

En gras, les variables qui caractérisent les clusters ; Moy. = moyenne ; σ = écart type.

La deuxième série d'analyses concernait les 100 élevages avec des animaux sevrés en croissance. Les trois premiers axes de l'ACP expriment 57,8 % de l'inertie totale du jeu de données et sont ici étudiés. Suite à cette analyse, on peut observer principalement deux groupes d'associations. Le premier (GrpP1), situé dans le cadran en haut à droite (Figure 33B), regroupe les variables marquant un pourcentage plus élevé d'animaux infestés tardivement (après 22 semaines d'âge), aussi bien pour les strongles, *T. suis* et les coccidies, ainsi que le pourcentage de porcelets infestés par des coccidies à 10-12 semaines d'âge et le pourcentage d'animaux séropositifs vis-à-vis d'*A. suum* en fin d'engraissement. Un second groupe (GrpP2), en bas à droite de la Figure 33B, comprend les variables liées à un pourcentage plus élevé d'animaux infestés précocement, à 10-12 semaines d'âge, aussi bien pour *A. suum*, *T. suis* et les strongles. Ces variables sont également corrélées positivement avec le pourcentage de porcs séropositifs vis-à-vis de *T. gondii* en fin d'engraissement. La variable associée au pourcentage de porcs positifs par coprologie à *A. suum* en fin d'engraissement, projetée principalement sur l'axe 3, ne semble alors corrélée à aucun de ces 2 groupes (Figure 33C). Les contributions à la construction des axes et les coordonnées sur ces axes de chacune des variables incluses dans cette ACP figurent en Annexe 16.

Figure 33- Représentations graphiques des élevages naisseurs-engraisseurs ou post-sevreurs-engraisseurs (A) et des variables décrivant le parasitisme sur les porcs sevrés en croissance (B et C) (ACP, 100 élevages).



TxPos10sSt :Taux de positivité des porcelets de 10-12 semaines d'âge pour les strongles ; TxPos22sSt : Taux de positivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour les strongles ; TxPos10sAs : Taux de positivité des porcelets de 10-12 semaines d'âge pour A. suum ; TxPos22sAs : Taux de positivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour A. suum ; TxPos10sTs : Taux de positivité des porcelets de 10-12 semaines d'âge pour T. suis ; TxPos22sTs : Taux de positivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour T. suis ; TxPos10sCo : Taux de positivité des porcelets de 10-12 semaines d'âge pour les coccidies ; TxPos22sCo : Taux de positivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour les coccidies ; TxPosSeroAsReel : Taux de séropositivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour A. suum (après corrections tenant compte des Se et Sp du test) ; TxPosSero22sTgReel : Taux de séropositivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour T. gondii (après corrections tenant compte des Se et Sp du test) ; GrpP : groupes de variables associées aux taux de positivité sur les porcs sevrés en croissance.

La CAH faite suite à cette ACP semble confirmer en partie ces observations en classant les élevages en 3 catégories (Figure 34) : la première regroupe 84 élevages avec des faibles pourcentages d'animaux présentant des œufs ou des oocystes dans leur fèces et avec des taux de séropositivité faibles. La deuxième est formée de 14 élevages se caractérisant par des niveaux élevés sur les variables du GrpP1 de la Figure 33B et un taux élevé d'animaux présentant des œufs d'*A. suum* à partir de 22

semaines d'âge. Enfin, la troisième catégorie, constituée de 2 élevages, se caractérise par des niveaux élevés sur les variables du GrpP2 ainsi qu'un taux plus élevé de porcs d'au moins 22 semaines d'âge porteurs d'oocystes de coccidies et séropositifs à *A. suum* (Tableau 31).

Figure 34- Arbre hiérarchique sur le plan factoriel 1-2 représentant la classification ascendante hiérarchique réalisée sur les 100 élevages disposant de porcs sevrés en croissance, à partir des variables décrivant les niveaux de parasitisme sur les porcs en croissance.

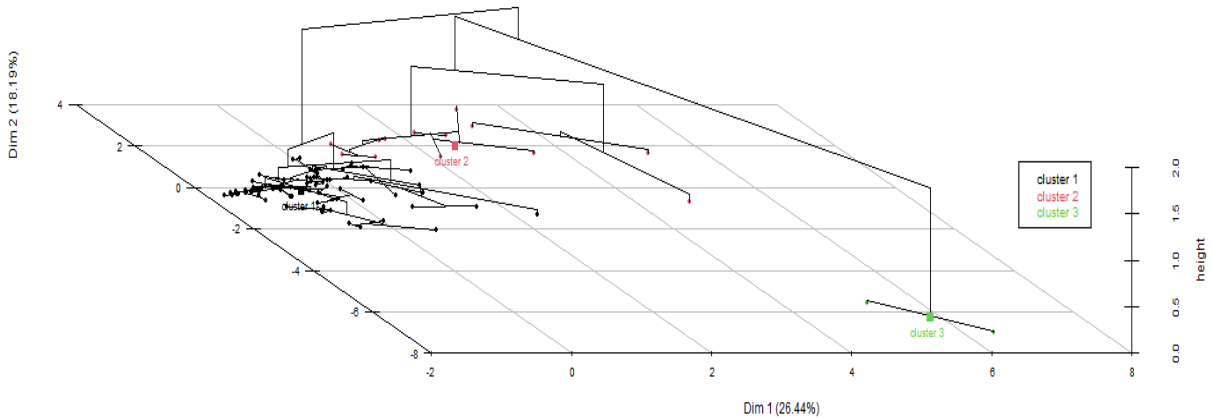


Tableau 31- Description des profils de parasitisme des porcs sevrés en croissance dans les élevages alternatifs (n = 100 élevages, classification ascendante hiérarchique).

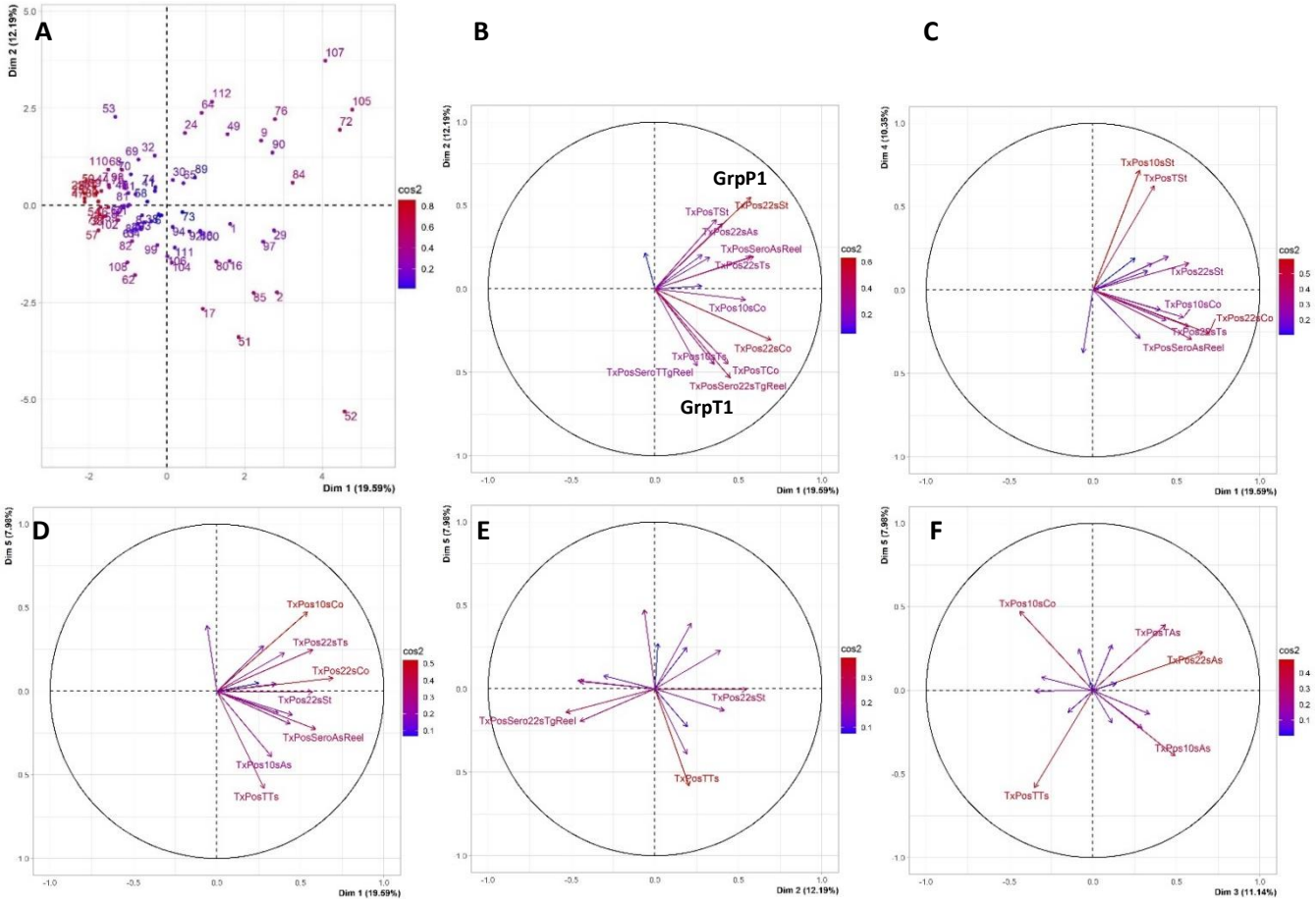
		Cluster 1		Cluster 2		Cluster 3		Ensemble des élevages	
Nombre d'élevages		84		14		2		100	
		Moy.	σ	Moy.	σ	Moy.	σ	Moy.	σ
Taux de porcelets de 10-12 semaines d'âge positifs en coprologie par élevage	- Strongles	6,2 %	17,6 %	12,1 %	27,8 %	**75,0 %**	21,2 %	8,4 %	21,4 %
	- *A. suum*	**0,2 %**	1,5 %	2,1 %	8,0 %	**20,0 %**	14,1 %	0,9 %	4,5 %
	- *T. suis*	**2,1 %**	6,4 %	6,4 %	15,0 %	**80,0 %**	0,0 %	4,3 %	13,6 %
	- Coccidies	**9,2 %**	19,0 %	**59,3 %**	36,7 %	0,0 %	0,0 %	16,0 %	28,1 %
Taux de porcs d'au moins 22 semaines d'âge positifs en coprologie par élevage	- Strongles	**2,7 %**	8,6 %	**49,3 %**	42,7 %	10,0 %	14,1 %	9,4 %	23,8 %
	- *A. suum*	**3,2 %**	11,8 %	**20,7 %**	36,3 %	0,0 %	0,0 %	5,6 %	18,1 %
	- *T. suis*	**1,3 %**	4,9 %	**29,3 %**	28,4 %	0,0 %	0,0 %	5,2 %	14,9 %
	- Coccidies	**26,0 %**	33,3 %	**70,7 %**	32,0 %	**95,0 %**	7,1 %	33,6 %	37,2 %
Taux de porcs d'au moins 22 semaines d'âge séropositifs à *T. gondii* par élevage		5,4 %	15,2 %	5,1 %	6,9 %	**68,7 %**	19,3 %	6,6 %	16,8 %
Taux de porcs d'au moins 22 semaines d'âge séropositifs à *A. suum* par élevage		**40,5 %**	30,0 %	**65,7 %**	25,2 %	**75,4 %**	21,3 %	44,7 %	30,6 %

En gras, les variables qui caractérisent les clusters ; Moy. = moyenne ; σ = écart type.

La dernière série d'analyses a concerné les élevages naisseurs-engraisseurs, disposant à la fois de truies et de porcs sevrés en croissance (80 élevages). L'interprétation est faite sur 5 dimensions qui expriment 61,5 % de l'inertie totale du jeu de donnée. Dans cette ACP, on retrouve le groupe de variables GrpP1 (Figure 35B), sans les variables liées aux coccidies, mais associées en plus au taux de truies positives en coprologie aux strongles. On retrouve aussi le groupe de variables GrpT1 dans un ensemble de variables regroupant les taux de positivité aux coccidies et les taux de séropositivité vis-à-vis de *T. gondii* des truies et des porcs en fin d'engraissement (Figure 35B). Ces variables semblent indépendantes du 1er groupe. Sur le plan 1-4 (Figure 35C), les variables relatives aux taux de positivité des truies et des porcelets de 10-12 semaines d'âge aux strongles semblent liées, et indépendantes

des autres variables. Le taux de truies positives à *T. suis* semble indépendant des autres variables (Figure 35D et Figure 35E), hormis du taux de porcelets de 10-12 semaines d'âge positifs à *A. suum* (Figure 35D). Elle est en outre négativement corrélée aux variables relatives aux taux de positivité des truies et des porcs en fin d'engraissement à *A. suum* (Figure 35F), ces variables semblant associées entre-elles et indépendantes des taux de positivité des porcelets de 10-12 semaines d'âge à *A. suum* ou aux coccidies. Les contributions à la construction des 5 premiers axes et les coordonnées sur ces axes de chacune des variables utilisées dans cette ACP figurent en Annexe 17.

Figure 35- Représentations graphiques des élevages naisseurs-engraisseurs (A) et des variables décrivant le parasitisme sur les porcs sevrés en croissance et les truies (B à F) (ACP, 80 élevages).



TxPosTSt : Taux de positivité des truies pour les strongles ; TxPos10sSt :Taux de positivité des porcelets de 10-12 semaines d'âge pour les strongles ; TxPos22sSt : Taux de positivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour les strongles ; TxPosTAs : Taux de positivité des truies pour A. suum ; TxPos10sAs : Taux de positivité des porcelets de 10-12 semaines d'âge pour A. suum ; TxPos22sAs : Taux de positivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour A. suum ; TxPosTTs : Taux de positivité des truies pour T. suis ; TxPos10sTs : Taux de positivité des porcelets de 10-12 semaines d'âge pour T. suis ; TxPos22sTs : Taux de positivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour T. suis ; TxPosTCo : Taux de positivité des truies pour les coccidies ; TxPos10sCo : Taux de positivité des porcelets de 10-12 semaines d'âge pour les coccidies ; TxPos22sCo : Taux de positivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour les coccidies ; TxPosSeroAsReel : Taux de séropositivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour A. suum (après corrections tenant compte des Se et Sp du test) ; TxPosSeroTgReel : Taux de séropositivité des truies pour T. gondii (après corrections tenant compte des Se et Sp du test) ; TxPosSero22sTgReel : Taux de séropositivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour T. gondii (après corrections tenant compte des Se et Sp du test) ; GrpP : groupes de variables associées aux taux de positivité sur les porcs sevrés en croissance.

La CAH, faite sur l'ensemble des élevages naisseurs engraisseurs (Figure 36), simplifie de façon importante et classe les élevages en deux clusters : Le 1er cluster de 59 élevages se caractérise par un niveau de parasitisme plus faible que le second cluster de 21 élevages, aussi bien sur les reproductrices (pourcentage moyen de truies infestées par des œufs de strongles, d'*A. suum*, de *T. suis* ou par des oocystes de coccidies respectivement de 33,2, ; 1,7 ; 1,2 et 1,4 % dans le cluster 1 contre 45,2 ; 2,4 ; 4,3 et 3,8 % dans le cluster TP_2), que sur les porcelets de 10-12 semaines d'âge (pourcentages moyens d'animaux infestés par des œufs de *T. suis* ou des oocystes de coccidies respectivement de 1,9 et 6,8 % dans le cluster 1 contre 9,0 et 44,3 % dans le cluster TP_2) ou sur les porcs en fin d'engraissement (pourcentages moyens d'animaux infestés par des œufs d'*A. suum* ou des oocystes de coccidies respectivement de 2,9 et 14,7 % dans le cluster TP_1 contre 18,1 et 72,9 % dans le cluster TP_2) (Tableau 32). À noter que les pourcentages d'animaux infestés sont aussi plus importants dans le cluster 2 pour les strongles et *A. suum* sur les porcelets de 10-12 semaines d'âge et pour les strongles et *T. suis* pour les porcs en fin de croissance, mais ces variables n'ont pas permis de caractériser les élevages au sein des 2 clusters de façon significative (les différences entre les élevages des 2 clusters ne sont pas significatives sur ces variables). De la même manière, le pourcentage de truies séropositives par élevage vis-à-vis de *T. gondii* est plus élevé dans les élevages du cluster TP_2, sans que la différence soit significative avec les élevages du cluster TP_1. Par contre, les taux de porcs en fin de croissance séropositifs vis-à-vis de *T. gondii* ou d'*A. suum* sont significativement supérieurs dans le cluster 2 (respectivement de 19,1 et 69,1 % contre 2,4 et 35,7 % pour les élevages du cluster TP_1).

Figure 36- Arbre hiérarchique sur le plan factoriel 1-2 représentant la classification ascendante hiérarchique réalisée sur les 80 élevages naisseurs-engraisseurs à partir des variables décrivant les niveaux de parasitisme sur les animaux.

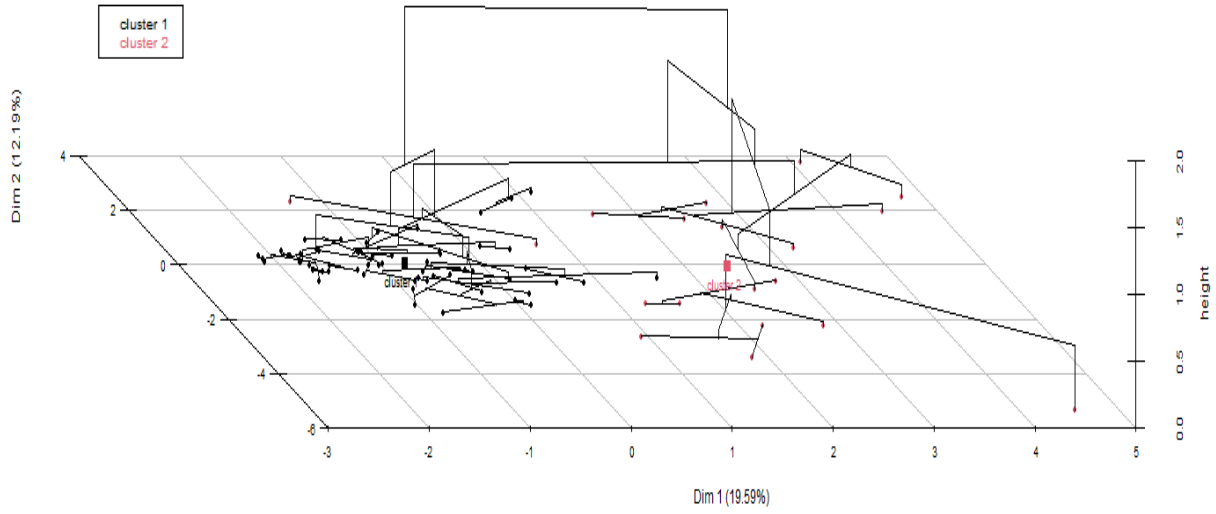


Tableau 32- Description des profils de parasitisme des porcs sevrés en croissance et des truies dans les élevages naisseurs-engraisseurs alternatifs (n = 80 élevages, classification ascendante hiérarchique).

		Cluster TP_1		Cluster TP_2		Ensemble des élevages	
Nombre d'élevages		59		21		80	
		Moy.	σ	Moy.	σ	Moy.	σ
Taux de truies positives en coprologie par élevage	- Strongles	33,2 %	40,6 %	45,2 %	42,3 %	36,4 %	41,1 %
	- *A. suum*	1,7 %	8,3 %	2,4 %	10,9 %	1,9 %	9,0 %
	- *T. suis*	**1,2 %**	4,6 %	**4,3 %**	8,1 %	2,0 %	5,8 %
	- Coccidies	**26,4 %**	30,6 %	**63,8 %**	34,9 %	36,3 %	35,6 %
Taux de porcelets de 10-12 semaines d'âge positifs en coprologie par élevage	- Strongles	6,8 %	18,4 %	13,3 %	29,0 %	8,5 %	21,7 %
	- *A. suum*	0,3 %	1,8 %	1,9 %	6,8 %	0,8 %	3,8 %
	- *T. suis*	**1,9 %**	5,7 %	**9,0 %**	20,7 %	3,8 %	11,9 %
	- Coccidies	**6,8 %**	14,4 %	**44,3 %**	39,3 %	16,6 %	28,6 %
Taux de porcs d'au moins 22 semaines d'âge positifs en coprologie par élevage	- Strongles	**5,3 %**	15,9 %	**28,1 %**	39,4 %	11,3 %	26,1 %
	- *A. suum*	**2,9 %**	11,6 %	**18,1 %**	31,9 %	6,9 %	20,0 %
	- *T. suis*	**1,2 %**	4,2 %	**19,5 %**	26,9 %	6,0 %	16,2 %
	- Coccidies	**14,7 %**	23,4 %	**72,9 %**	30,4 %	30,0 %	36,0 %
Taux de truies séropositives à *T. gondii* par élevage		22,2 %	32,1 %	35,0 %	37,2 %	25,6 %	33,7 %
Taux de porcs d'au moins 22 semaines d'âge séropositifs à *T. gondii* par élevage		**2,4 %**	9,6 %	**19,1 %**	27,2 %	6,8 %	17,6 %
Taux de porcs d'au moins 22 semaines d'âge séropositifs à *A. suum* par élevage		**35,7 %**	29,7 %	**69,1 %**	28,2 %	44,5 %	32,7 %

En gras, les variables qui caractérisent les clusters ; Moy. = moyenne ; σ = écart type.

Au bilan, ces différentes séries d'analyses nous indiquent :

- Qu'il semble y avoir une relation entre les variables relatives à des infestations précoces par des helminthes (pourcentages d'animaux infestés à 10-12 semaines d'âge par des strongles, par *A. suum* ou par *T. suis*),
- Que les variables liées à des infestations tardives sur les porcs en croissance par des strongles, *T. suis* ou des coccidies semblent corrélées, au même titre que le taux de truies positives aux strongles,
- Qu'il semble y avoir une corrélation entre plusieurs variables liées aux coccidies et à *T. gondii* (taux de séropositivité des animaux à *T. gondii* et taux de truies et de porcs en fin d'engraissement positifs aux coccidies),
- Que les variables liées aux infestations par *A. suum* sur les porcs en fin d'engraissement et sur les truies sont liées, mais indépendantes des autres variables,
- Qu'il est difficile de trouver une association entre le taux de truies positives à *T. suis* et une autre variable relative au parasitisme dans les élevages alternatifs,
- Qu'il est difficile de classer les élevages en deux classes (faiblement ou fortement parasités, tous parasites confondus), sauf s'il s'agit d'élevages naisseurs-engraisseurs.

3.2.7. **Étude des relations entre les niveaux de parasitisme et des paramètres descriptifs des élevages naisseurs-engraisseurs**

L'objectif ici est d'étudier les associations entre le niveau de parasitisme des truies et des porcs en croissance et les paramètres décrivant de manière générale les élevages naisseurs-engraisseurs ainsi que les éléments caractérisant le mode de logement des porcs, leur conduite et la saison à laquelle les prélèvements sur les animaux ont été réalisés. La liste des 55 paramètres retenus pour cette série d'analyses figure en Annexe 6. Dans un premier temps, l'étude a été réalisée en tenant compte du niveau de parasitisme général des élevages (Clust_TP, tous parasites confondus) comme définis dans le Tableau 32. Toutefois, compte tenu du faible pourcentage d'inertie expliquée par cette variable (31,2 % sur le plan 1 et 2, Figure 36) et afin d'identifier des facteurs spécifiques à chaque type de parasite au-delà des facteurs communs à tous, des analyses ont ensuite été réalisées pour chacun des helminthes, les coccidies et *T. gondii* de façon séparée.

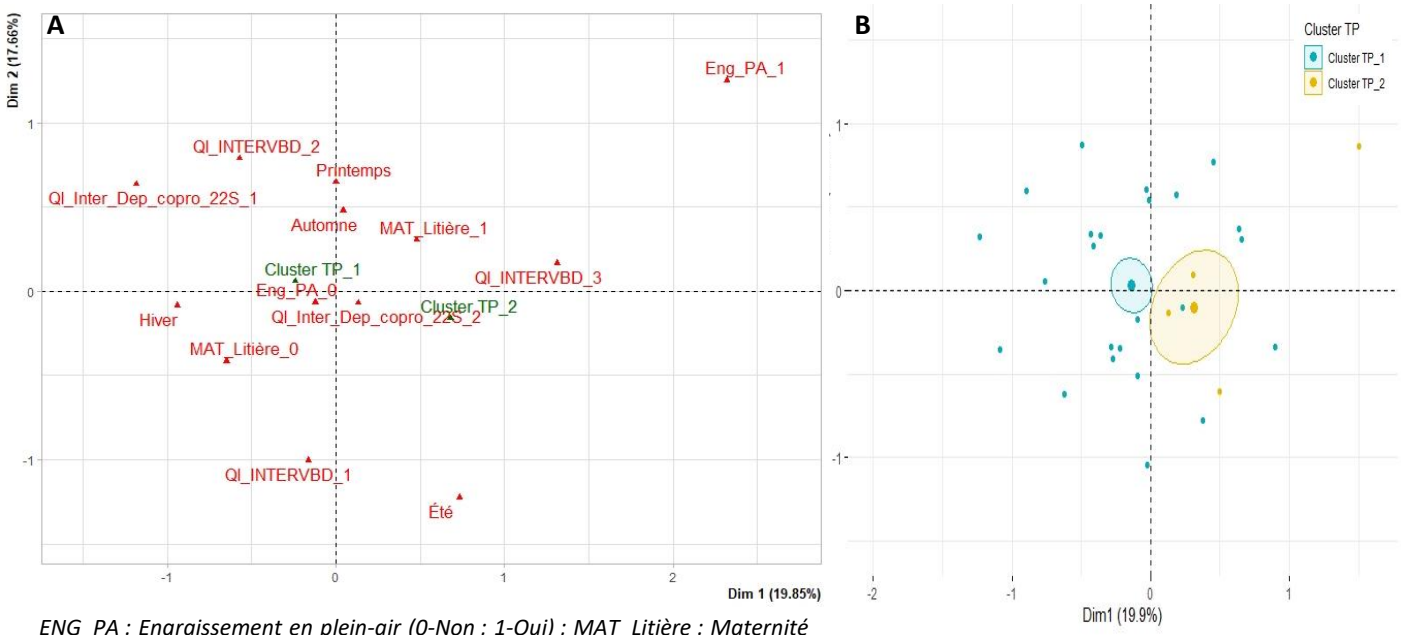
3.2.7.1. Relations entre le niveau de parasitisme général et les paramètres descriptifs des élevages naisseurs-engraisseurs

Le résultat de l'analyse des correspondances multiples (ACM) liée à la pression parasitaire incluant les éléments descriptifs de l'élevage est présenté sur la Figure 37A, la répartition des élevages dans cette analyse sur la Figure 37B. Les clusters se projettent quasi-exclusivement sur la première dimension et dans une moindre mesure sur la deuxième dimension. Ces 2 dimensions expliquent 37,5 % de la variabilité spatiale des données (19,9 et 17,7 % respectivement). Les variables qui ont le plus contribué à la variabilité de la dimension 1 étaient l'intervalle entre bandes (33,5 %), la saison durant laquelle la visite s'est déroulée (19,2 %), la présence de litière en maternité (19,6 %), l'engraissement en plein-air (17,8 %) et dans une moindre mesure l'intervalle entre les prélèvements de fèces faits sur les animaux en fin de croissance et le dernier vermifuge administré sur ces animaux (9,8 %), tandis que celles qui ont contribué le plus à la variabilité de la dimension 2 sont l'intervalle entre bandes (44,1 %) et la saison (37,5 %).

Les élevages présentant un niveau de parasitisme plus élevé (Cluster TP_2) étaient associés sur la dimension 1 à la présence de litière en maternité, à un intervalle entre bandes au moins égal à 7 semaines et avoir été visité plutôt l'été, tandis que les élevages du Cluster TP_1 (les moins parasités) étaient associés sur cette dimension à l'absence d'engraissement en plein-air. Sur la dimension 2, les élevages du cluster TP_2 étaient associés à un intervalle d'au moins 6 semaines entre les prélèvements de fèces faits sur les animaux en fin de croissance et le dernier vermifuge administré sur ces animaux.

À noter que parmi les variables présélectionnées pour l'ACM, la colinéarité était forte entre l'engraissement en plein-air et, d'une part, le lavage systématique des engraissements entre chaque bande (variables négativement corrélées) et, d'autre part, l'engraissement sur litière (variables négativement corrélées).

Figure 37- Représentations graphiques des résultats (A) et des élevages (B) de l'analyse des correspondances multiples entre les variables descriptives de l'élevage (incluant le logement, la conduite des animaux et la conduite sanitaire et antiparasitaire), la saison durant laquelle s'est déroulée la visite et la classification des élevages en fonction de leur niveau de parasitisme sur les animaux.



ENG_PA : Engraissement en plein-air (0-Non ; 1-Oui) ; MAT_Litière : Maternité sur litière (0-Non ; 1-Oui) ; QI_INTERVBD : Intervalle entre bandes (1 si < 5 semaines ; 2 si 5 ou 6 semaines ; 3 si au moins 7 semaines) ; QI_Inter_Dep_copro_22S : Intervalle entre les prélèvements de fèces faits sur les animaux en fin de croissance et le dernier vermifuge administré sur ces animaux (1 si moins de 6 semaines ; 2 si au moins 6 semaines).

Ellipses de confiance autour des barycentres des élevages de chacun des clusters.

3.2.7.2. Relations entre le niveau de parasitisme lié aux helminthes et les paramètres descriptifs des élevages naisseurs-engraisseurs

3.2.7.2.1. Les strongles

3.2.7.2.1.1. *Définition des niveaux de parasitisme*

Suite à la CAH réalisée afin de regrouper les élevages en fonction de leur statut vis-à-vis des strongles, deux groupes d'élevages ont été mis en évidence (Figure 38 et Tableau 33). Le premier (cluster Strg_1, constitué de 65 élevages) se caractérise par des pourcentages moins importants d'animaux présentant de strongles dans leur fèces, quelle que soit la catégorie d'animaux (respectivement 2,8 %, 1,5 % et 24,3 % de truies, de porcelets de 10-12 semaines d'âge et de porcs d'au moins 22 semaines d'âge positifs en moyenne dans ces élevages contre 33,3 %, 53,3 % et 88,7 % dans les élevages du cluster Strg_2 constitué de 15 élevages).

Figure 38- Arbre hiérarchique sur le plan factoriel 1-2 représentant la classification ascendante hiérarchique réalisée sur les 80 élevages naisseurs-engraisseurs à partir des variables décrivant les niveaux de parasitisme vis-à-vis des strongles sur les animaux.

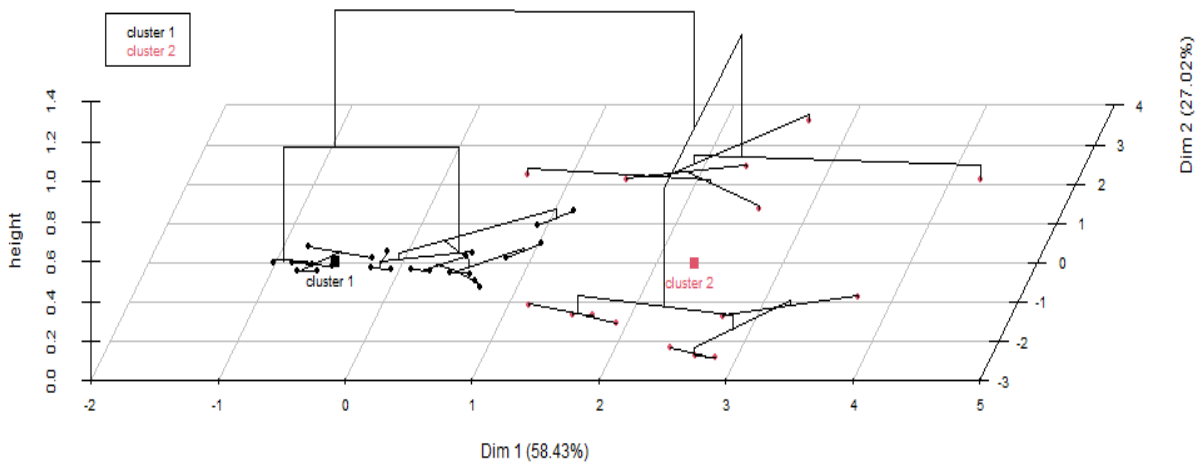


Tableau 33- Description des variables liées aux strongles qui ont caractérisé les deux clusters obtenus par classification ascendante hiérarchique (80 élevages).

	Cluster Strg_1		Cluster Strg_2		Ensemble des élevages	
Nombre d'élevages	65		15		80	
	Moy.	σ	Moy.	σ	Moy.	σ
Taux de positivité des truies	**2,8 %**	9,1 %	**33,3 %**	38,3 %	8,5 %	21,7 %
Taux de positivité des porcelets (10-12 semaines d'âge)	**1,5 %**	4,4 %	**53,3 %**	37,7 %	11,3 %	26,1 %
Taux de positivité des porcs (≥ 22 semaines d'âge)	**24,3 %**	35,7 %	**88,7 %**	10,6 %	36,4 %	41,1 %

En gras, les variables qui caractérisent les clusters ; Moy. = moyenne ; σ = écart type.

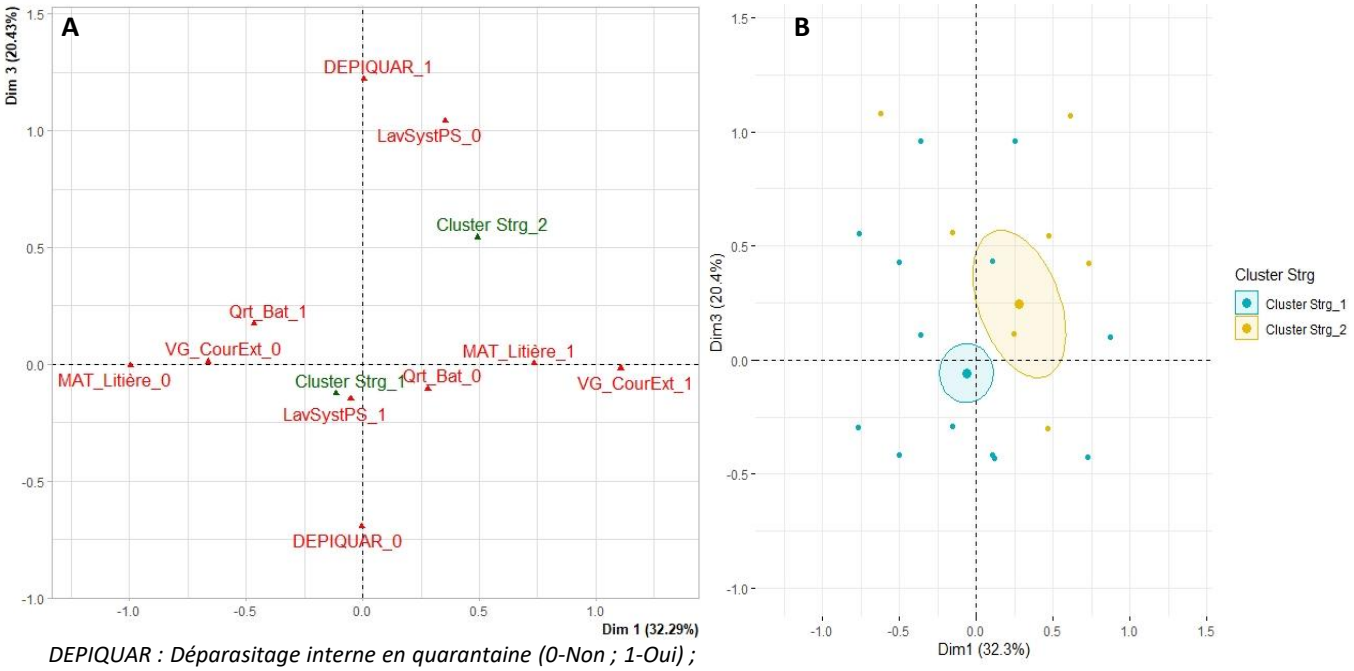
3.2.7.2.1.2. *Paramètres associés aux niveaux de parasitisme*

La Figure 39 présente les résultats de l'ACM liée aux pourcentages d'animaux infestés par des œufs de strongles incluant les éléments descriptifs de l'élevage ainsi que la répartition des élevages. Les clusters se projettent principalement sur les dimensions 1 et 3 qui expliquent 52,7 % (32,3 et 20,4 % respectivement) de la variabilité spatiale des données.

La présence de courettes en verraterie-gestante, de litière en maternité et dans une moindre mesure la présence d'une quarantaine en bâtiment ont contribué à la construction de la dimension 1 (respectivement 45,5 %, 45,4 % et 8,0 %). Ce sont principalement les variables liées au déparasitage interne des animaux en quarantaine et le lavage systématique des post-sevrages entre bandes qui ont contribué à la construction de la dimension 3 (respectivement 83,0 % et 15,2 %).

Sur la dimension 1, les élevages présentant le plus d'animaux avec des œufs de strongles dans leurs déjections (cluster Strg_2) sont associés à la présence de maternités sur litière, de courettes extérieures en verraterie-gestante et à l'absence de quarantaine en bâtiment. Sur la troisième dimension, ces élevages semblent associés à l'absence de nettoyage systématique entre bandes en post-sevrage, contrairement aux élevages du Cluster Strg_1. Les élevages du Cluster Strg_2 semblent aussi associés dans une moindre mesure au déparasitage interne des cochettes en quarantaine.

Figure 39- Représentations graphiques des résultats (A) et des élevages (B) de l'analyse des correspondances multiples entre les variables descriptives de l'élevage (incluant le logement, la conduite des animaux et la conduite sanitaire et antiparasitaire) et la classification des élevages en fonction de leur niveau de parasitisme vis-à-vis des strongles sur les animaux.



DEPIQUAR : Déparasitage interne en quarantaine (0-Non ; 1-Oui) ; LavSystPS : Lavage systématique des post-sevrages entre bandes (0-Non ; 1-Oui) ; MAT_Litière : Maternité sur litière (0-Non ; 1-Oui) ; Q_Bat : Quarantaine en bâtiment (0-Non ; 1-Oui) ; VG_CourEXT : Verraterie-gestante en bâtiment avec des courettes extérieures (0-Non ; 1-Oui).

Ellipses de confiance autour des barycentres des élevages de chacun des clusters.

Parmi les variables présélectionnées pour l'ACM, la colinéarité était forte entre la présence de litière en maternité et, d'une part, la présence de maternité en bâtiment (variables positivement corrélées) ou en plein-air (variables négativement corrélées) et, d'autre part, le lavage systématique des maternités entre chaque bande (variables positivement corrélées). Par ailleurs, la présence de courettes extérieures en verraterie-gestante présentait une colinéarité forte avec d'une part une verraterie-gestante en bâtiment fermé (variables négativement corrélées) et, d'autre part, le lavage systématique de la verraterie-gestante (variables positivement corrélées).

3.2.7.2.2. *T. suis*

3.2.7.2.2.1. *Définition des niveaux de parasitisme*

La CAH réalisée afin de regrouper les élevages en fonction de leur statut parasitaire vis-à-vis de *T. suis* a permis de mettre en évidence deux groupes d'élevages (Figure 40). Le 1er groupe de 68 élevages se caractérise par un niveau de parasitisme plus faible que le second groupe de 12 élevages, aussi bien sur les reproductrices (pourcentage moyen de truies infestées par *T. suis* de 1,8 % dans le cluster Ts_1 contre 15,0 % dans le cluster Ts_2), que sur les porcelets de 10-12 semaines d'âge ou sur les porcs d'au moins 22 semaines d'âge (pourcentages moyens d'animaux infestés par des *T. suis* respectivement de 2,4 et 0,1 % dans le cluster Ts_1 contre 26,7 et 12,5 % dans le cluster Ts_2) (Tableau 34).

Figure 40- Arbre hiérarchique sur le plan factoriel 1-2 représentant la classification ascendante hiérarchique réalisée sur les 80 élevages naisseurs-engraisseurs à partir des variables décrivant les niveaux de parasitisme vis-à-vis de *T. suis* sur les animaux.

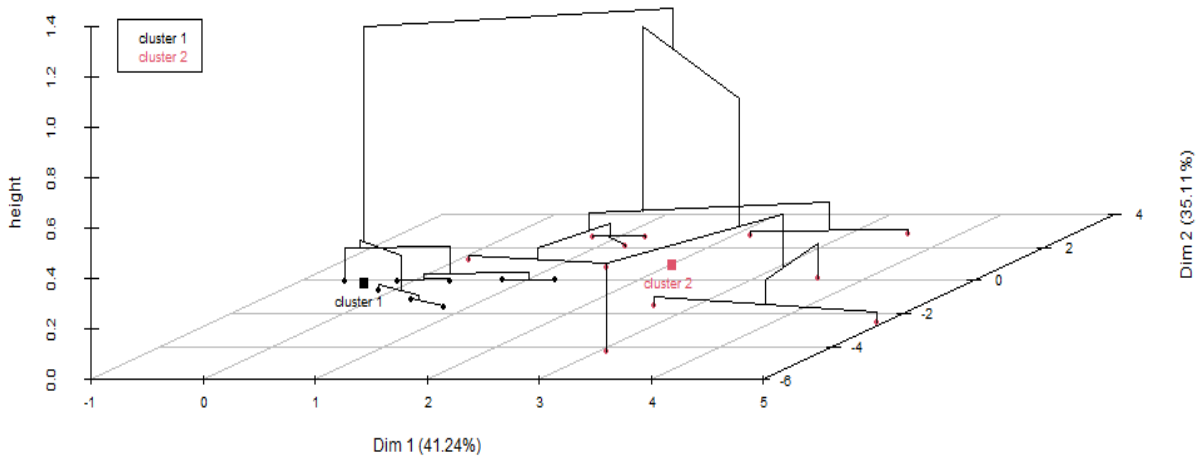


Tableau 34- Description des variables liées à *T. suis* qui ont caractérisé les deux clusters obtenus par classification ascendante hiérarchique (80 élevages).

	Cluster Ts_1		Cluster Ts_2		Ensemble des élevages	
Nombre d'élevages	68		12		80	
	Moy.	σ	Moy.	σ	Moy.	σ
Taux de positivité des truies	**1,8 %**	5,7 %	**15,0 %**	25,8 %	3,8 %	11,9 %
Taux de positivité des porcelets (10-12 semaines d'âge)	**2,4 %**	7,4 %	**26,7 %**	31,7 %	6,0 %	16,2 %
Taux de positivité des porcs (≥ 22 semaines d'âge)	**0,1 %**	1,2 %	**12,5 %**	9,7 %	2,0 %	5,8 %

En gras, les variables qui caractérisent les clusters ; Moy. = moyenne ; σ = écart type.

3.2.7.2.2.2. *Paramètres associés aux niveaux de parasitisme*

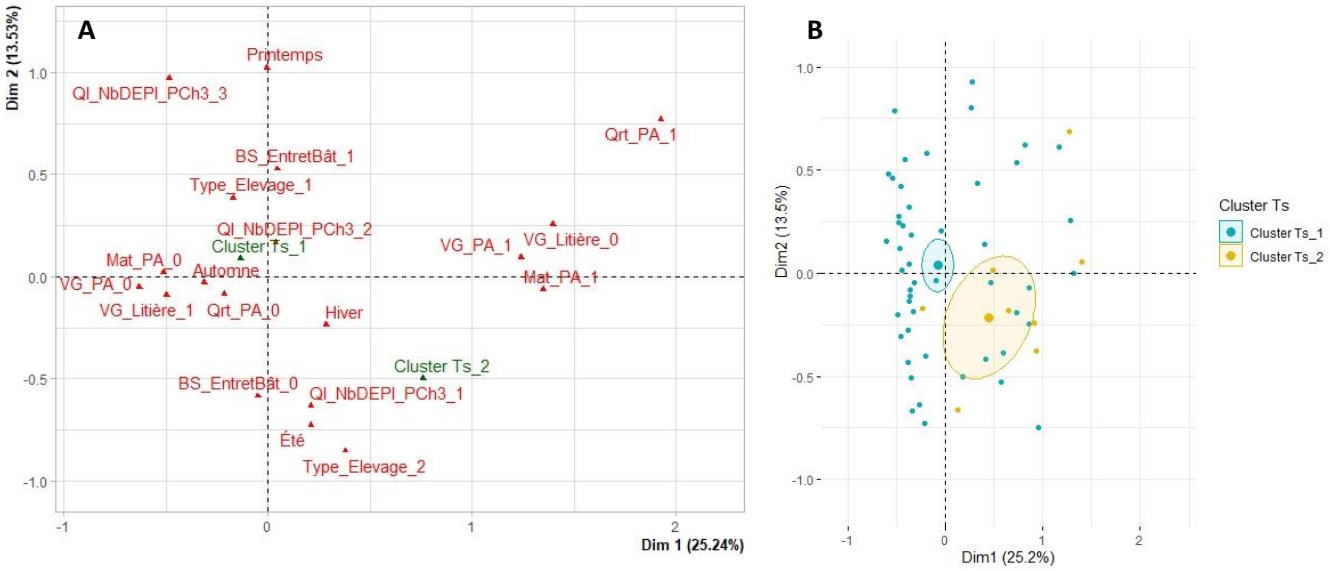
Le résultat de l'ACM liée aux pourcentages d'animaux infestés par des œufs de *T. suis* incluant les éléments descriptifs de l'élevage est présenté sur la Figure 41A, la répartition des élevages sur la Figure 41B. Les clusters se projettent principalement sur les dimensions 1 et 2 qui expliquent 38,8 % de la variabilité spatiale des données (respectivement 25,2 et 13,6 %).

Les variables qui ont le plus contribué à la construction de la dimension 1 sont la présence de maternités, d'une unité verraterie-gestante ou d'une quarantaine en plein-air (respectivement 24,8 %, 28,2 % et 14,8 %) ou d'un bloc verraterie-gestante sur litière (25,0 %). Ce sont principalement les variables liées au type d'élevage (22,2 %), à la qualité de l'entretien du bâtiment (20,7 %), au nombre de déparasitages internes réalisés sur les porcs sevrés en croissance (25,5 %) et à la saison à laquelle les prélèvements ont été réalisés (25,1 %) qui ont contribué à la construction de la dimension 2.

Les élevages présentant les proportions d'animaux avec des œufs de *T. suis* dans leur fèces les plus basses (Cluster Ts_1) sont associés à l'absence de conduite des reproducteurs en plein-air, que ce soit en maternité, en verraterie-gestante ou en quarantaine et à la présence de litière en verraterie-gestante (dimension 1), contrairement aux élevages du Cluster Ts_2 qui semblent associés à la présence de maternités ou d'un bloc verraterie-gestante en plein-air. Sur la dimension 2, les élevages du Cluster Ts_2 semblent plutôt être des élevages de type naisseur-engraisseur partiel, avec un

entretien médiocre des bâtiments et pratiquant peu, voire pas de traitement antiparasitaire interne sur les porcs sevrés en croissance, à l'inverse des élevages du Cluster Ts_1, qui pratiqueraient plus fréquemment des traitements vermifuges. Les élevages du Cluster Ts_2 ont été visités en été ou en hiver, ceux du Cluster Ts_1 plutôt en automne.

Figure 41- Représentations graphiques des résultats (A) et des élevages (B) de l'analyse des correspondances multiples entre les variables descriptives de l'élevage (incluant le logement, la conduite des animaux et la conduite sanitaire et antiparasitaire), la saison durant laquelle s'est déroulée la visite et la classification des élevages en fonction de leur niveau de parasitisme vis-à-vis de *T. suis* sur les animaux.



BS_EntretBât : Entretien du bâtiment correct (0-Non ; 1-Oui) ; MAT_PA : Maternité en plein-air (0-Non ; 1-Oui) ; Q_PA : Quarantaine en plein-air (0-Non ; 1-Oui) ; Ql_NbDEPI_PCh3 : Nombre de déparasitages internes par porc en croissance (1 si 0 ou 1 ; 2 si 2 ; 3 si au moins 3) ; Type_Elevage : Type d'élevage (1 : naisseur-engraisseur; 2 : naisseur-engraisseur partiel) ; VG_Litière : Verraterie-gestante sur litière (0-Non ; 1-Oui) ; VG_PA : Verraterie-gestante en plein-air (0-Non ; 1-Oui).

Ellipses de confiance autour des barycentres des élevages de chacun des clusters.

Parmi les variables présélectionnées pour l'ACM, la colinéarité était forte entre la présence de maternité en plein-air et la présence de maternité en bâtiment (variables négativement corrélées), de litière en maternité (variables négativement corrélées) et le lavage systématique des maternités entre chaque bande (variables négativement corrélées).

3.2.7.2.3. *A. suum*

3.2.7.2.3.1. *Définition des niveaux de parasitisme*

Suite à la CAH réalisée afin de regrouper les élevages en fonction de leur statut vis-à-vis d'*A. suum*, 2 groupes d'élevages ont été mis en évidence (Figure 42 et Tableau 35). Le 1er groupe de 73 élevages (Cluster As_1) se caractérise par des pourcentages moins importants d'animaux présentant des œufs d'*A. suum* dans leur fèces, que ce soit sur les truies, les porcs en début ou en fin de croissance (respectivement 0,5 %, 0,4 % et 1,1 % d'animaux positifs en moyenne dans ces élevages contre 15,7 %, 4,3 % et 67,1 % dans les élevages du second groupe de 7 élevages (Cluster As_2)). Le taux d'animaux séropositifs vis-à-vis d'*A. suum* en fin de croissance est aussi moins important dans le cluster As_1 (40,2 % contre 88,7 % pour le cluster As_2).

Figure 42- Arbre hiérarchique sur le plan factoriel 1-2 représentant la classification ascendante hiérarchique réalisée sur les 80 élevages naisseurs-engraisseurs à partir des variables décrivant les niveaux de parasitisme vis-à-vis d'*A. suum* sur les animaux.

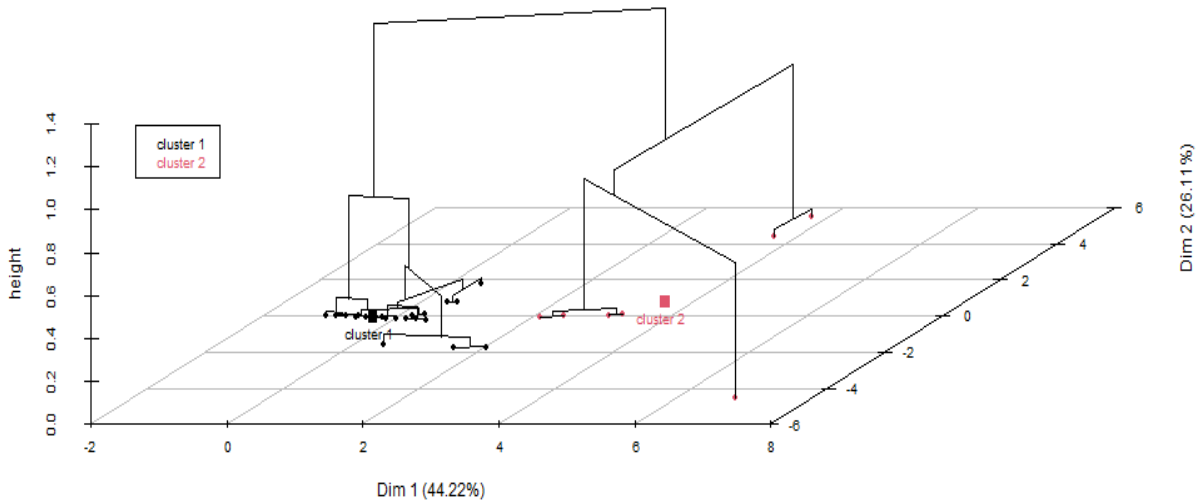


Tableau 35- Description des variables liées à *A. suum* qui ont caractérisé les deux clusters obtenus par classification ascendante hiérarchique (80 élevages).

	Cluster As_1		Cluster As_2		Ensemble des élevages	
Nombre d'élevages	73		7		80	
	Moy.	σ	Moy.	σ	Moy.	σ
Taux de positivité des truies (coprologie)	**0,5 %**	2,8 %	**15,7** %	27,0 %	1,9 %	9,0 %
Taux de positivité des porcelets (10-12 semaines d'âge) (coprologie)	**0,4 %**	2,0 %	**4,3** %	11,3 %	0,8 %	3,8 %
Taux de positivité des porcs (≥ 22 semaines d'âge) (coprologie)	**1,1 %**	4,6 %	**67,1** %	19,8 %	6,9 %	20,0 %
Taux de séropositivité des porcs (≥ 22 semaines d'âge)	**40,2 %**	30,4 %	**88,7** %	21,9 %	44,5 %	32,7 %

En gras, les variables qui caractérisent les clusters ; Moy. = moyenne ; σ = écart type.

Ce type de classification avec un cluster de faible effectif (7 élevages dans le cluster As_2) ne permet pas de réaliser une ACM. Si on cherche à classer les élevages uniquement sur les résultats de coprologie, la taille du cluster As_2 ne serait que de 3 élevages, inférieur au résultat obtenu en intégrant les résultats de sérologie. Il a finalement été réalisé une ACM en ne conservant que les résultats des sérologies réalisées sur les porcs en fin de croissance et en classant les élevages en fonction de leur statut sérologique, à savoir une classe de 62 élevages (Cluster Ser2_1) regroupant les élevages avec au moins deux porcs séropositifs vis-à-vis d'*A. suum*[10], l'autre classe (Cluster Ser2_0) regroupant les 18 autres élevages.

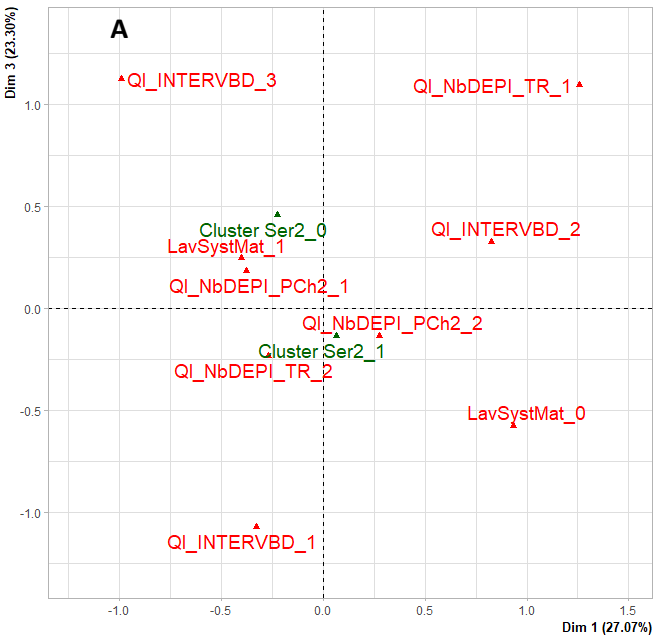
[10] Les seuils utilisés pour ce classement correspondent aux conclusions de l'analyse bayésienne décrite dans la partie 3.2.5 de ce manuscrit.

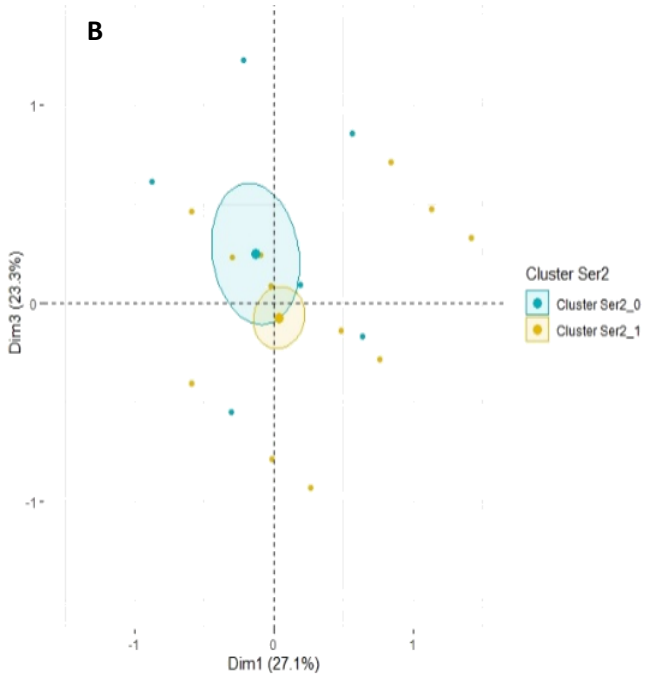
3.2.7.2.3.2. *Paramètres associés aux niveaux de parasitisme*

La Figure 43 présente les résultats de l'ACM liée au classement des élevages en fonction de leur statut sérologique vis-à-vis d'*A. suum*, incluant les éléments descriptifs de l'élevage ainsi que la répartition des élevages.

Les clusters se projettent principalement sur les dimensions 1 et 3 qui expliquent 50,4 % de la variabilité spatiale des données (respectivement 27,1 et 23,3 %). Les variables qui ont le plus contribué à la construction de la dimension 1 sont l'intervalle entre bandes (40,0 %) suivi du lavage systématique des maternités entre bandes (27,6 %), du nombre de déparasitages internes réalisés par an sur les truies (24,8 %) et durant la phase de croissance des porcs sevrés (7,7 %). Ce sont principalement l'intervalle entre bandes (63,9 %) et le nombre de déparasitages internes réalisés sur les truies (21,8 %) qui ont contribué à la construction de la dimension 3. Les élevages appartenant au groupe Cluster Ser2_0, c'est à dire ayant présenté strictement moins de 2 porcs séropositifs, semblent être associés au lavage systématique des maternité entre bandes (dimension 1) et semblent déparasiter les porcs sevrés en croissance au maximum une fois. Dans une moindre mesure, ces élevages semblent avoir de grands intervalles entre bandes. Les élevages appartenant au Cluster Ser2_1 semblent quant à eux déparasiter au moins 2 fois les porcs sevrés durant leur phase de croissance (dimension 1) et les truies par an (dimension 2).

Figure 43- Représentations graphiques des résultats (A) et des élevages (B) de l'analyse des correspondances multiples entre les variables descriptives de l'élevage (incluant le logement, la conduite des animaux et la conduite sanitaire et antiparasitaire), la saison durant laquelle s'est déroulée la visite et la classification des élevages en fonction de leur niveau de séropositivité vis-à-vis d'*A. suum*.





LavSystMat : Lavage systématique des maternités entre bandes (0-Non ; 1-Oui) ; QI_INTERVBD : Intervalle entre bandes (1 si < 5 semaines ; 2 si 5 ou 6 semaines ; 3 si au moins 7 semaines) ; QI_NbDEPI_PCh2 : Nombre de déparasitages par porc en croissance (1 si 0 ou 1 ; 2 si au moins 2) ; QI_NbDEPI_TR : Nombre de déparasitages internes par truie et par an (1 si 0 ou 1 ; 2 si au moins 2).

Ellipses de confiance autour des barycentres des élevages de chacun des clusters.

3.2.7.3. Relations entre le niveau de parasitisme lié aux coccidies et les paramètres descriptifs des élevages naisseurs-engraisseurs

3.2.7.3.1. Définition des niveaux de parasitisme

Suite à la CAH utilisée afin de regrouper les élevages en fonction de leur statut parasitaire vis-à-vis des coccidies, deux groupes d'élevages ont été mis en évidence (Figure 44 et Tableau 36). Le 1er groupe de 53 élevages (Cluster Co_1) se caractérise par des pourcentages moins élevés d'animaux présentant des oocystes de coccidies dans leur fèces, que ce soit sur les truies, les porcs en début ou en fin de croissance (respectivement 5,3 %, 7,5 % et 23,4 % d'animaux positifs en moyenne dans ces élevages contre 38,9 %, 74,1 % et 61,5 % dans les élevages du second groupe de 27 élevages (Cluster Co_2)).

Figure 44- Arbre hiérarchique sur le plan factoriel 1-2 représentant la classification ascendante hiérarchique réalisée sur les 80 élevages naisseurs-engraisseurs à partir des variables décrivant les niveaux de parasitisme vis-à-vis des coccidies sur les animaux.

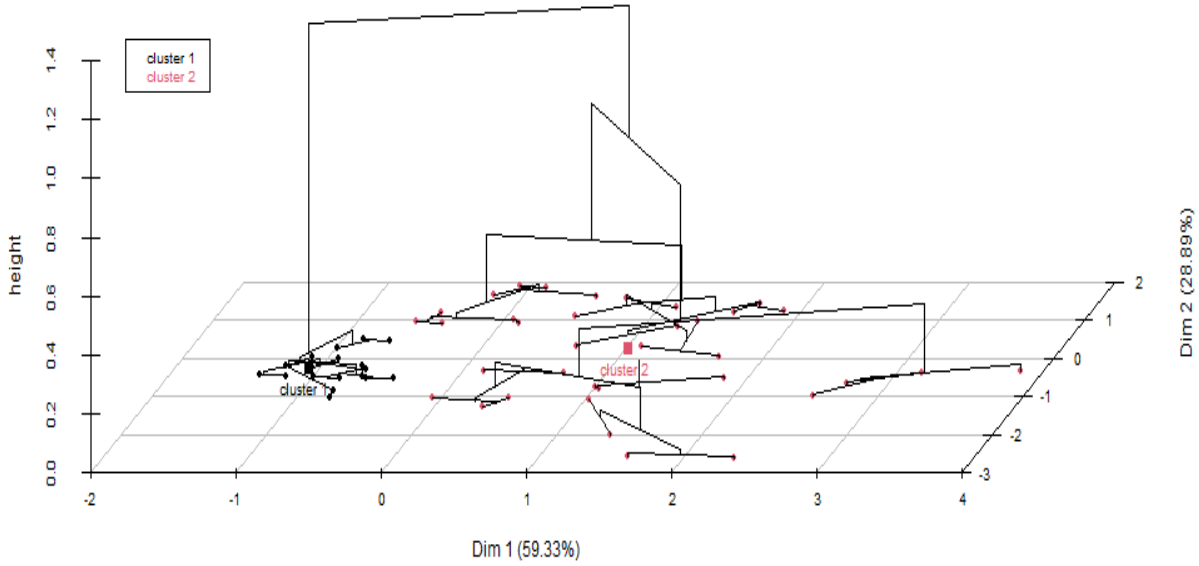


Tableau 36- Description des variables liées aux coccidies qui ont caractérisé les deux clusters obtenus par classification ascendante hiérarchique (80 élevages).

	Cluster Co_1		Cluster Co_2		Ensemble des élevages	
Nombre d'élevages	53		27		80	
	Moy.	σ	Moy.	σ	Moy.	σ
Taux de positivité des truies*	**5,3 %**	13,0 %	**38,9 %**	37,1 %	16,6 %	28,6 %
Taux de positivité des porcelets (10-12 semaines d'âge)	**7,5 %**	11,9 %	**74,1 %**	24,7 %	30,0 %	36,0 %
Taux de positivité des porcs (≥ 22 semaines d'âge)	**23,4 %**	29,2 %	**61,5 %**	33,9 %	36,3 %	35,6 %

En gras, les variables qui caractérisent les clusters ; Moy. = moyenne ; σ = écart type.

3.2.7.3.2. Paramètres associés aux niveaux de parasitisme

La Figure 45 présente les résultats de l'ACM liée aux pourcentages d'animaux infestés par des oocystes de coccidies incluant les éléments descriptifs de l'élevage ainsi que la répartition des élevages. Les clusters se projettent principalement sur la dimension 1 et dans une moindre mesure sur

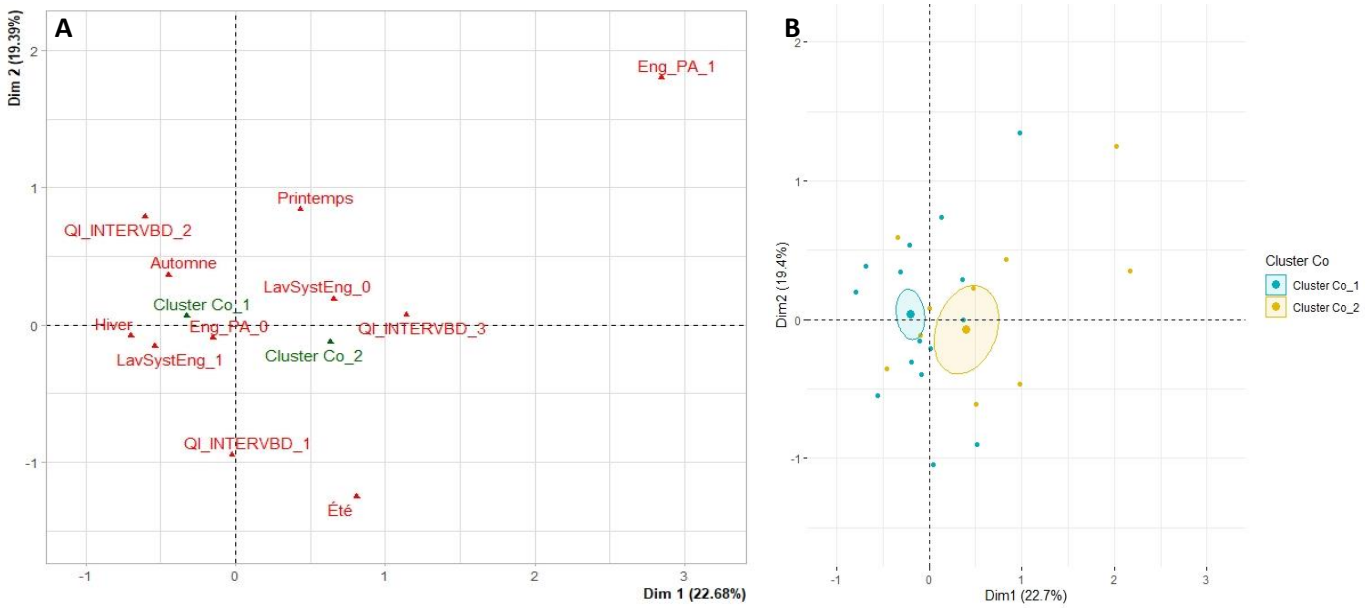
la dimension 2. Les deux premières dimensions expliquent 42,1 % de la variabilité spatiale des données (22,7 et 19,4 % respectivement).

L'engraissement en plein-air, le lavage systématique des engraissements entre les bandes d'animaux, la durée de l'intervalle entre bandes et la saison durant laquelle la visite s'est déroulée sont les variables qui contribuent principalement à la construction de la 1ère dimension (respectivement 26,9 %, 22,3 %, 28,0 % et 22,8 %). L'intervalle entre bandes et la saison contribuent également à la construction de la 2ème dimension (42,8 % et 42,5 %).

Sur la dimension 1, les élevages présentant le plus d'animaux avec des oocystes de coccidies dans leurs déjections (cluster Co_2) sont associés à un intervalle entre bandes d'au moins 7 semaines et à l'absence de lavage systématique des engraissements entre bandes, contrairement aux élevages du cluster Co_1 pour lesquels cette procédure d'hygiène semble systématique dans des engraissements non plein-air. Toujours sur la première dimension, les élevages du cluster Co_2 semblent associés à des visites estivales, ceux du cluster Co_1 à des visites automnales ou hivernales.

Parmi les variables présélectionnées pour l'ACM, la colinéarité était forte entre le lavage systématique des engraissements entre chaque bande et le lavage systématique des post-sevrages entre chaque bande (variables positivement corrélées). Par ailleurs, l'intervalle entre bandes présentait une colinéarité forte avec le nombre de truies par UTH (variables négativement corrélées).

Figure 45- Représentations graphiques des résultats (A) et des élevages (B) de l'analyse des correspondances multiples entre les variables descriptives de l'élevage (incluant le logement, la conduite des animaux et la conduite sanitaire et antiparasitaire), la saison durant laquelle s'est déroulée la visite et la classification des élevages en fonction de leur niveau de parasitisme vis-à-vis des coccidies sur les animaux.



ENG_PA : Engraissement en plein-air (0-Non ; 1-Oui) ; LavSystEng : Lavage systématique des engraissements entre bandes (0-Non ; 1-Oui) ; QI_INTERVBD : Intervalle entre bandes (1 si < 5 semaines ; 2 si 5 ou 6 semaines ; 3 si au moins 7 semaines)

Ellipse de confiance autour des barycentres des élevages de chacun des clusters

3.2.7.4. Relations entre le niveau de parasitisme lié à *T. gondii* et les paramètres descriptifs des élevages naisseurs-engraisseurs

3.2.7.4.1. Définition des niveaux de parasitisme

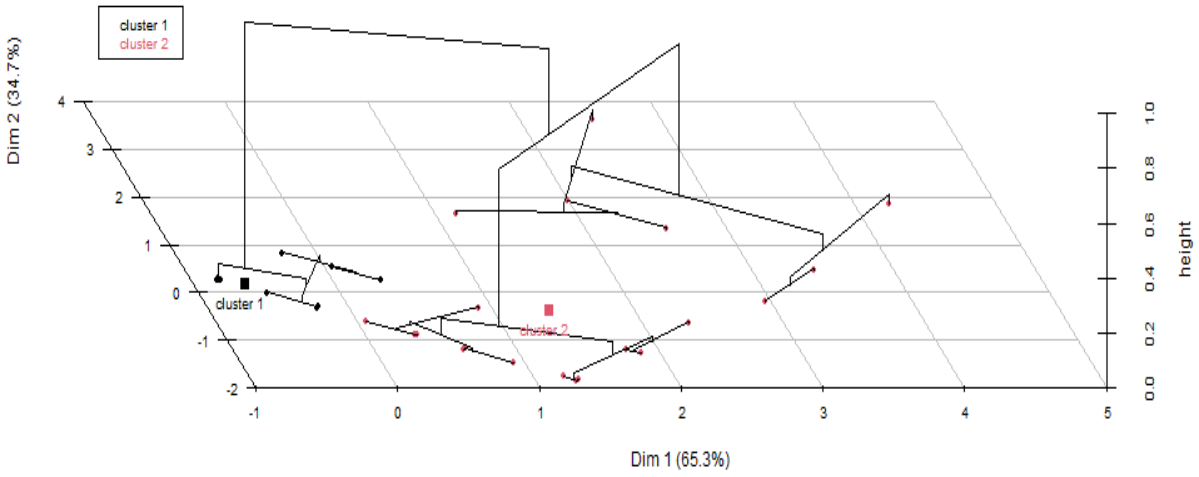
La CAH réalisée afin de regrouper les élevages en fonction de leur statut sérologique vis-à-vis de *T. gondii* a permis de mettre en évidence 2 groupes d'élevages (Figure 46 et Tableau 37). Le 1er groupe de 57 élevages (Cluster Tg_1) se caractérise par un niveau moyen de séroprévalence plus faible, à la fois sur les truies (1,1 % contre 21,1 % pour le cluster Tg_2 constitué de 23 élevages) et les porcs en fin de croissance (7,7 % contre 70,0 % pour le cluster 2).

Tableau 37- Description des variables liées à *T. gondii* qui ont caractérisé les deux clusters obtenus par classification ascendante hiérarchique (80 élevages).

	Cluster Tg_1		Cluster Tg_2		Ensemble des élevages	
Nombre d'élevages	57		23		80	
	Moy.	σ	Moy.	σ	Moy.	σ
Taux de positivité des truies	**1,1 %**	3,6 %	**21,1 %**	28,0 %	6,8 %	17,6 %
Taux de positivité des porcs (≥ 22 semaines d'âge)	**7,7 %**	12,5 %	**70,0 %**	28,3 %	25,6 %	33,7 %

En gras, les variables qui caractérisent les clusters ; Moy. = moyenne ; σ = écart type.

Figure 46- Arbre hiérarchique sur le plan factoriel 1-2 représentant la classification ascendante hiérarchique réalisée sur les 80 élevages naisseurs-engraisseurs à partir des variables décrivant les niveaux de séropositivité vis-à-vis de *T. gondii* sur les animaux.



3.2.7.4.2. Paramètres associés aux niveaux de parasitisme

Le résultat de l'ACM liée aux pourcentages d'animaux séropositifs vis-à-vis de *T. gondii* incluant les éléments descriptifs de l'élevage est présenté sur la Figure 47A, la répartition des élevages sur la Figure 47B. Les clusters se projettent principalement sur les dimensions 1 et 2 qui expliquent 35,1 % de la variabilité spatiale des données (respectivement 19,0 % et 16,1 %).

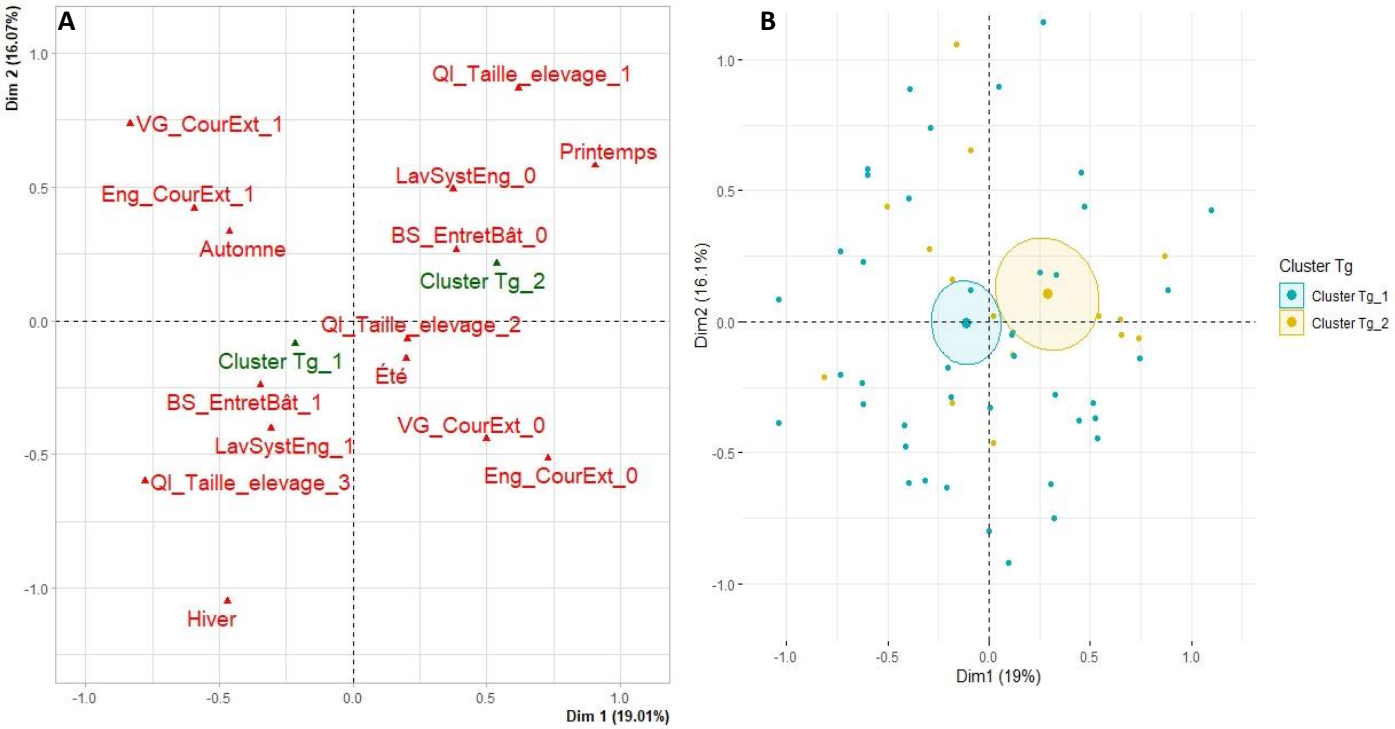
La dimension 1 est construite par ordre d'importance par la présence de courettes extérieures en engraissement (25,3 %) ou en verraterie-gestante (24,2 %), par la saison durant laquelle la visite s'est déroulée (18,1 %) et par la taille de l'élevage (17,7 %) et par l'entretien du bâtiment (7,8 %). La

dimension 2 est construite par la saison (24,8 %), par la taille de l'élevage (21,0 %), puis la présence de courettes extérieures en verraterie-gestante (22,6 %) et en engraissement (15,0 %) et par le lavage systématique des engraissements entre bandes (13,7 %).

Les élevages présentant le plus d'animaux séropositifs vis-à-vis de *T. gondii* (Cluster Tg_2) semblent associés à des visites printanières, dans des élevages de petite taille (moins de 50 truies) avec un mauvais entretien des bâtiments et à l'absence de lavage systématique des engraissements (dimension 2). La présence de courettes extérieures en verraterie-gestante ou en engraissement semblent soit associées au Cluster Tg_1 soit au Cluster Tg_2 selon que l'on regarde la première ou la deuxième dimension.

Parmi les variables présélectionnées pour l'ACM, la colinéarité était forte entre le lavage systématique des engraissements et le lavage systématique des post-sevrages entre chaque bande (variables positivement corrélées).

Figure 47- Représentation graphique des résultats (A) et des élevages (B) de l'analyse des correspondances multiples entre les variables descriptives de l'élevage (incluant le logement, la conduite des animaux et la conduite sanitaire et antiparasitaire), la saison durant laquelle s'est déroulée la visite et la classification des élevages en fonction de leur niveau de séropositivité vis-à-vis de *T. gondii*.



BS_EntretBât : Entretien du bâtiment correct (0-Non ; 1-Oui) ; ENG_CourEXT : Engraissement en bâtiment avec des courettes extérieures (0-Non ; 1-Oui) ; LavSystEng : Lavage systématique des engraissements entre bandes (0-Non ; 1-Oui) ; Ql_Taille_elevage : Taille de l'élevage (1 si au plus 50 truies ; 2 si entre 50 et 100 ; 3 si au moins 101 truies) ; VG_CourEXT : Verraterie-gestante en bâtiment avec des courettes extérieures (0-Non ; 1-Oui).

Ellipse de confiance autour des barycentres des élevages de chacun des clusters.

Le Tableau 38 reprend dans un format synthétique l'ensemble de ces associations observées dans les différentes ACM réalisées dans cette étude.

Tableau 38- Récapitulatif des associations entre les variables descriptives de l'élevage (incluant le logement, la conduite des animaux et la conduite sanitaire et antiparasitaire) et les clusters associés aux différents statuts parasitaires des élevages.

	Clusters											
	Statuts favorables vis-à-vis du parasitisme						Statuts dégradés vis-à-vis du parasitisme					
Description de la variable	**TP_1**	**Strg_1**	**Ts_1**	**Ser2_0**	**Co_1**	**Tg_1**	**TP_2**	**Strg_2**	**Ts_2**	**Ser2_1**	**Co_2**	**Tg_2**
Saison durant laquelle l'élevage a été visité			Automne		Hiver/automne		Été		Été/hiver		Été	Printemps
Type d'élevage									NEP			
Taille de l'élevage (nombre de truies)												≤ 50
Maternité en plein-air			Non						Oui			
Maternité sur litière							Oui	Oui				
Verraterie-gestante en plein-air			Non						Oui			
Verraterie-gestante en bâtiment avec des courettes extérieures								Oui				
Verraterie-gestante sur litière			Oui									
Engraissement en plein-air	Non				Non							
Quarantaine en plein-air			Non									
Quarantaine en bâtiment								Non				
Entretien du bâtiment correct									Non			Non
Intervalle entre bandes (semaines)				≥ 7			≥ 7				≥ 7	
Lavage systématique des maternités entre bandes				Oui								
Lavage systématique des post-sevrages entre bandes		Oui						Non				
Lavage systématique des engraissements entre bandes					Oui						Non	Non
Déparasitage interne en quarantaine								Oui				
Nombre de déparasitages internes par truie et par an										≥ 2		
Nombre de déparasitages internes par porc en croissance			≥ 2	≤ 1					≤ 1	≥ 2		
Intervalle entre les prélèvements de fèces réalisés sur les animaux en fin de croissance et le dernier vermifuge administré sur ces animaux (semaines)							≥ 6					

NEP : naisseur-engraisseur partiel

4. Discussion sur le parasitisme dans les élevages alternatifs

Le parasitisme interne constitue une préoccupation majeure dans les systèmes d'élevages alternatifs, y compris dans les élevages non biologiques (Rousing, 2011 ; Delsart *et al.*, 2020). Un des objectifs de notre étude était de décrire le parasitisme dans ces élevages et d'établir une typologie des élevages selon leur niveau d'infestation. D'autres études se sont déjà intéressées au parasitisme dans les élevages de porcs en élevages alternatifs (Carstensen *et al.*, 2002 ; Baumgartner *et al.*, 2003 ; Eijck et Borgsteede, 2005) mais, à notre connaissance, cette enquête est la première incluant autant d'élevages de porcs en systèmes alternatifs (biologiques et non biologiques) et utilisant à la fois des analyses coprologiques et des analyses sérologiques pour objectiver le statut parasitaire des élevages. Une autre originalité est l'inclusion de recherches sérologiques vis-à-vis de *T. gondii*, parasite dont les infections sont généralement subcliniques chez les porcs, mais dont l'impact zoonotique peut être important (Lindsay *et al.*, 2019). Par contre, nous n'avons pas fait de recherche pour d'autres parasites d'intérêt zoonotique, comme *Trichinella spiralis* par exemple. Au regard de la situation épidémiologique de la France vis-à-vis de ce parasite, la recherche ne semblait pas utile. En effet, conformément à la réglementation européenne, tous les porcs ayant un accès plein-air subissent une recherche de trichine à l'abattoir. Il n'y a pas eu de mise en évidence du parasite dans les carcasses de porcs depuis 2007 en France continentale (Vallée *et al.*, 2019). Un autre objectif de notre étude était d'étudier les performances de la sérologie et de la coprologie pour le diagnostic d'*A. suum.* De précédentes études avaient comparé le statut sérologique des animaux à leur statut coprologique vis-à-vis d'*A. suum* (Roepstorff, 1998 ; Vlaminck *et al.*, 2012), mais à notre connaissance, notre travail est le premier à estimer les performances de ces tests, *via* une approche comparée de leur sensibilité et de leur spécificité dans le cadre d'un diagnostic de troupeau, en l'absence de test de référence.

4.1. Discussion sur la méthodologie

Le nombre élevé des structures auxquelles appartiennent les élevages, ainsi que leur diversité, a permis d'assurer une variabilité dans les élevages sélectionnés. Toutefois, en l'absence de tirage au sort, il n'est pas possible de garantir que ces élevages soient représentatifs des élevages en systèmes alternatifs en France. Au total, 112 élevages ont été visités. Il existe peu de données numériques sur les élevages alternatifs en France. En 2020, on comptait en France 858 élevages sous signe officiel d'identification de la qualité « Label rouge » (IFIP, 2022). Concernant les élevages bio, il y avait en France en 2020, 932 élevages de porcs sous cahier des charges « Agriculture biologique », dont 633 avec des reproducteurs (Agence Bio, 2021b). Soixante-dix-sept ont été inclus dans notre étude (dont 59 avec des reproducteurs). L'effectif d'élevages Bio dans notre enquête représente ainsi entre 8 et 9 % des élevages en production biologique français. Ils sont surreprésentés par rapport aux élevages Label rouge, le ratio entre élevages Bio et élevages Label rouge étant de 4,5 dans notre enquête contre 1,1 au niveau national. L'objectif de notre étude n'était toutefois pas d'être représentative de la production française (il ne s'agit pas d'une enquête de prévalence), mais de couvrir la diversité des modes de productions alternatifs afin de dégager la ou les typologies favorables à la gestion de parasitisme. Cette diversité a été respectée en incluant en outre des élevages produisant sous d'autres cahiers des charges, comme l'AOP Porc noir de Bigorre ou l'IGP Jambon de Bayonne par exemple. Tous les principaux signes officiels d'identification de la qualité et de l'origine ont été inclus (Dourmad *et al.*, 2018). La diversité régionale est aussi respectée : la répartition géographique des élevages enquêtés (Figure 14) est très proche de celle des élevages plein-air (Figure 48) (Anses, 2021) et de la production de porcs biologiques en France (FNAB, 2018) (Figure 49). Il a par contre été fait de choix de ne pas inclure la Corse dans notre étude, le système d'élevage, principalement plein-air sur des parcelles

parfois non clôturées et de grande taille étant très particulier et nécessitant des travaux spécifiques (Anses, 2021).

Figure 48- Localisation des élevages plein-air commerciaux en France (Source DGAl, (Anses, 2021)).

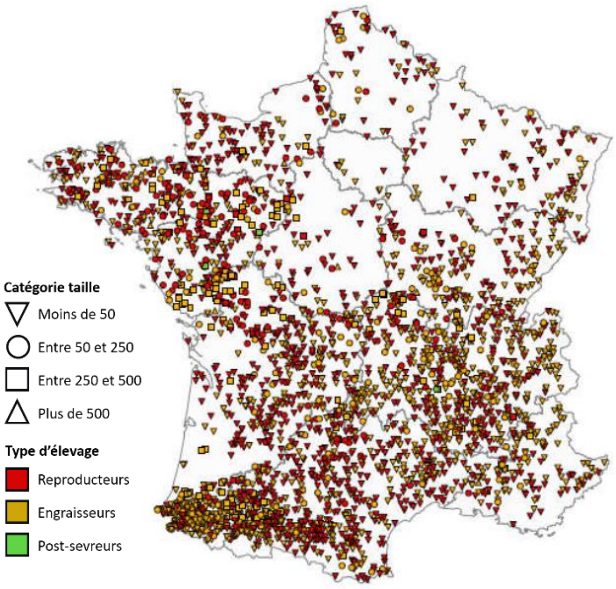
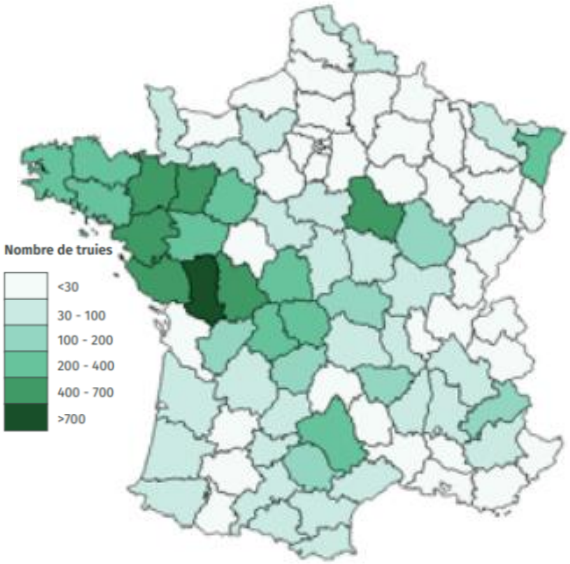
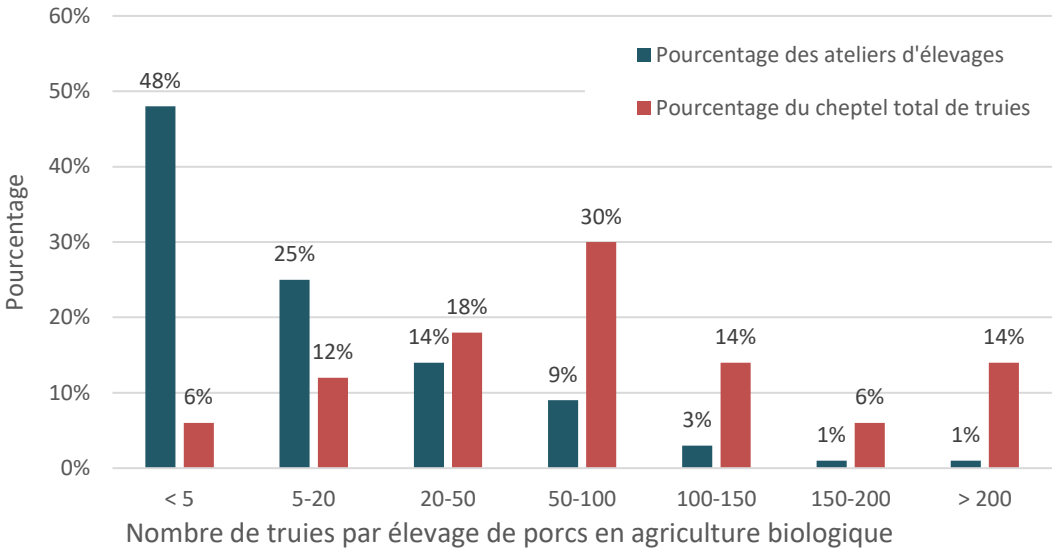


Figure 49- Répartition du cheptel de truies en production biologique sur le territoire français – 2017 (source : FNAB, 2018).



Initialement il était prévu de sélectionner et visiter 120 élevages. Il n'a pas été possible d'atteindre ce nombre, les critères d'inclusion ayant diminué de façon importante le nombre d'élevages disponibles. En effet, pour être inclus dans l'étude, l'élevage devait comporter au minimum 20 truies et/ou 100 porcs en croissance. Ce critère de sélection était contraint par le protocole qui imposait 10 prélèvements sur les reproducteurs et 20 sur les porcs en croissance. Vingt reproducteurs était donc un minimum pour pouvoir réaliser tous les prélèvements durant une unique visite, sans avoir à prélever des animaux en périodes critiques (autour de la mise-bas, début ou fin de gestation). Or en France, 73 % des élevages biologiques avec reproducteurs comptent moins de 20 truies reproductrices (Figure 50), pour seulement 18 % du cheptel de truies. Dans les élevages déclarant élever des porcs en plein-air en France, le nombre de truies plein-air, non allaitantes, est seulement de 17 en moyenne (Anses, 2021). D'autres éléments ont limité le nombre d'élevages inclus, comme le refus de certains éleveurs face aux contraintes de l'étude (incompatibilité des emplois du temps, durée de la visite, contention des animaux au lasso...), sans oublier les contraintes liées à la crise sanitaire de la COVID 19 ! L'objectif initial était de sélectionner 80 élevages naisseurs-engraisseurs, 20 élevages post-sevreurs-engraisseurs et 20 naisseurs afin d'obtenir 100 élevages avec des porcs sevrés en croissance et 100 élevages avec des reproducteurs. Avec les élevages recrutés, nous avons réussi à atteindre le premier objectif. À contrario, nous disposons de seulement 92 élevages avec des reproducteurs. Toutefois cet effectif est suffisant pour couvrir la diversité des élevages et réaliser des analyses multivariées de type ACP et ACM.

Figure 50- Répartition des élevages naisseurs et naisseurs-engraisseurs en fonction de la taille du cheptel de truies en 2016 (source : FNAB, 2018).



Les critères d'inclusion liés au nombre d'animaux nécessaires ont conduit à ne pas inclure des élevages à faibles effectifs, ce qui peut représenter un biais dans notre étude. C'est également par souci d'homogénéité que ces élevages n'ont pas été inclus, les petits élevages présentant une très grande variabilité dans leurs pratiques, constituant autant de cas particuliers. Une autre étude adaptée à ce type d'élevages serait sans doute nécessaire pour, éventuellement, y trouver des particularités.

Nos critères d'inclusion pour le logement comprenaient des élevages sur litière et/ou avec accès à l'extérieur (courette extérieure, parcours, plein-air). La répartition des modes de logement dans notre étude est conforme à ce qui est observé en production Biologique. En effet, en France, d'après les données fournies par la Fédération Nationale d'Agriculture Biologique des régions de France (FNAB, 2018), un peu plus de la moitié des truies ont un accès extérieur pour les stades mises bas et lactation (54 % des élevages dans notre échantillon d'élevage bio), les mise-bas sur litière (sans caillebotis) étant le système le plus répandu (82 % des élevages dans notre échantillon). Le post-sevrage est majoritairement réalisé en bâtiment sans caillebotis (41 % en bâtiment fermé et 50 % en bâtiment ouvert en France (FNAB, 2018), contre 48 % et 54 % des élevages dans notre échantillon). Une majorité des porcs charcutiers biologiques en France est engraissée en bâtiment, selon le modèle courettes extérieures (72 % des élevages dans notre échantillon). Seize des 17 élevages Label rouge ou Label rouge fermier disposaient de bâtiments sur litière pour les porcs en engraissement, le dix-septième proposant un parcours plein-air à ces animaux. C'est, là aussi, assez proche des descriptions d'élevages Label rouge disponibles en France (IFIP, 2022). Sans en avoir garanti la représentativité par une sélection aléatoire, notre échantillon semble globalement proche de la population des élevages alternatifs français de plus de 20 truies et/ou de plus de 100 porcs sevrés en croissance d'après les différents éléments disponibles.

La visite d'élevage se déroulait sur une unique journée, il s'agissait d'une étude transversale. Cette enquête s'étant déroulée sur 20 mois (de juin 2020 à février 2022), il est possible que la saison ait eu un impact sur les niveaux de parasitisme observés. En effet, des effets saisons ont été décrits concernant le parasitisme (Prunier, 2010a), notamment l'hiver, les conditions étant moins favorables au développement des œufs d'helminthes (Roepstorff et Nansen, 1998) ou des oocystes (Graat *et al.*, 1994) à cette saison. Cette donnée a été collectée et prise en compte dans l'analyse pour réduire le biais de classement inhérent au caractère transversal de l'étude. Il serait hasardeux de vouloir décrire

et comparer nos résultats en fonction des saisons, les élevages ne disposant pas tous des mêmes installations et n'offrant pas tous un accès plein-air aux animaux. Toutefois au regard des résultats des différentes ACM, il semblerait tout de même que la saison constitue un des paramètres discriminant les élevages selon leur profil de parasitisme.

Les visites ont été réalisées par 11 enquêteurs différents, tous préalablement formés lors de visites tests et aidés d'un vade mecum (Annexe 4). Ils intervenaient groupés, un même groupe de 4 à 5 personnes ayant réalisé une grande partie des visites d'élevages de l'enquête. Afin de limiter les erreurs et les écarts liés aux enquêteurs, seules quatre personnes ont réalisé l'ensemble des entretiens avec les éleveurs. Initialement il était prévu que les réponses du questionnaire « éleveur » soient saisies durant l'entretien. Malgré la conception d'un modèle de questionnaire sous MS Access (Microsoft software Studio), cela n'a jamais été le cas. Cela a pu induire des erreurs lors de la transcription. Toutefois, une analyse minutieuse des résultats a permis de vérifier les éventuelles incohérences et limiter ces erreurs. En outre, le fait de saisir les réponses durant l'entretien, sur place, aurait aussi pu être source d'erreurs de saisie. Avoir une version papier, avec parfois des commentaires ajoutés aux questions et aux réponses proposées, a permis de s'assurer de la qualité des données recueillies lors de la phase de vérification des données numériques enregistrées dans la base.

Dans chaque élevage, en fonction des animaux présents, des truies, des porcelets de 10 à 12 semaines d'âge et des porcs d'au moins 22 semaines d'âge étaient prélevés. L'âge minimum de 10 semaines a été défini afin d'être en capacité de déterminer le caractère post-infectieux et/ou post-vaccinal des réactions sérologiques, et limiter les risques de détection d'anticorps d'origine colostrale, comme cela aurait pu être le cas par exemple pour la grippe dont l'immunité passive peut persister jusqu'à 10 semaines d'âge (Rose *et al.*, 2013). À noter que ce critère de 10 semaines d'âge minimum n'a pas été respecté dans un élevage dans lequel des animaux de 9 semaines d'âge ont été prélevés. Dans cet élevage, ni les truies, ni les porcelets de 9 semaines n'étaient séropositifs vis-à-vis de la grippe, du SDRP ou des salmonelles. Il n'y a donc pas pu y avoir persistance de l'immunité passive et ainsi de potentiel biais de classement pour cet élevage concernant ces infections. On peut toutefois émettre des doutes quant aux résultats obtenus pour le virus de l'hépatite E. En effet, toutes les truies prélevées dans cet élevage étaient séropositives vis-à-vis du VHE ainsi que 30 % des porcelets de 9 semaines d'âge, alors que l'immunité passive peut persister jusqu'à 9 semaines chez des porcelets nés de truies fortement séropositives (de Deus *et al.*, 2008). Les résultats obtenus sur ces porcelets ont été retirés pour le calcul des proportions d'animaux séropositifs vis-à-vis de VHE présentés dans le Tableau 20. L'âge de 22 semaines minimum a, quant à lui, été choisi afin de prélever les animaux les plus vieux et les plus lourds en fin de période d'engraissement, tout en conservant un nombre suffisant d'animaux dans l'élevage. Prélever les animaux en croissance les plus vieux permettait d'évaluer, grâce aux analyses sérologiques, l'exposition des animaux durant leur vie à *T. gondii* et *A. suum*. De plus, l'écart d'âge minimum de 10-12 semaines entre les porcs en croissance prélevés pour l'analyse des fèces permettait de définir le statut des animaux, d'une part à la fin de leur phase de post-sevrage et, d'autre part, à la fin de leur phase d'engraissement, phases qui se font généralement dans des bâtiments différents avec des typologies différentes. Dans un élevage les animaux prélevés en fin de phase de post-sevrage avaient 13 semaines d'âge, soit une semaine de plus que l'âge maximum défini pour cette catégorie d'animaux. L'écart d'âge entre les porcs en croissance prélevés était tout de même de 12 semaines dans cet élevage, écart suffisant pour différencier les statuts des animaux selon leur phase d'élevage. Notons également que l'âge minimum de 22 semaines n'a pas été respecté dans un élevage, dans lequel les animaux les plus vieux n'avaient que 21 semaines d'âge. Au regard des paramètres recherchés, nous avons considéré que cet écart était raisonnable, d'autant que, dans notre échantillon d'élevages, l'intervalle entre l'âge minimum (21 semaines) et l'âge maximum (52 semaines)

des porcs prélevés en fin de période d'engraissement était important, avec une moyenne d'un peu plus de 25 semaines.

L'absence de tirage au sort des animaux prélevés dans tous les élevages a pu constituer un biais. Il était initialement prévu de réaliser une sélection aléatoire de animaux, mais les surfaces allouées aux animaux, notamment dans les élevages plein-air, a rendu cette pratique quasi irréalisable, surtout dans le temps imparti à chacune des visites. Même s'ils n'étaient pas tirés au sort de façon aléatoire, les animaux n'étaient pas choisis. Il s'agissait pour les prélèvements sanguins des premiers animaux attrapés au lasso. Cela a pu constituer un biais de sélection, les animaux craintifs étant moins disposés à être attrapés. Dans le cadre de notre étude où nous cherchons à définir le niveau de parasitisme dans les élevages, cela n'a probablement eu que peu d'impacts, l'exposition des animaux à *T. gondii* ou à *A. suum* n'étant à priori pas liée à leur caractère craintif. Pour les déjections, il s'agissait de prélèvement au hasard, sur des animaux venant de déféquer. Cet échantillonnage de convenance tel qu'il était réalisé ne garantit pas la représentativité de l'échantillon des animaux prélevés, mais limite toutefois les biais.

Dans chaque élevage, et selon les catégories d'animaux présents, 10 truies, 10 porcelets de 10 à 12 semaines d'âge et 10 porcs d'au moins 22 semaines d'âge étaient prélevés, ce qui permettait de détecter une infestation parasitaire avec une prévalence minimale de 26 % (α = 0,05) au sein de chacune des catégories d'animaux prélevés et pour chaque type de prélèvement, pour un test dont la sensibilité serait de 100 %. Pour les élevages naisseurs-engraisseurs (80 élevages), 30 échantillons fécaux étaient ainsi réalisés, permettant de détecter une infestation parasitaire avec une prévalence minimale de 10 % (α = 0,05). En ce qui concerne les analyses sérologiques, seuls 10 animaux étaient prélevés par élevage pour *A. suum*, et 20 maximum pour *T. gondii*. Pour les élevages naisseurs-engraisseurs la prévalence minimale pour détecter une infestation parasitaire par *T. gondii* au niveau de l'élevage était ainsi de 14 % (α = 0,05). Au regard des résultats obtenus, nos effectifs paraissent suffisants pour la détection des strongles et des coccidies (au moins pour les truies en ce qui concerne les strongles et les truies et les porcs en fin de croissance pour les coccidies) ainsi que pour la détection des anticorps dirigés contre *A. suum* (45 % d'animaux séropositifs en moyenne). Par contre, les taux moyens observés d'animaux infestés par élevage sont nettement inférieurs aux taux de prévalence limites, c'est à dire aux seuils de prévalence pour la détection pour *A. suum* et *T. suis*, mais aussi pour les porcs en fin d'engraissement séropositifs vis-à-vis de *T. gondii* ; ce qui a pu entrainer une sous-estimation du taux d'élevages infestés par ces parasites.

Ceci est d'autant plus vrai que les tests utilisés n'ont pas une sensibilité parfaite. C'est notamment le cas de la coprologie (Roepstorff et Nansen, 1998 ; Vlaminck *et al.*, 2012), dont la sensibilité est difficile à estimer car elle est dépendante à la fois du nombre d'œufs ou d'oocystes de parasites excrétés (sensibilité de 100 œufs par g de fèces (Pereckienė *et al.*, 2007)) et du type de parasite : la sensibilité diminue avec la durée de la période prépatente du parasite (Roepstorff et Nansen, 1998). Bien qu'il n'existe pas de valeur chiffrée pour la spécificité de la coprologie, des faux positifs peuvent cependant être observés (Boes, 1997). Ceci intervient lorsqu'un échantillon de fèces présente des œufs alors que l'animal n'est pas infesté, ce qui peut être le cas lors de coprophagie ou de géophagie (ingestion de terre infestée). La coprophagie ou la géophagie étant intra élevage, cela n'a pas eu d'impact dans notre étude sur la définition du statut d'infestation de l'élevage.

La méthode quantitative de Mac Master utilisée dans cette étude était simple, rapide et peu onéreuse. Les personnes en charge de cette analyse, à l'effectif réduit, ont toutes été formées au préalable et ont l'habitude de la pratiquer régulièrement, voire quotidiennement. Cela a permis de limiter les erreurs dans la préparation des prélèvements et dans l'identification et le comptage des œufs ou oocystes de parasites. L'ajout d'une étape de centrifugation des prélèvements avant ajout du

surnageant dans la cellule aurait, d'après Pereckienė *et al*. (2007), pu sensiblement améliorer la sensibilité de la technique, notamment pour la recherche d'œufs d'*A. suum*. Concernant la solution dense, il a été choisi une solution saturée en chlorure de sodium. Ce type de solution peut être insuffisante lorsque les œufs présentent une densité supérieure, comme c'est le cas notamment pour *Paragonimis ketticotti,* dont il n'existe pas à notre connaissance de description en Europe. Il semble aussi que les œufs de *Metastrongylus elangatus* ne flottent difficilement dans ce type de solution (Pieters et Maes, 2019). Il s'agit là aussi d'un parasite dont les descriptions sont rares en France. D'autres techniques plus sensibles auraient pu en outre être utilisées, notamment pour la recherche des coccidies. Il existe aujourd'hui une PCR visant à confirmer la présence de *C. suis* dans les fèces des porcelets (Joachim *et al.*, 2004 ; Anonyme, 2022). L'intérêt est toutefois limité dans notre étude, *C. suis* étant principalement mise en évidence sur des porcelets non sevrés (Martineau et Morvan, 2010). Nous n'avons pas fait le choix de prélever des animaux si jeunes, les prélèvements étant particulièrement délicats à réaliser lorsque les animaux sont en plein-air. Au bilan, la méthode quantitative de Mac Master était adaptée pour identifier de manière assez exhaustive et dénombrer avec un niveau de confiance élevé les œufs ou oocystes des parasites internes décrits en élevages alternatifs et présents dans nos prélèvements, hormis pour *A. suum* pour lequel nous avons complété nos recherches par des analyses sérologiques.

La détection des anticorps de *T. gondii* a été réalisée à l'aide du test d'agglutination modifié (MAT), considérée comme le test de référence chez les animaux (Djokic *et al.*, 2016b). D'après Dubey *et al.* (1995b) la sensibilité et la spécificité de ce test sont meilleures que celles du test ELISA, du test d'hémagglutination indirect ou du test d'agglutination au latex. D'autres études avancent toutefois une sensibilité meilleure pour le test ELISA que pour la MAT (Hill *et al.*, 2006 ; Sroka *et al.*, 2008). Pour la MAT, la sensibilité et la spécificité ont été estimées à respectivement 82,9 et 90,3 %. Avec ces éléments, le taux de prévalence limite calculé avec 20 prélèvements par élevage équivaut à un taux de prévalence limite réel de 6 % et 22 % avec 10 prélèvements. À noter que malgré cette correction, le taux moyen de porcs en fin de croissance séropositifs par élevage reste inférieur au taux de prévalence limite. Une sous-estimation du taux d'élevages présentant des porcs en croissance séropositifs vis-à-vis de *T. gondii* reste donc possible.

Comme pour *T. gondii*, il existe d'autres tests sérologiques pour la recherche d'anticorps dirigés contre *A. suum*. Nous avons fait l'étude avec le test ELISA SERASCA® qui permet de mettre en évidence les anticorps dirigés contre une protéine d'hémoglobine purifiée d'*A .suum*. Il existe d'autres tests fondés sur l'homogénat complet hydrosoluble des larves L3 isolées des poumons, le test ELISA As-L3-Lung par exemple dont la spécificité diagnostique est estimée à 99 % et la sensibilité au moins à 90 % pour des doses infestantes de 20 œufs par jour minimum (Vandekerckhove *et al.*, 2017). Rappelons que la spécificité et la sensibilité du test SERASCA® sont estimées à 100 et 99,5 % (Vlaminck *et al.*, 2012). Pourtant d'après Martínez-Pérez *et al.* (2017) le test L3-Lung ELISA est plus sensible que SERASCA®. Au-delà de la sensibilité du test, c'est surtout le délai entre l'exposition à *A. suum* et la séropositivité au test qui semble plus court, le test ELISA L3- Lung détectant l'exposition aux stades larvaires migrant. Ainsi une séroconversion a pu être mesurée avec le test ELISA As-L3-lung à partir de 4 semaines post-infestation (Vandekerckhove *et al.*, 2017), alors qu'elle n'a été démontrée qu'à partir de la sixième semaine avec SERASCA® (Vlaminck *et al.*, 2012). Dans le cadre de notre étude qui cherche avant tout à mesurer le niveau d'exposition des porcs durant leur croissance et non pas à établir la période de l'infestation, cette différence a une faible importance, sauf si l'infestation s'est produite entre 6 et 4 semaines avant les prélèvements sanguins réalisés, pour rappel, sur des porcs sevrés en croissance d'au moins 22 semaines d'âge. À noter qu'il existe aussi un autre test fondé sur l'hémoglobine du parasite (MONOSCREEN™ AbELISA *Ascaris suum*) qui présente des caractéristiques semblables à SERASCA® (Biox diagnostic, 2020).

Malgré le nombre important d'élevages inclus dans cette étude, les résultats ne sont analysés, dans cette thèse et dans un premier temps d'analyses de l'enquête, que de manière descriptive. Il s'agit ici toutefois d'une analyse descriptive approfondie faisant appel à des méthodes d'analyse des données multidimensionnelles. La force de ce type d'approche est de réduire la dimensionnalité d'un ensemble de données constitué d'un grand nombre de variables multi-corrélées, tout en conservant autant que possible la variation présente dans l'ensemble de données (Jolliffe, 2002). Ce sont des méthodes d'analyse exploratoire dont l'intérêt par rapport aux analyses mono-dimensionnelles est de prendre en compte l'information globale des variables. Une unique interprétation variable par variable peut amener à des conclusions erronées. Ainsi les méthodes d'analyse multidimensionnelles (analyse en composantes principales, analyse en correspondances multiples et classification ascendante hiérarchiques dans nos travaux) permettent de décrire les associations entre un grand nombre de variables explicatives interagissant entre-elles, d'extraire de l'ensemble des variables explicatives un sous ensemble restreint de variables les plus associées aux variables descriptives et de déterminer des typologies caractérisant les ressemblances entre les élevages (Ganiere *et al.*, 1991). Cette approche a été choisie au regard du caractère multifactoriel du parasitisme qui est influencé par de nombreux facteurs d'élevage et a permis de mettre en évidence des relations multiples entre les niveaux de parasitisme et des caractéristiques d'élevage, de conduite ou encore de saison. Mais ces outils ont tout de même des limites qui tiennent au fait qu'elles n'évaluent pas la force de l'association entre les facteurs explicatifs et la maladie étudiée (le niveau de parasitisme dans notre cas) (Dohoo *et al.*, 2003). En outre, ces méthodes sont sensibles aux effectifs faibles. Cela a été notamment le cas dans notre étude avec les clusters concernant le niveau de parasitisme vis-à-vis d'*A. suum*. Nous avons été contraints d'exclure les résultats de coprologie pour pouvoir avoir des effectifs suffisants au sein de nos clusters. Cela a aussi été le cas pour certaines variables descriptives de l'élevage. Citons par exemple la dératisation qui n'a pas pu être intégrée dans nos ACM, les effectifs d'élevages ne dératisant pas étant trop faibles. Signalons toutefois qu'avec des outils de modélisation type régression logistique, nous aurions aussi été confrontés à cette difficulté car ils nécessitent des échantillons de grande taille pour pouvoir prétendre à un niveau acceptable de stabilité. Ces outils sont par ailleurs très sensibles à la multi-colinéarité, ce qui n'est pas le cas des méthodes que nous avons utilisées. Malgré leurs limites, l'approche visuelle des méthodes d'analyse des données multidimensionnelles en font des outils faciles à interpréter afin d'évaluer les associations entre les éléments descriptifs des élevages et leurs niveaux de parasitisme.

Le matériel et les méthodes de l'estimation bayésienne de la sensibilité et de la spécificité des diagnostics coprologiques et sérologiques pour *Ascaris suum* est discuté dans le chapitre consacrée à ce travail (chapitre 4.3.1).

4.2. Discussion sur les résultats relatifs au parasitisme

Parmi les 112 élevages, seuls six ne présentaient aucun œuf d'helminthes ou oocyste de coccidies, ce qui confirme que le parasitisme interne représente un point critique dans les systèmes alternatifs, notamment les systèmes de production avec un accès plein-air (Rousing, 2011 ; Früh *et al.*, 2018). Baumgartner *et al.* (2003) avaient mis en évidence des œufs d'helminthes ou oocystes de coccidies dans plus de 75 % des élevages Biologiques autrichiens inclus dans leur étude. De plus, la diversité des parasites trouvés dans notre enquête est cohérente avec les études précédentes (Carstensen *et al.*, 2002 ; Baumgartner *et al.*, 2003 ; Eijck et Borgsteede, 2005), qui avaient principalement identifié des œufs de strongles, d'*A. suum*, de *T. suis* et de *Strongyloïdes* spp. ainsi que des oocystes de coccidies. Ce sont ces mêmes parasites qui sont mis en évidence par coprologie dans les élevages de notre étude, *Strongyloïdes* spp. ayant été isolé dans seulement deux élevages.

Des oocystes de coccidies ont été observés dans plus de 4 élevages sur 5 (83,9 %). Le taux d'animaux positifs par élevage augmente avec l'âge des animaux (respectivement de 40,4 ; 33,6 et 16,0 % de truies, de porcs en fin d'engraissement et de porcelets de 10-12 semaines d'âge présentant des oocystes de coccidies en moyenne par élevage). Cette observation est peut-être à rapprocher d'une exposition plus importante des animaux au parasite avec l'âge. La réduction du nombre d'oocystes par gramme de fèces observées sur les truies par rapport aux porcs en fin de croissance (Figure 20 et Tableau 24) pourrait peut-être s'expliquer par une immunité plus forte induite par des contacts plus fréquents et plus nombreux avec les coccidies.

La coccidiose peut être une cause importante de diarrhées chez les porcelets non sevrés de plus de 7 jours d'âge (Prunier, 2010b). Elle est alors en général due à *C. suis*. Sur des animaux plus âgés, ce sont principalement voire exclusivement des oocystes de coccidies du genre *Eimeria* qui sont mis en évidence dans de nombreuses enquêtes (Carstensen *et al.*, 2002 ; Eijck et Borgsteede, 2005 ; Prunier, 2010b). Dans notre étude, nous n'avons pas été jusqu'à la détermination du genre des coccidies observées. Pour cela il aurait fallu faire sporuler les oocystes ou avoir recours à d'autres techniques, comme des recherches par PCR par exemple (Ruttkowski *et al.*, 2001 ; Johnson *et al.*, 2008 ; Anonyme, 2022). Toutefois, au regard de la morphologie globale des oocystes observés et surtout de l'âge des animaux prélevés, il est fort probable que les oocystes mis en évidence dans notre étude soient des oocystes d'*Eimeria.* En effet, pour mettre en évidence des oocystes de *C. suis*, il aurait sans doute fallu prélever des animaux plus jeunes, non sevrés, mais ce type de prélèvement est particulièrement difficile à réaliser, notamment quand les animaux sont en plein-air. Le rôle réel des coccidies du genre *Eimeria* spp. reste à évaluer, mais plusieurs études suggèrent que certaines espèces d'*Eimeria*, comme *Eimeria debliecki* ou *Eimeria spinosa* pourraient être responsables de troubles digestifs voire de mortalités sur des porcs en croissance ou des reproducteurs (Lindsay *et al.*, 2002 ; Yaeger *et al.*, 2003). La coccidiose clinique peut apparaître sur des animaux en fin de croissance et sur des reproducteurs exposés à des installations contaminées (Lindsay *et al.*, 2019). Dans notre étude, les espèces de coccidies n'ont pas été définies mais au moins 2 espèces différentes coexistaient dans au moins un prélèvement, dans près d'un élevage sur deux. Dans la suite de l'analyse des données issues du programme PIGAL, il sera intéressant de regarder s'il existe un lien entre la santé digestive des animaux (présence de diarrhées, de retards de croissance…) et l'observation d'un nombre important d'oocystes d'*Eimeria* dans leur déjection.

Les œufs de strongles représentés par *Oesophagostomum.* spp */ H. rubidus* ont été mis en évidence dans une grande proportion d'élevages (54,5 %). La ressemblance des œufs d'*Oesophagostomum.* spp avec des œufs d'*H. rubidus* rend leur différenciation compliquée. La proportion d'élevages infestés ainsi que la proportion d'animaux infestés par élevage augmentaient avec l'âge des animaux, conformément à ce qui est observé dans de nombreuses études (Carstensen *et al.*, 2002 ; Baumgartner *et al.*, 2003 ; Eijck et Borgsteede, 2005 ; Prunier, 2010b). Cette augmentation de l'infestation avec l'âge est peut-être à rapprocher du faible développement de l'immunité protectrice pour ces parasites (Thamsborg *et al.*, 1999). À noter toutefois que la quantité moyenne d'œufs de strongles par prélèvement infesté est moins élevée sur les porcs en fin de croissance que sur les porcelets de 10-12 semaines d'âge, contrairement à ce qui a été décrit par Carstensen *et al.* (2002) ou encore Prunier *et al.* (2010b) dans le cadre d'une étude réalisée dans 20 élevages de porcs biologiques dans l'ouest de la France en 2007.

T. suis était le deuxième helminthe le plus fréquent au regard de la proportion d'élevages infestés. Au moins un prélèvement fécal a présenté au minimum un œuf de *T. suis* dans 32,1 % des élevages. Ces résultats sont proches de ceux de Eijck et Borgsteede (2005) qui avaient mis en évidence des œufs de *T. suis* dans 10 des 27 (37 %) élevages alternatifs néerlandais de leur étude, mais sont un peu inférieurs à ceux obtenus par Carstensen *et al*. (2002) qui ont isolé des œufs de *T. suis* dans 6 des

9 élevages danois en Agriculture Biologique de leur étude. Les prévalences étaient généralement faibles au sein des élevages. Dans l'étude de Prunier *et al*. (2010b) précédemment citée, le taux d'animaux infestés diminuait avec l'âge, en lien, d'après les auteurs, avec le développement d'une forte immunité protectrice contre les trichures (Thamsborg *et al.*, 1999). Nous n'observons pas cela dans notre étude, même si le taux de truies infestées était inférieur à celui des porcs en croissance. Mais le taux d'animaux infestés en fin de croissance était supérieur à celui des porcelets de 10-12 semaines, comme cela avait été montré par Carstensen *et al.* (2002). Dans l'étude de Eijck et Borgsteede (2005), la prévalence augmentait avec l'âge, les troupeaux de reproducteurs étant les plus fréquemment infestés. En élevage conventionnel, ce parasite n'est présent que de manière assez sporadique et sans préférence pour un groupe d'âge spécifique (Roepstorff et Nansen, 1994).

Des œufs d'*A. suum* ont été mis en évidence dans 16,1 % des élevages, ce qui est très nettement inférieur aux résultats d'autres études (Baumgartner *et al.*, 2003 ; Eijck et Borgsteede, 2005). Dans notre étude, ce sont les porcs en fin d'engraissement qui étaient principalement infestés, suivis par les truies, ce qui est conforme aux observations de Eijck et Borgsteede (2005). Comme pour *T. suis* la prévalence intra-élevage était extrêmement faible, inférieure en moyenne à 2 % sur les truies et les porcelets de 10-12 semaines d'âge, et tout juste supérieure à 5 % sur les porcs en fin de croissance. Ces données sont nettement inférieures aux résultats présentés dans l'étude de Prunier *et al.* (2010b), dans laquelle environ 40 % des porcs en fin de croissance présentaient des œufs d'*A. suum*, sans que nous ayons d'hypothèse pour tenter d'expliquer cette différence. Comme pour *T. suis*, ce sont les truies infestées qui présentaient en moyenne des quantités d'œufs d'*A. suum* par gramme de fèces les plus importantes. À noter toutefois que les plus grandes quantités moyennes d'œufs d'*A. suum* dans les prélèvements infestés par élevage et par catégorie d'animaux, toutes catégories confondues, ont été trouvées sur des porcs en fin de croissance dans 4 élevages. Quand ils sont infestés, les porcelets de 10-12 semaines d'âge présentent quant à eux en moyenne des quantités d'œufs d'*A. suum* faibles.

Pour compléter les résultats de la coprologie, des prélèvements sanguins ont été réalisés en fin d'engraissement, afin de rechercher des anticorps dirigés contre *A. suum*. Plus de 44 % des animaux prélevés ont présenté un résultat positif, 89 % des élevages au moins un prélèvement positif. Dans de nombreuses études, la moyenne des rDO est calculée afin de définir la pression d'infestation. Une moyenne supérieure à 0,5 caractériserait une pression d'infestation moyenne à élevée. Dans notre étude, 49 % des élevages présentaient un rDO moyen supérieur à 0,5. Ce sont à notre connaissance les premières données obtenues spécifiquement pour des élevages alternatifs de porcs. Toutefois elles sont dans une gamme de valeurs assez proche de celles disponibles et non spécifiques à ce type d'élevage (Vandekerckhove *et al.*, 2014 ; Martínez-Pérez *et al.*, 2017).

Les résultats de coprologie et de sérologie donnent donc des informations contradictoires. Certes il ne s'agit pas des mêmes recherches mais l'écart entre 16,1 % (pourcentage d'élevages ayant présenté au moins un œuf d'*A. suum* dans les fèces prélevés) et 89 % (pourcentage d'élevages ayant présenté au moins un porc séropositif en fin d'engraissement) est important et c'est pourquoi nous avons décidé d'y consacrer une partie de cette thèse dans laquelle nous reviendrons plus en détail sur les éléments explicatifs.

La proportion d'élevages avec un taux d'animaux séropositifs supérieur à zéro vis-à-vis de *T. gondii* (56,2 %) est supérieure dans notre enquête à celle décrite dans l'étude de Van der Giessen *et al*. (2007) où 27 % des élevages en plein-air ou en Agriculture Biologique avaient présenté au moins un prélèvement séropositif. Mais, dans cette étude, seuls les porcs en fin d'engraissement avaient été prélevés. En ne considérant que les résultats obtenus dans notre étude sur cette catégorie d'animaux, nous obtenons des données du même ordre de grandeur en termes de fréquence d'élevages positifs

(39 %). En termes de prévalence intra-élevage, nos résultats sont proches de ceux de Djokic *et al.* (2016b) obtenus dans des élevages conventionnels.

En ce qui concerne les relations entre les niveaux de parasitisme, dans un premier temps, nous avons étudié les relations entre parasites sur les reproducteurs d'une part, et sur les porcs sevrés en croissance d'autre part. C'est une approche originale dont l'objectif est de mettre en évidence d'éventuels liens entre parasites, dans un même élevage, au sein d'une classe d'animaux. Les autres études, à notre connaissance, ne font que décrire les niveaux d'infestation dans les élevages, entre classes d'âge, comme nous l'avons fait précédemment. Certaines études se sont intéressées aux liens entre certains parasites, comme *Oesophagostomum* spp et *T. suis* par exemple (Petersen *et al.*, 2014), mais aucune, à notre connaissance, aux éventuelles interactions entre tous les parasites. Ces relations ont été analysées dans un second temps simultanément pour les deux classes d'animaux, dans les élevages naisseurs-engraisseurs, pour mettre en évidence d'éventuelles relations entre le parasitisme observé sur les troupeaux de reproducteurs et celui de leurs issus. Là encore il n'existe, à notre connaissance, pas d'étude avec ce type d'approche en élevage de porcs.

Que ce soit au niveau des reproducteurs ou des porcs en croissance, il est difficile de trouver une logique commune dans les associations observées entre les variables liées aux taux de positivité vis-à-vis des coccidies, les séroprévalences vis-à-vis de *T. gondii* et les variables associées aux taux de positivité vis-à-vis des helminthes. Concernant les helminthes, il ne semble pas y avoir de relation pour les truies entre les variables décrivant les fréquences d'infestation, si ce n'est une corrélation négative entre les pourcentages de truies positives en coprologie pour *A. suum* d'une part, et pour les strongles, d'autre part. Petersen *et al.* (2014) ont décrit une interaction antagoniste entre *T. suis* et *O. dentatum* chez le porc, qu'on ne retrouve pas ici. Il semble même y avoir une relation positive entre les fréquences d'infestation par ces deux parasites sur les porcs sevrés en croissance, ainsi que par *A. suum* sur les porcelets de 10-12 semaines d'âge, laissant suggérer des facteurs prédisposant communs, voire des interactions entre parasites. Ces relations n'existent qu'au sein de chacune des deux catégories d'âge sur ces animaux, 10-12 semaines d'âge d'une part, au moins 22 semaines d'âge d'autre part, indépendamment l'une de l'autre. On aurait pu s'attendre à ce que les variables liées aux taux d'infestation par *T. suis* ou *A. suum* à 10-12 semaines d'âge soient négativement corrélées aux taux d'infestation par ces mêmes parasites sur les porcs d'au moins 22 semaines d'âge, au regard de la forte immunité induite par *A. suum* ou par *T. suis* (Thamsborg *et al.*, 1999 ; Roepstorff *et al.*, 2011). Ce n'est pas le cas ici, d'autres facteurs que l'immunité induite semblant intervenir, d'autant qu'on observe le même type de relation avec les variables relatives aux taux d'infestation par les strongles alors que ces parasites sont faiblement immunogènes. Concernant le lien entre les reproducteurs et leurs issus, on n'observe aucune relation entre les taux d'infestation par des helminthes sur les truies et sur les porcelets de 10-12 semaines d'âge, hormis pour les strongles, suggérant que la transmission mère-porcelets n'est pas un élément fondamental dans la dynamique d'infestation d'*A. suum* ou *T. suis*.

C'est un point très important car cela signifie que la gestion seule du parasitisme des truies dans les élevages alternatifs n'est pas suffisante pour la gestion du parasitisme des issus.

Un des enseignements originaux et intéressants de ce travail réside dans les relations observées entre plusieurs variables liées aux protozoaires (taux de séropositivité des animaux à *T. gondii* et taux de truies et de porcs en fin d'engraissement positifs aux coccidies). Cela suggère qu'il existe sans doute des facteurs favorisants communs, voire des interactions entre les coccidies et *T. gondii* dans les élevages.

Les quatre clusters obtenus suite à la CAH sur les élevages avec des reproducteurs montrent bien la difficulté *a priori* de définir des classes générales d'élevages en fonction du parasitisme. En ne

considérant uniquement que les 80 naisseurs-engraisseurs, nous avons tout de même réussi à obtenir une dichotomie intéressante, avec d'un côté un cluster d'élevages avec des faibles niveaux de parasitisme et d'autre part, un cluster d'élevages plus fortement parasité. Notons toutefois que les différences entre certaines variables de ces deux clusters d'élevages peuvent être faibles, comme par exemple le pourcentage moyen de truies infestées par des strongles (32,2 % dans le 1er cluster contre 45,2 % dans le second) ou le taux de truies séropositives vis-à-vis de *T. gondii* (22,2 % contre 35,0 %), avec des variabilités importantes au sein des clusters.

Au regard de ces résultats il semblait donc difficile de caractériser intégralement un élevage à partir de son parasitisme en général. C'est pourquoi nous avons essayé de caractériser les élevages pour chaque parasite indépendamment. Au préalable nous avions essayé de regrouper les helminthes, mais l'absence de corrélations entre de nombreuses variables liées aux helminthes n'apportait pas d'information complémentaire à l'étude sur l'ensemble des parasites. En mettant en place cette classification parasite par parasite, les différences entre les variables liées au niveau de parasitisme se sont accrues entre les clusters d'élevages. L'objectif était ensuite de voir si des variables descriptives de l'élevage pouvaient spécifiquement être corrélées à un niveau d'infection/infestation parasitaire.

Mais au sein même d'un parasite, les variables décrivant les fréquences d'infestation peuvent ne pas être corrélées. C'est ce que nous avons observé avec *A. suum* dont les variables liées au taux de positivité sur les truies et les porcelets de 10-12 semaines d'âge sont indépendantes, suggérant, comme nous l'avons écrit précédemment, que la transmission mère-porcelets n'est probablement pas un élément fondamental dans la dynamique d'infestation d'*A. suum*. Cela a eu des conséquences sur le classement des élevages et il n'a pas été possible des définir des clusters de tailles suffisantes pour pouvoir réaliser une ACM. C'est pourquoi nous avons choisi de nous concentrer sur les résultats de sérologie, choix appuyé par les résultats obtenus dans le cadre dans notre analyse bayésienne développée dans la partie 3.2.5. Nous avons ainsi classé les élevages en fonction de leur statut sérologique vis-à-vis d'*A. suum*, un élevage étant considéré comme positif lorsqu'il présentait au moins deux porcs séropositifs en fin de période de croissance. Cela correspondait aux conditions de définition de statut d'élevage privilégiées suite à notre étude sur l'estimation bayésienne de la sensibilité et de la spécificité des diagnostics coprologique et sérologique pour *A. suum*.

Après avoir étudié les associations entre les variables descriptives du parasitisme dans les élevages, nous avons analysé les relations entre les niveaux de parasitisme et les paramètres descriptifs des élevages. Les analyses multivariées ont été réalisées sur les 80 élevages naisseurs-engraisseurs afin de disposer de l'ensemble des données descriptives des élevages, incluant le logement, la conduite des animaux et la conduite sanitaire et antiparasitaire. L'analyse sur les naisseurs-engraisseurs présentait, en outre, l'avantage de coupler les résultats sur les reproducteurs et sur les porcs en croissance, ce qui n'aurait pas été le cas si nous avions fait l'étude sur l'ensemble des élevages. Nous avons ajouté, dans notre analyse, la saison à laquelle la visite et les prélèvements ont été effectués, pour en mesurer l'effet.

L'été semble être une saison favorable à des niveaux de parasitisme globalement plus élevés. D'une façon générale les œufs ou les oocystes de parasites ont besoin de conditions favorables, en particulier de température, pour se développer. Dans notre étude, l'association entre la période estivale et les niveaux de parasitisme a été observée, notamment pour les coccidies. Les conditions sont plus favorables en été à la sporulation des oocystes des *Eimeria* (Graat *et al.*, 1994). Les oocystes sont plus sensibles à la destruction lorsqu'ils sont à l'état non sporulés et pendant la sporulation (Lindsay *et al.*, 2019), ce qui pourrait expliquer cette association. Un effet saison concernant les coccidies avait déjà été observé dans l'étude de Prunier *et al.* (2010), avec une plus grande intensité des infections en automne. Cela semble en contradiction avec nos observations, l'automne et l'hiver

étant associés à des niveaux d'infection plus faibles aux coccidies. À noter que, dans l'étude de Prunier *et al.* (2010), les prélèvements de fèces n'avaient été réalisés qu'au printemps et en automne, pas en été.

Alors que Carstensen *et al.* (2002) avaient mis en évidence dans une étude réalisée dans 98 élevages Bio au Danemark un effet significatif de la saison sur les niveaux d'infestation par *Oesophagostomum* spp., avec une prévalence plus élevée en août, ou encore des taux d'infestation par des œufs *A. suum* statistiquement plus élevés en automne, nous n'avons pas observé ce type d'associations pour ces parasites dans notre étude. *A contrario*, aucun effet saisonnier n'avait été mis en évidence dans l'étude danoise pour *T. suis*, alors qu'une nouvelle fois l'été semble être une saison favorable à ce parasite dans notre étude, au même titre que l'hiver. Cette dernière observation est très étonnante, alors que les œufs embryonnent principalement l'été (Larsen et Roepstorff, 1999). Notons toutefois que la variable « hiver » est fortement corrélée à l'absence de déparasitage des porcs en phase de croissance dans notre échantillon (38 % des élevages visités en hiver ne déparasitent pas leurs porcs durant la phase de croissance, contre 5 % pour les autres, et notamment aucun pour les élevages visités en été). Or un faible nombre de déparasitages en engraissement semble associé à des niveaux d'infestation plus important par *T. suis*. Il y a sans doute ici une part de l'explication dans l'association hiver / niveau important de parasitisme vis-à-vis de *T. suis*.

Swanenburg *et al.* (2019) ont mis en évidence des taux de séropositivité vis-à-vis de *T. gondii* plus élevés en hiver, lors d'une enquête de séroprévalence réalisée à l'abattoir sur 226 340 porcs danois. Une autre étude de séroprévalence, allemande, a mis en évidence des taux de séropositivité plus élevés en automne et en hiver (Schulzig et Fehlhaber, 2005). Ce n'est pas ce que nous observons ici, avec une association entre des niveaux de séropositivité plus élevés le printemps. Mais, dans ces deux enquêtes, seuls des porcs en fin de croissance avaient été prélevés. Dans notre étude, il s'agit à la fois de porcs en fin de croissance et de reproducteurs. Alors que les délais de séroconversion sont d'environ 4 semaines pour la MAT, les anticorps persistent durant au moins 1 an (Dubey *et al.*, 1997). Il est donc difficile de dater même approximativement l'infection d'une truie. Il faut donc être prudent dans l'analyse de l'association entre la saison et les niveaux de séroprévalence vis-à-vis de *T. gondii*. Il faut sans doute aller chercher l'explication au niveau des colinéarités entre variables. En effet la variable printemps est corrélée de façon importante avec la taille des élevages. Mais c'est plutôt au printemps que les élevages de moins de 50 truies ont été visités, sans qu'il n'y ait de raison à ce fait.

Les variables décrivant des caractéristiques générales des élevages que sont la taille de l'élevage ou encore l'intervalle entre les bandes participent à la caractérisation des élevages étudiés au regard de leur niveau de parasitisme vis-à-vis de *T. gondii* mais aussi des coccidies ou d'*A. suum*. L'intervalle entre les bandes et la taille de l'élevage sont corrélés : un intervalle long entre les bandes est généralement pratiqué dans les élevages ayant un faible effectif de porcs dans notre étude, avec, en outre, un faible nombre de truies par porcher. La taille de l'élevage détermine de nombreux facteurs liés à la conduite, aux pratiques et mesures de biosécurité ainsi que des flux d'animaux et de personnes non pris en compte ici. Elle doit être considérée, dans ce travail, comme un descripteur plus général d'un ensemble d'autres paramètres non mesurés qui contribuent plus spécifiquement à l'entretien du cycle de contamination entre les animaux. À titre d'exemple, dans notre échantillon, seuls les élevages ayant un faible effectif de porcs ne pratiquaient pas de dératisation. Or les élevages de moins de 50 truies présentent les niveaux de séropositivité les plus élevés vis-à-vis de *T. gondii*. Les rongeurs sont des hôtes intermédiaires importants et persistants de *T. gondii* (Webster, 1994) et leur ingestion par des porcs pourrait représenter une source de contamination des animaux. De surcroît, leur présence attire les chats qui peuvent contaminer l'environnement avec des oocystes. À l'inverse, un intervalle important entre bandes semble associé à un faible taux de séropositivité vis-à-vis d'*A. suum*. Il est

difficile de trouver une explication à cette association et, là encore, il faut considérer cette variable comme un indicateur global de pratiques d'élevage.

Parmi les 80 élevages naisseurs-engraisseurs de l'étude, 25 n'élevaient pas l'intégralité de leurs animaux après le sevrage (naisseurs-engraisseurs partiels). Ces élevages semblent présenter un niveau de parasitisme plus élevé vis-à-vis *T. suis*. Ce résultat est sans doute à rapprocher de l'association observée entre le nombre de traitements anthelminthiques distribués après le sevrage et le niveau de parasitisme plus élevé vis-à-vis de *T. suis*. En effet, ces élevages qui cèdent des animaux durant leur croissance avaient tendance à moins vermifuger les porcs après sevrage (1,5 traitements anthelminthiques par animal pour les naisseurs-engraisseurs partiels contre 1,9 traitements pour les autres élevages naisseurs-engraisseurs). Les médicaments anthelminthiques actuellement utilisés n'ont pas d'effet rémanent (Vandekerckhove, 2018). Ainsi, même après un traitement, des ré-infestations sont possibles par l'absorption de nouveaux œufs présents dans l'élevage. Distribuer au moins deux traitements anthelmintiques du sevrage jusqu'à l'abattage du porc semble donc nécessaire pour limiter le taux d'animaux positifs à *T. suis* dans l'élevage. Mais cela ne semble pas être le cas pour *A. suum.* Administrer au moins deux traitements anthelmintiques aux porcs durant leur phase de croissance et/ou aux reproducteurs durant l'année est associé aux élevages présentant des statuts sérologiques défavorables vis-à-vis d'*A. suum*. C'est d'autant plus étonnant que nous avions montré dans une étude portant sur les 52 premiers de ces 80 élevages, une association positive entre le nombre de traitements et les niveaux d'infestation par des helminthes (Delsart *et al.*, 2022). Mais dans cette étude nous n'avions pas étudié *A. suum* séparément. En outre, il ne participait pas à la caractérisation des clusters des élevages « faiblement » ou « fortement » parasités par des helminthes. C'est d'ailleurs une des raisons qui nous a engagés ici à aller plus loin et à pousser l'analyse pour chaque parasite séparément. L'association entre niveau d'infestation et nombre de traitements peut être interprétée de deux façons : l'élevage met en place un protocole anthelminthique suite à un diagnostic et une prescription vétérinaire, incluant plusieurs traitements tenant compte des caractéristiques du parasite, notamment de la période prépatente, et des risques de recontamination. Il semble donc logique qu'il y ait un lien. Mais on peut aussi interpréter cette association comme un manque d'efficacité des protocoles en place. Jolie *et al.* (1998) avaient déjà observé que les protocoles anthelminthiques n'étaient pas efficaces chez les porcs présentant une forte infestation parasitaire due à une exposition continue à *A. suum*. Les anthelminthiques seuls peuvent ne pas contrôler l'infestation parasitaire en raison de leur effet transitoire. De plus, la plupart ne sont actifs que contre les formes larvaires avancées et les vers adultes (Dagorn, 2003). Une mauvaise application des protocoles de déparasitage, même si le parasite est sensible à la molécule utilisée, peut être à l'origine d'échecs thérapeutiques et l'utilisation répandue, voire un usage inadapté de certains anthelminthiques favorisent le développement de résistances aux médicaments qui doivent également être prises en compte.

Des paramètres descripteurs de l'hygiène en maternité, en post-sevrage et/ou en engraissement participent à définir la typologie des élevages selon leur niveau de parasitisme vis-à-vis de l'ensemble des parasites étudiés ici. La décontamination des bâtiments entre chaque lot d'animaux participe ainsi à limiter les niveaux d'infestation, quels que soient les parasites. D'une manière générale la décontamination de l'environnement est très importante pour la maitrise du parasitisme en élevage, en limitant la pression parasitaire. Il a déjà été montré par Veronesi *et al.* (2011) que laver et désinfecter les cases entre bandes permettait de limiter la séroprévalence vis-à-vis de *T. gondii*. Le lavage permet par ailleurs d'éliminer de la nourriture résiduelle ou de l'eau potentiellement contaminée par des oocystes. Dans le même esprit, Kochanowski *et al.* (2017) ont montré que l'absence de conduite en tout-plein / tout-vide était associée à une probabilité plus élevée d'apparition de *Strongyloïdes* spp, *A. suum*, *T. suis*, *Oesophagostomum* spp et de coccidies dans les 70 élevages

polonais enquêtés. Avec une conduite en flux continu, les salles ou parcs ne peuvent pas être systématiquement lavés et décontaminés entre les lots, ce qui participe à augmenter la pression parasitaire. Nous n'avons pas observé ce type d'association dans notre étude, la conduite en tout-plein / tout-vide étant aussi pratiquée dans les parcs plein-air. Or la conduite des animaux en plein-air constitue aussi un paramètre important dans les niveaux de parasitisme observés. Un niveau de parasitisme général dégradé est associé à la présence d'engraissements en plein-air. La présence d'une verraterie-gestante, de maternité ou d'engraissement en plein-air est associée à un niveau de parasitisme plus élevé vis-à-vis de *T. suis*. La décontamination des sols et la rupture du cycle parasitaire sont compliquées en plein-air (Carstensen *et al.*, 2002 ; Lindgren *et al.*, 2020). Les parcs ne peuvent pas être systématiquement lavés et décontaminés entre les lots ce qui participe à augmenter la pression parasitaire. La persistance des œufs d'helminthes dans l'environnement facilite l'infestation d'animaux de lots qui se succèdent dans les parcelles. Lindgren *et al.* (2020) ont mis en évidence des œufs de *T. suis* dans 57 % des 28 prélèvements de sol effectués dans des élevages Biologiques en Suède. Il a été démontré que les œufs de *T. suis* restaient vivants et infectieux dans le sol pendant au moins 6 ans (Hill, 1957). Les œufs de *T. suis* sont beaucoup plus résistants aux facteurs environnementaux que les larves L3 d'*Oesophagostomum* spp ou de *H. rubidus* vivant dans le milieu extérieur. C'est peut-être en partie pourquoi les variables associées à l'élevage en plein-air ne sont pas associées aux niveaux de parasitisme vis-à-vis des strongles, hormis la présence d'une quarantaine en plein-air dans les élevages à statut défavorable. Mais cela n'explique pas l'absence d'association entre l'élevage en plein-air et les niveaux de séropositivité vis-à-vis d'*A. suum*, alors que les œufs de ce parasite peuvent rester viables jusqu'à 10 ans dans l'environnement (Roepstorff et Nansen, 1994). C'est d'autant plus étonnant que la plupart des études mettent en évidence plus d'œufs d'*A. suum* ou de lésions hépatiques liées à la migration larvaire du parasite dans les élevages plein-air (Jolie *et al.*, 1998 ; Eijck et Borgsteede, 2005 ; Bonde, 2006 ; Alban *et al.*, 2015 ; Kongsted et Sørensen, 2017). Dans notre étude, nous avons caractérisé les niveaux de parasitisme vis-à-vis d'*A. suum* grâce aux niveaux de séropositivité des animaux. Or le statut sérologique des animaux est un marqueur d'une exposition passée. Un animal séropositif en fin de croissance a pu être exposé en maternité, en post-sevrage ou en engraissement. Une coprologie positive à un âge donné date une infestation, au même titre que des lésions hépatiques signant une migration larvaire de moins de 2 mois. C'est peut-être cette différence qui ne nous permet pas ici de mettre en évidence un secteur particulier d'élevage en plein-air comme variable associée au niveau de séropositivité vis-à-vis d'*A. suum*. La sérologie n'était en conséquence sans doute pas le meilleur marqueur. Mais comme nous l'avons déjà écrit précédemment, utiliser la coprologie n'aurait pas non plus été une solution, le nombre d'élevages présentant des coprologies positives vis-à-vis d'*A. suum* étant trop peu important pour pouvoir en dégager des paramètres d'élevage associés.

En ce qui concerne les modalités de logement des animaux en maternité, la présence de litière plutôt qu'un sol sur caillebotis intégral caractérise les élevages ayant des niveaux de parasitisme plus élevés en général, et plus particulièrement une fréquence plus élevée de fèces infestées par des strongles. Par rapport à la litière, un sol sur caillebotis permet d'évacuer plus rapidement les fèces et ainsi de réduire la durée d'exposition des porcs au parasite en limitant le temps de contact avec des excréments potentiellement infestés. L'effet du type de sol sur le cycle de contamination d'autres pathogènes a déjà été décrit (Andres et Davies, 2015). Le type de caillebotis est probablement aussi important. Il est généralement admis que les sols en béton ont tendance à être poreux et donc difficiles à nettoyer. Dans notre étude, 15 fermes avaient des maternités avec des sols exclusivement sur caillebotis. Les matériaux des caillebotis variaient peu d'une ferme à l'autre, et souvent des combinaisons de matériaux étaient utilisées dans le même enclos. Du caillebotis plastique était présent dans 13 élevages, combiné à du caillebotis en fonte dans 11 élevages, à du caillebotis « fil », en acier inoxydable dans quatre élevages et à du caillebotis en béton dans deux élevages. Deux élevages

présentaient des maternités entièrement sur caillebotis béton. Le manque de diversité ne nous a pas permis d'identifier des différences entre les types de caillebotis dans notre étude.

Il peut paraitre paradoxal au regard de ce que nous venons d'écrire que la présence de litière en verraterie-gestante soit associée dans notre étude à un statut favorable vis-à-vis de *T. suis*. Contrairement aux maternités, toutes les verraterie-gestantes visitées en bâtiment étaient sur litière, aucune sur caillebotis. Cette variable est donc très liée à la présence d'une verraterie-gestante en bâtiment et à l'absence de courettes extérieures ou de parcours plein-air. La présence de courettes extérieures en verraterie-gestante est également associée à un statut défavorable vis-à-vis des strongles. Ces infrastructures sont souvent difficiles à nettoyer, surtout lorsque le sol est non bétonné, limitant ainsi les capacités de décontamination.

L'accès à un parcours extérieur peut favoriser le contact avec des vecteurs, voire avec des hôtes, intermédiaires ou définitifs, de certains parasites. On pense bien entendu aux rongeurs ou aux chats dans le cadre de *T. gondii*. Contrairement à notre précédente étude sur les 52 premiers des 80 élevages inclus ici (Delsart *et al.*, 2022), les variables concernant la mise à disposition d'un accès extérieur aux animaux ne sont pas associées au statut défavorable vis-à-vis de *T. gondii*. La différence peut s'expliquer en partie par la définition des clusters (deux clusters ici contre trois dans l'étude publiée, dont un avec seulement trois élevages, ce qui a pu orienter nos conclusions sur des particularités portées par peu d'élevages). On observe toutefois que les élevages avec un mauvais niveau d'entretien sont associés à un niveau de séroprévalence plus important vis-à-vis de *T. gondii*. On retrouve ici la même idée, avec des élevages mal entretenus favorisant les contacts avec la faune sauvage, et notamment les rongeurs. Sans oublier qu'il s'agit surtout d'élevages avec un faible effectif d'animaux dont certains ne dératisent pas, comme nous l'avons écrit précédemment.

Autre différence concernant la biosécurité par rapport à la première étude sur une partie des élevages (Delsart *et al.*, 2022), l'absence d'association entre une mauvaise gestion du stockage de la litière et les niveaux de parasitisme vis-à-vis des helminthes ou de *T. gondii*. Dans l'étude sur 80 élevages, deux variables sont très liées au stockage de la litière. Il s'agit d'une part de la saison, et d'autre part de la présence ou non de déparasitage interne sur les porcs sevrés durant leur croissance. Seulement 18 % des élevages déparasitant au moins une fois leurs animaux sevrés stockent correctement leur paille, à l'abri de l'humidité et de la faune sauvage, contre 67 % des autres éleveurs. Or nous avons vu précédemment que les élevages au statut défavorable vis-à-vis d'*A. suum* pratiquaient plus fréquemment un déparasitage systématique des porcs en croissance. Prunier *et al.* (2010) avaient émis l'hypothèse que les traitements allopathiques de synthèse étaient utilisés pour minimiser des erreurs d'élevage. Le stockage de la paille dans de bonnes conditions en termes de biosécurité pourrait limiter les possibilités de contamination de la paille par des œufs d'*A. suum* via des vecteurs mécaniques et ainsi limiter l'exposition des porcs à ces parasites via une litière contaminée lors du stockage.

Au bilan, notre étude confirme que les parasites internes représentent un point critique dans les élevages alternatifs de porcs, près de 95 % des élevages ayant présenté (par ordre d'importance) des oocystes de coccidies et/ou des œufs de strongles, de *T. suis* et/ou d'*A. suum* dans les fèces prélevées. Concernant plus spécifiquement *A. suum*, il y a une grande différence entre les résultats obtenus au moyen du diagnostic coprologique (16 % des élevages avec des œufs d'*A. suum* dans au moins un prélèvement de fèces) ou avec le diagnostic sérologique (près de 90 % des élevages avec au moins un animal séropositif). Les résultats concernant *T. gondii* sont également élevés, avec plus de 56 % des élevages considérés comme séropositifs dans notre étude. Les relations observées entre le taux de séropositivité des animaux à *T. gondii* et les taux de truies et de porcs en fin d'engraissement positifs aux coccidies suggèrent qu'il existe sans doute des facteurs favorisants communs, voire des

interactions entre les coccidies et *T. gondii* dans les élevages. Concernant les helminthes, il semble y avoir une relation positive entre les fréquences d'infestation par les strongles et *T. suis* sur les porcs sevrés en croissance au sein de chacune des deux classes d'âge prélevées, indépendamment l'une de l'autre, que ce soit à 10-12 semaines d'âge (les fréquences d'infestation par *A. suum* sont aussi associées à celles des strongles et de *T. suis* dans cette classe d'âge) ou en fin d'engraissement. En outre, l'absence de relation entre les taux d'infestation par des helminthes sur les truies et sur les porcelets de 10-12 semaines d'âge, hormis pour les strongles, suggère que la transmission mère-porcelets n'est pas un élément fondamental dans la dynamique d'infestation d'*A. suum* ou *T. suis*.

Notre étude confirme également que l'hygiène et notamment la décontamination des bâtiments sont des éléments associés à des faibles niveaux de parasitisme dans les élevages. *A contrario*, la conduite des animaux en plein-air ou sur litière constituent des paramètres associés à des niveaux de parasitisme dégradés, en lien avec des temps de contact avec des excréments potentiellement infestés plus élevés et des décontaminations du sol plus compliquées. De plus, on observe que les élevages avec un mauvais niveau d'entretien sont associés à un niveau de séroprévalence plus important vis-à-vis de *T. gondii* et que les élevages à faible effectif d'animaux, souvent avec des intervalles entre bandes élevés, sont également associés à des niveaux de parasitisme dégradés pour *T. gondii*, mais aussi pour les coccidies et *A. suum*. Distribuer au moins deux traitements anthelmintiques du sevrage jusqu'à l'abattage des porcs semble nécessaire pour limiter le taux d'animaux positifs à *T. suis* dans l'élevage. Mais cela ne semble pas être le cas pour *A. suum*, un nombre important de traitements anthelminthiques sur les reproducteurs et/ou sur les porcs en croissance étant associés aux élevages présentant des séroprévalences élevées pour ce parasite. Enfin l'été semble être une saison favorable à des niveaux de parasitisme globalement plus élevés, notamment par les coccidies et *T. suis*, en lien avec des conditions plus propices à leur développement.

4.3. Discussion sur l'estimation bayésienne de la sensibilité et de la spécificité des diagnostics coprologiques et sérologiques pour *Ascaris suum*

Les résultats de coprologie et de sérologie étaient très différents en ce qui concerne *A. suum*. Des œufs d'*A. suum* ont été mis en évidence dans 16 % des élevages, alors que 89 % des élevages présentaient au moins une sérologie positive. D'autres études avaient déjà montré qu'il y avait plus d'animaux positifs à *A. suum* lorsqu'on considère le statut sérologique des animaux plutôt que leur statut coprologique (Roepstorff, 1998 ; Vlaminck *et al.*, 2012). Ainsi, le comptage des œufs semble sous-estimer la proportion et le nombre de porcs exposés à *A. suum*. Le test SERASCA® permet de mettre en évidence les anticorps dirigés contre une protéine d'hémoglobine purifiée d'*A. suum*. Il permet ainsi de déterminer si un porc a été infesté par des formes larvaires ou adultes du parasite, alors que la coprologie permet de rechercher des œufs de parasites dans les fèces (Vlaminck *et al.*, 2014). Boes *et al.* (1997) ont montré qu'on pouvait ne pas observer d'œufs d'*A. suum* en coprologie malgré la présence de vers adultes dans l'intestin. Ceci peut être observé lorsque les vers adultes infestant le porc sont du même sexe, mais également en cas d'infestation par des larves immatures (Roepstorff et Nansen, 1998). En outre, la plupart de ces larves, une fois leur migration hépato-trachéale terminée, sont expulsées de l'intestin grêle entre 17 et 21 jours post-infestation (Nejsum *et al.*, 2009), et n'atteignent pas l'âge adulte pour pouvoir pondre. Enfin, en cas d'infestation parasitaire, il y a une réaction immunitaire avec pour conséquence une possible diminution de la production d'œufs (Roepstorff et Nansen, 1998). La sérologie présente tout de même quelques limites, comme le délai de séroconversion, au minimum de 6 semaines avec le test SERASCA (Vlaminck *et al.*, 2012). En outre, la présence d'anticorps en fin d'engraissement ne signifie pas que le porc est toujours parasité en fin d'engraissement, mais qu'il a été en contact avec *A. suum* (stade larvaire ou adulte) durant sa

vie. Ainsi, la sérologie propose une image cumulative et historique, la coprologie une mesure ponctuelle de l'infestation par des formes adultes et sexuées.

Nous avons choisi dans notre étude de définir le statut d'un élevage vis-à-vis d'*A. suum* en fonction de la présence ou non d'œufs de parasite dans les fèces ou du nombre d'animaux séropositifs (au moins 1 ou 2 animaux, selon le seuil choisi). D'autres études utilisent la moyenne des densités optiques obtenues dans un élevage pour définir le statut de cet élevage (Vandekerckhove *et al.*, 2014 ; Martínez-Pérez *et al.*, 2017). Le seuil de 0,5 est alors utilisé. Il peut paraitre hasardeux de faire une moyenne des ratios de densité optique avec un test ELISA. Nous n'avons, par ailleurs, trouvé aucune donné de sensibilité ou de spécificité pour cette approche diagnostique. Toutefois, d'après notre échantillon, il y aurait en effet une différence significative entre les moyennes de densités optiques dans les élevages présentant des œufs d'*A. suum* et les autres. Toutefois, quatre élevages présentant des œufs d'*A. suum* dans notre échantillon avaient un rDO moyen inférieur à 0,5.

4.3.1. Discussion sur le matériel et méthodes

Puisqu'aucun test de référence n'est disponible, le statut réel des élevages vis-à-vis d'*A. suum* était inconnu. En l'absence de cette information, l'estimation des caractéristiques des tests utilisés (sensibilité et spécificité) était délicate. Nous avons choisi d'utiliser la méthodologie bayésienne qui a montré sa pertinence pour estimer les caractéristiques des tests de diagnostic sans test de référence chez le porc (Fablet *et al.*, 2010 ; Rose *et al.*, 2010 ; Delsart *et al.*, 2019). L'idée de base de l'approche bayésienne est de s'affranchir de la nécessité de connaitre les caractéristiques des tests en construisant d'abord une distribution de probabilité préalable sur tous les paramètres inconnus (distributions *a priori*). Les données, par le biais de la fonction de vraisemblance (classifications croisées entre les résultats des tests), sont ensuite combinées avec les distributions *a priori* pour obtenir des distributions postérieures à l'aide du théorème de Bayes. Cela permet de faire des inférences simultanées sur tous les paramètres, alors que leur nombre est supérieur aux degrés de liberté. Les distributions postérieures contiennent des estimations actualisées des valeurs des paramètres du modèle, après avoir pris en compte les informations fournies par les données (Joseph *et al.*, 1995). Avec une approche bayésienne plutôt que fréquentiste, l'incertitude sur tous les paramètres est ainsi modélisée par une distribution de probabilité qui reflète l'incertitude des quantités inconnues (Fablet *et al.*, 2010).

Le choix des distributions *a priori* (= priors) est donc un point clé dans une approche bayésienne et conditionne les résultats en fonction du niveau informatif de ces priors. C'est pourquoi différents niveaux informatifs (très informatif, informatif, moyennement informatif et non informatif) ont été utilisés. Ils ont été associés dans différentes options avec des priors de différents niveaux informatifs pour estimer et comparer l'effet de ces priors sur les paramètres. L'option C (option peu informative) n'apportait quasiment pas d'information aux modèles, hormis des éléments sur la spécificité de la coprologie. En conséquence, les estimations fournies dans cette option sont pour la plupart imprécises, avec des intervalles de crédibilité très larges. L'importance d'apporter des informations au modèle est une des raisons qui nous a amené à ne pas réaliser d'estimation de la sensibilité et la spécificité pour le diagnostic sérologique tenant compte de la moyenne des densités optiques pour définir le statut d'un élevage, aucune donnée n'étant à notre connaissance disponible.

Pour les tests sérologiques, nous avons utilisé les données de sensibilité et de spécificité proposées par Vlaminck *et al*. (2012). Elles sont estimées respectivement à 99,5 % et 100 %. Avec 10 prélèvements par élevage, la sensibilité troupeau est quasiment de 100 %. C'est la valeur modale qui a été utilisée dans l'option B (option informative). Dans l'option A (option moyennement informative), nous avons donné moins d'information au modèle, avec une distribution sensiblement plus étalée du prior. Nous avons tenu compte ici du faible nombre de prélèvements (10 prises de sang). Or, nous

savons qu'avec 10 prélèvements par élevage le taux de prévalence limite, c'est à dire le seuil de prévalence pour la détection, est élevé (26 % (α = 0,05)), avec un test dont la sensibilité serait parfaite. Rappelons toutefois que le taux d'animaux séropositifs par élevage vis-à-vis d'*A. suum* était de 44,5 % dans notre échantillon, nettement au-dessus de la prévalence limite. Dix prélèvements par élevage ne semblent donc pas être un facteur limitant pour la sensibilité troupeau de notre diagnostic sérologique. Nous en avons ainsi tenu compte dans l'information fournie au modèle, en limitant l'étalement de la distribution du prior.

Pour la spécificité, nous avons volontairement minoré les données de Vlaminck *et al*. (2012) issues d'inoculations expérimentales et avons choisi une spécificité individuelle de 99,5 % pour les priors de l'option B et de 98 % pour les priors de l'option A pour définir le mode de nos distributions.

D'après la littérature, la coprologie présente une faible sensibilité. Mais nous n'avons pas trouvé de valeur pour cette sensibilité. Elle dépendrait d'un certain nombre de facteurs dont nous avons déjà parlés précédemment. C'est pourquoi nous avons choisi d'apporter peu d'informations dans notre modèle. Nous avons calculé les modes de nos distributions avec un sensibilité individuelle de 5 %, et nous avons par ailleurs opté pour des distributions très étalées, à la fois pour l'option A et B. Les estimations des sensibilités des diagnostics coprologiques obtenues avec l'option C sont proches des valeurs utilisées pour les priors des options A et B. Or nous n'avons quasiment pas fourni d'informations aux modèles dans l'option C, et aucune en ce qui concerne la sensibilité des diagnostics coprologiques. En l'absence d'informations, les modèles de l'option C semblent ainsi conforter nos choix.

Nous avons par contre apporté beaucoup d'informations concernant la spécificité de la coprologie. En effet il est très difficile de confondre un œuf d'*A. suum* avec un autre œuf d'helminthes. Dans la littérature il est fait état de faux positifs (Boes, 1997). Comme nous l'avons déjà dit précédemment, ceci peut intervenir en cas d'ingestion de déjections ou de terre infestées. Mais cela reste intra élevage et n'a pas d'impact dans notre étude sur la définition du statut d'infestation de l'élevage.

Pour la prévalence, les informations issues de la bibliographie sont divergentes et dépendent beaucoup du type d'analyse (coprologie, examen de foies à l'abattoir, sérologie). C'est pourquoi nous avons choisi de n'apporter aucune information dans nos modèles (distribution uniforme).

4.3.2. **Discussion sur les résultats**

Au bilan, entre les modèles et les options, nous avons obtenu 12 estimations pour la prévalence et 6 pour chacune des sensibilités et spécificités de chaque diagnostic sérologique où coprologique (COPRO20, COPRO30, SERASCA1 et SERASCA2). Si on excepte les estimations obtenues avec l'option C dans laquelle nous avons fourni peu d'informations, les estimations de sensibilité et de spécificité sont très proches les unes des autres, ce qui donne confiance dans les résultats obtenus.

Comme attendu, la coprologie présente une excellente spécificité. L'absence d'élevage séropositif avec le diagnostic SERASCA1 dans les élevages COPRO20 ou COPRO30 positifs nous laissait envisager que les données valideraient les informations fournies par les priors. Malgré l'augmentation du nombre de prélèvements (10 prélèvements de fèces de truies supplémentaires entre COPRO20 et COPRO30), la spécificité ne se dégrade quasiment pas, passant de 96,0 % [86,3 % ; 99,9 %]$_{95\,\%}$ à 95,8 % [85,7 % ; 99,9 %]$_{95\,\%.}$ Les intervalles de crédibilité sont relativement réduits, donnant d'autant plus de plausibilité à la valeur modale obtenue, avec la valeur maximale systématiquement incluse, confirmant l'excellente spécificité du diagnostic coprologique.

Concernant la sensibilité, les intervalles de crédibilité sont beaucoup plus étalés. Les estimations sont surtout très faibles, inférieures à 30 %, l'augmentation du nombre de prélèvements n'améliorant que très peu ce paramètre. Cela tend à indiquer que la coprologie ne peut être considérée comme le diagnostic de référence pour *A. suum* en élevage de porcs même en augmentant le nombre de prélèvements. Nous nous en doutions au regard de la littérature. Toutefois, nous pouvons ici proposer une estimation de la sensibilité troupeau de cette approche diagnostique, information que nous n'avions pas réussi à trouver dans la littérature.

Alors que nous connaissions les forces et les faiblesses de la coprologie, un des objectifs de ce travail de thèse était de valider les résultats obtenus dans le cadre du programme PIGAL avec la sérologie. La sensibilité du diagnostic SERASCA1 (élevage positif si au moins un animal séropositif sur 10 dans l'élevage) est, comme nous l'imaginions au regard des performances décrites par Vlaminck *et al*. (2012), excellente, supérieure à 95 % dans tous les modèles, l'intervalle de crédibilité incluant systématiquement la valeur maximale. La spécificité de SERASCA1 est, par contre, moins bonne, ce que nous laissaient présager nos résultats. Pourtant la spécificité du test SERASCA® était estimée à 100 % par Vlaminck *et al*. (2012). Mais cette estimation n'a été obtenue qu'à partir des densités optiques observées sur des animaux inoculés expérimentalement avec exclusivement *T. suis.* On ne peut donc pas exclure d'autres possibles réactions croisées, avec d'autres parasites. La spécificité du diagnostic sérologique est toutefois très nettement améliorée si l'on considère qu'un élevage est positif vis-à-vis d'*A. suum* à partir de 2 prélèvements positifs (SERASCA2). Elle serait autour de 93 % d'après nos modèles avec un intervalle de crédibilité dont la borne supérieure est très proche de la valeur maximale. SERASCA2 est ainsi nettement plus spécifique, tout en conservant une sensibilité proche de SERASCA1. C'est pourquoi nous avons choisi, dans le reste de ce travail, de principalement nous intéresser aux résultats de SERASCA2 pour définir le statut sérologique d'un élevage vis-à-vis d'*A. suum*. C'est d'ailleurs une des options qui a été choisi pour définir le statut d'un élevage dans le cadre des analyses des correspondances multiples entre les variables descriptives de l'élevage (incluant le logement, la conduite des animaux et la conduite sanitaire et antiparasitaire) et la classification des élevages en fonction de leur niveau de séropositivité vis-à-vis d'*A. suum.*

D'après nos modèles (hors option C), le pourcentage d'élevages positifs à *A. suum* dans l'échantillon serait compris entre 77,9 % [67,3 % ; 88,1 %]$_{95\,\%}$ et 89,0 % [78,1 % ; 98,7 %]$_{95\,\%}$. Ces estimations sont globalement proches des valeurs obtenues avec les diagnostics sérologiques (89 % pour SERASCA1 et 80 % pour SERASCA2).

4.3.3. **Bilan**

Cette étude confirme la très bonne spécificité du diagnostic coprologique dans la recherche d'*A. suum*, que ce soit avec 20 ou 30 prélèvements réalisés par élevage. Toutefois, même en augmentant le nombre d'échantillons, la sensibilité de cette approche diagnostique est très faible, inférieure à 30 %. En revanche le diagnostic sérologique consistant à prélever du sang sur 10 animaux en fin d'engraissement présente une bonne sensibilité diagnostique et semble plus adapté pour définir le statut d'un élevage vis-à-vis d'*A. suum*, à condition de considérer un élevage séropositif seulement à partir de deux prélèvements positifs sur 10.

5. Discussion générale et perspectives

Ce travail de thèse s'inscrit dans un plus large programme concernant les élevages de porcs en système alternatifs (PIGAL). Ce programme a débuté en 2019 par une enquête en ligne qui a permis de dresser un panorama des élevages alternatifs de porcs en France. À partir de ces données, une enquête analytique transversale a pu être élaborée et mise en place dans les élevages. Les résultats présentés dans ce manuscrit sont issus de cette enquête et ne constituent qu'une petite partie des résultats attendus au terme du projet dont le premier objectif est d'évaluer le risque associé à la fois aux composantes de santé et de bien-être des animaux, de rupture de biosécurité, de santé publique vétérinaire et de santé au travail des éleveurs dans ces élevages en analysant des indicateurs spécifiques pour chacune des composantes. Il s'agit d'un vaste programme dans lequel l'aspect santé animal, et *a fortiori* le parasitisme, ne représente qu'une des composantes étudiées. Au regard de l'ampleur des données observées et collectées en élevage, leur vérification et compilation, très chronophages, étaient encore en cours au moment de la rédaction de cette thèse. L'étude analytique plus large des données est prévue pour le printemps 2023.

Le second objectif du programme PIGAL est l'élaboration de recommandations suite aux conclusions de l'enquête analytique, et l'évaluation de la faisabilité de leur mise en œuvre. Nous aborderons cet aspect dans la partie « perspectives » de ce chapitre.

5.1. Matériel et méthodes de l'enquête analytique du programme de recherche PIGAL

Le matériel et méthodes relatifs au choix des animaux ainsi qu'aux prélèvements et analyses réalisés dans le cadre des recherches pour le parasitisme ont déjà été discutés dans le chapitre précédent. Nous nous intéressons aux autres éléments constitutifs du protocole qui se distingue par l'étendue et la diversité des thématiques et des informations collectées.

Même si le nombre d'enquêteurs disponibles par visite était important, le temps consacré était limité, ne serait-ce que par la disponibilité des éleveurs qui nous accueillaient. Il a donc fallu faire des choix pour les informations collectées et pour les observations réalisées. Les indicateurs de bien-être et de santé animale ont été choisis d'une part, pour leur pertinence, mais aussi pour leur facilité d'observation. Concernant les indicateurs de bien-être animal, ils sont pour la plupart issus du Welfare quality (Welfare Quality Consortium, 2009). Il n'a pas été possible d'intégrer l'ensemble des éléments figurant dans le protocole welfare quality, la durée de la partie ne concernant que les porcs en croissance étant, à elle seule, évaluée à 5h30 (Bouchaud, 2019). Les éléments retenus (e.g. lésions de vulve, lésions cutanées, blessures, bursites…) sont objectifs, mesurables et répétables. Grâce à la mise à disposition d'un Vade mecum (Annexe 4) et à la formation des enquêteurs en charge de ces observations lors des visites « test », on peut estimer que les niveaux de notation d'un observateur à l'autre sont homogènes. Toutefois, même si nous avons essayé de limiter les biais de classement en choisissant nos variables et en formant les observateurs, il est possible que notre échantillonnage ait pu engendrer des biais. Dans un premier temps, des biais de sélection, en ne tirant pas au sort les animaux. Trente animaux étaient observés par classe d'âge et il est possible que dans certains élevages, une catégorie d'animaux n'ait pas pu être observée. On pense bien entendu aux élevages plein-air où les animaux les plus craintifs étaient difficiles à observer ou aux animaux malades cachés et non visibles. Toutefois, au regard du nombre d'animaux observés en moyenne par classe d'âge et à la taille des élevages inclus (beaucoup d'élevages avec de faibles effectifs d'animaux), ce biais a sans doute été limité. D'autre part, malgré le nombre important d'animaux observés par classe d'âge, il est possible que des évènements rares nous aient échappé. En effet, avec 30 animaux, le taux de

prévalence limite, c'est à dire le seuil de prévalence pour la détection, est de 10 % (α = 0,05 %). Cela signifie qu'un évènement a 95 % de chances d'être détecté en observant 30 individus si son taux de prévalence est supérieur à 10 %. En dessous, on risque de ne pas le détecter. Or pour des évènements comme des hernies ombilicales ou inguinales, ou encore des prolapsus vaginaux ou rectaux, les taux de prévalence sont généralement nettement inférieurs à 10 % (Anderson et Mulon, 2019). Cela a pu engendrer des biais de classement de certains élevages ; certaines de ces variables ne seront peut-être pas interprétables au regard du manque de variabilité entre élevages. On risque de rencontrer le même type de difficultés avec des indicateurs de santé animale (*e.g.* anémie, mammites, écoulements vulvaires…). Toutefois, contrairement au bien-être animal caractérisé quasi exclusivement par l'observation des animaux (si on excepte le dosage de l'haptoglobine, marqueur à la fois de santé et de bien-être animal), des indicateurs d'infection ont aussi été recherchés *via* des analyses sur des prélèvements réalisés sur les animaux afin d'objectiver les niveaux de santé. Nous avons déjà parlé des prélèvements sanguins et de fèces. Des sondages de mucus trachéal ont également été réalisés pour la recherche de mycoplasmes dans les mucus trachéaux. Au-delà de l'intérêt pour la recherche des indicateurs ciblés, ces techniques de prélèvement ont été choisies parce qu'elles sont régulièrement pratiquées, éprouvées et validées (Fablet *et al.*, 2010). Cela a permis de limiter le temps de manipulation sur les animaux.

Le choix des recherches réalisées sur les prélèvements correspondait à la fois à des maladies importantes en termes de fréquence et d'impact sur la santé des animaux (SDRP, grippe, bronchopneumonie enzootique due à *Mycoplasma hyopneumoniae*) et la santé publique (salmonelles), mais aussi à des affections dont la fréquence est décrite comme étant plus élevée dans les élevages alternatifs (brucellose, parasitisme, hépatite E). Certaines maladies n'ont pas été recherchées, comme les affections liées au circovirus, à *Lawsonia intracellularis* ou à *Sarcoptes scabiei* par exemple dont la recherche d'anticorps est pourtant possible sur sérum et n'aurait pas nécessité davantage de manipulations des animaux. Au-delà des choix qu'il a fallu faire pour des questions économiques évidentes, certaines analyses auraient sans doute été délicates à interpréter, comme des recherches sérologiques du circovirus de type 2 par exemple, le virus étant largement répandu dans les élevages. Toutefois même en l'absence d'analyses spécifiques, les symptômes de ces affections étaient tout de même recherchés sur les animaux, comme la présence de diarrhées, de toux, d'éternuements, de discordances respiratoires ou encore de troubles cutanés. Enfin, l'objectif de PIGAL est aussi et surtout d'évaluer le risque de manière conjointe sur les composantes de santé, de bien-être animal et de biosécurité. L'objectif n'est pas de faire une étude exhaustive sur l'ensemble des affections présentes dans ces élevages, mais d'avoir des indicateurs révélateurs d'un niveau de santé global.

La plupart des analyses effectuées sur les prélèvements ont été réalisées au sein des laboratoires de l'Anses de Ploufragan-Plouzané-Niort (Tableau 11), à l'aide de méthodes standardisées. Cela a notamment été le cas pour les recherches de salmonelles ou de mycoplasmes. Concernant les salmonelles, il a été fait le choix de réaliser à la fois des analyses sur fèces (cultures et typages) mais aussi des analyses sérologiques sur 5 prélèvements d'animaux différents de 10-12 semaines d'âge. Les prélèvements de sang et de fèces ont ici été réalisés sur les mêmes animaux ce qui va permettre de comparer les résultats au niveau de l'animal. D'une façon générale, hormis pour la plupart des prélèvements de déjections, les animaux sur lesquels des prélèvements ont été réalisés ont fait l'objet d'une observation individuelle, avec notation de l'ensemble des indicateurs recherchés. Il sera donc ainsi possible de rechercher de potentielles associations entre résultats d'analyse et observations au niveau individuel si besoin.

Concernant les recherches relatives au virus responsable du SDRP, le choix d'utiliser trois kits différents a été fait, afin de confirmer ou infirmer un résultat positif. L'objectif était clairement

d'optimiser la spécificité du diagnostic. Un deuxième voire un troisième kit sérologique n'était utilisé que si le résultat positif au 1er test sur un animal semblait discordant par rapport au reste des animaux de la classe d'âge et de l'élevage. Cela a été le cas pour 59 prélèvements (sur 2 920) répartis dans 38 élevages, sur lesquels le kit INgezim PRRS 2.0 a dû être réalisé. Le troisième test utilisant l'antigène de référence AFSSA n'a été effectué que sur 8 prélèvements issus de 6 élevages.

Il a été décidé de rechercher les anticorps dirigés contre les virus Influenza A porcins avec le kit ELISA ID Screen® Influenza A Nucleoprotein Swine Indirect (IDvet, Grabels, France) Il s'agit d'un ELISA indirect pour la détection des anticorps dirigés contre la nucléoprotéine des virus Influenza A (quel que soit le sous type) dans le sérum ou plasma de porcins. Il n'a pas été fait le choix dans un premier temps de différencier les sous-types, en utilisant par exemple un test d'inhibition de l'hémagglutination (IHA). Encore une fois, il a fallu faire des choix économiques mais cela ne devrait pas avoir de conséquence dans le cadre du programme PIGAL pour pouvoir définir des indicateurs révélateurs d'un niveau global de santé.

La recherche d'anticorps anti-*Brucella* a été réalisée au laboratoire Qualyse (Champdeniers, France) selon des méthodes standardisées. Au regard des défauts de spécificité, deux tests ont été utilisés (EAT et FC) et un animal n'était considéré comme positif que s'il était positif aux deux tests. Les réactions croisées avec d'autres bactéries, *Yersinia enterocolitica* O9 en particulier, sont courantes. Or *Y. enterocolitica* est largement répandu dans les élevages de porcs (de Boer et Nouws, 1991 ; Gürtler *et al.*, 2005 ; Funk *et al.*, 2013 ; Fondrevez *et al.*, 2014 ; Lorencova *et al.*, 2016). Les recherches réalisées ici avaient certes pour objectif de détecter une exposition éventuelle des élevages à *Brucella suis*, mais aussi d'être des indicateurs de biosécurité et de contact avec la faune sauvage.

Des dosages d'haptoglobine ont été réalisés dans tous les sérums prélevés. Même si le laboratoire fournissant le test colorimétrique (Phase Haptoglobin Assay, ABCYS Biologie, France), propose des seuils d'interprétation [11], nous avons le choix de ne pas définir de statut par animal, mais de voir si ce paramètre pouvait être considéré comme un marqueur de bien-être animal et/ou de santé, et, si tel est le cas, quelle échelle de valeur utiliser.

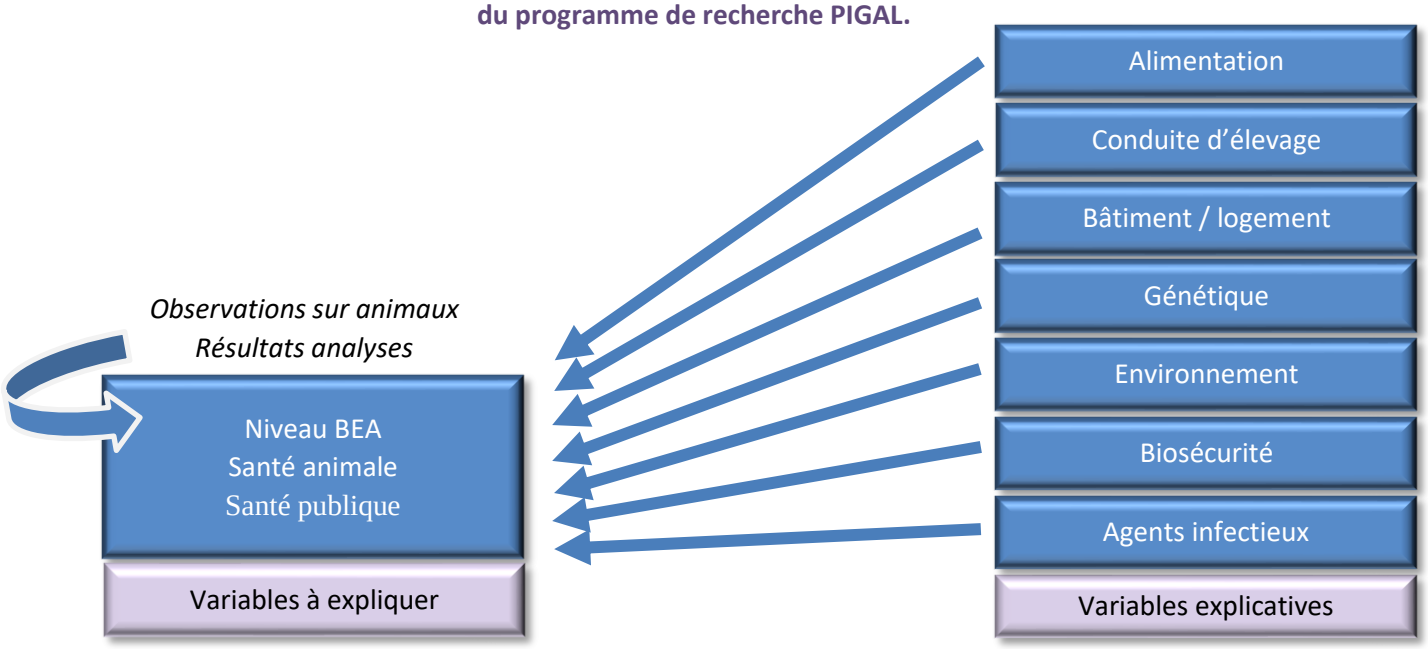
Tous les résultats d'analyses et observations doivent répondre aux objectifs du programme de recherche PIGAL. Pour traiter ce type de données, les modèles linéaires généralisés (*e.g.* la régression logistique) sont classiquement utilisés. Ces modèles présentent toutefois des limites, notamment lorsque les facteurs de risque potentiels sont nombreux et liés entre eux (Bougeard *et al.*, 2013), comme c'est le cas dans notre étude. Au regard du volume et de la nature des données collectées, des modèles statistiques adaptés sont et seront utilisés. Les données collectées et les résultats d'analyses obtenus ont d'ores et déjà été répartis en variables descriptives des composantes à expliquer (bien-être animal, santé animale, santé publique, biosécurité) et en variables explicatives organisées en blocs (alimentation, conduite, bâtiment…). Les variables présentant peu de variabilité seront supprimées. La recherche des facteurs de risque sera faite grâce à des méthodes de régression multibloc à variables latentes, comme décrit par S. Bougeard et S. Dray (2018). Ces méthodes permettent de prendre en compte de nombreux facteurs de risque potentiels, sélectionnés automatiquement et sans ambiguïté, organisés en blocs de variables ayant du sens en termes d'interprétation (e.g. variables relatives au logement, à l'alimentation, aux protocoles de soins…) (Figure 51). En outre, ces méthodes permettent d'expliquer une composante pouvant être décrite par plusieurs variables (Bougeard *et al.*, 2013). Les

[11] Un animal présentant une concentration sérique supérieure ou égale à 3 mg/ml d'haptoglobine peut être considéré comme positif, un animal avec une concentration strictement inférieur à 2,2 mg/ml négatif.

méthodes de régression multibloc ont des objectifs à la fois descriptifs et explicatifs. Ce sont des modèles stables, même en cas de colinéarités marquées entre les facteurs de risque potentiels.

L'édition de graphiques issus de l'analyse factorielle dont les méthodes de régression multibloc sont des extensions, facilitent l'interprétation. Ils permettent d'étudier les liens entre les variables appartenant à chaque bloc, explicatifs mais aussi à expliquer, et ainsi d'interpréter leurs corrélations et interactions. L'ensemble de ces analyses se font grâce au logiciel R (R Development Core Team, 2008) avec le package ade4 avec de nombreuses possibilités graphiques (Dray et Dufour, 2007 ; Dray *et al.*, 2007).

Figure 51- Représentation graphique de la méthode de régression multibloc prévue dans le cadre du programme de recherche PIGAL.



5.2. Des résultats en cours d'analyse

L'analyse des données est actuellement en cours. Elle aboutira à la définition de facteurs de risque relatifs à la santé et au bien-être des animaux ainsi qu'à la santé publique vétérinaire et à la santé au travail des éleveurs. Les conclusions sont attendues pour la fin du 1er semestre 2023 et devraient permettre d'émettre des recommandations à la fois sur les infrastructures (clôture, bâtiment, type de sol…) et la conduite de l'élevage, l'organisation du travail, la gestion des animaux, l'hygiène, les protocoles de soin ou encore l'alimentation et l'abreuvement. Mais en attendant ces conclusions, nous disposons d'ores et déjà d'éléments intéressants, notamment ceux provenant des résultats d'analyses de laboratoire sur les prélèvements. Bien entendu, comme nous l'avons dit auparavant, tous ces résultats seront analysés dans leur ensemble mais on peut déjà les comparer aux connaissances actuelles.

Concernant par exemple le SDRP, nous disposons de peu de données à comparer à nos résultats. En 1997, d'après Albina (1997), l'infection aurait touché 50 % des exploitations. D'après une enquête réalisée en 2014 auprès de 515 vétérinaires européens, le syndrome concernerait 71 % des truies et 68 % des porcs en croissance (respectivement 65 et 61 % en France), sans distinction entre systèmes de production alternatifs et conventionnels (de Paz *et al.*, 2015). Une enquête réalisée de 2006 à 2008 dans 125 élevages conventionnels en Bretagne, Pays de Loire et Normandie a mis en évidence la présence de porcs en croissance séropositifs dans 60 % des élevages enquêtés (Fablet *et*

al., 2012b). Dans notre échantillon, un peu moins de 28 % des élevages présentaient des animaux séropositifs, avec une moyenne de 17 % d'animaux séropositifs par élevage. Ces résultats semblent donc indiquer que le SDRP est peu présent dans les élevages enquêtés, ce qui est toutefois peu étonnant au regard de la répartition géographique des élevages. En effet, la Bretagne concentre près de 60 % de la production de porcs toutes productions confondues en 2020 (IFIP, 2022). À la différence de la Bretagne, de nombreuses régions en France ont mis en place des protocoles de surveillance et de gestion du SDRP, à l'instar des Pays de Loire (GDS 49) ou de la région Aquitaine (« INPAQ - L'Interprofession Porcine d'Aquitaine - Campagne de Prophylaxie »). Or dans notre enquête, et conformément à la répartition des élevages alternatifs (Figure 48 et Figure 49), 31,3 % seulement des élevages se situaient en Bretagne, alors qu'ils représentaient 71,0 % des élevages ayant présenté au moins un prélèvement positif vis-à-vis du SDRP. Mais, au-delà de la répartition géographique, peut-être existe-t-il aussi d'autres facteurs expliquant que les élevages alternatifs sont moins concernés par le SDRP, facteurs qui seront sans doute mis en évidence, s'ils existent, suite à l'analyse statistique en cours.

Il sera bien entendu aussi intéressant de voir s'il existe des facteurs de risque pouvant expliquer des différences entre élevages pour d'autres infections respiratoires et comprendre notamment pourquoi les niveaux de séropositivité vis-à-vis de la grippe sont si élevés, surtout si on les compare à de précédentes études. Pour rappel, 38 % des animaux étaient en moyenne séropositifs par élevage, et plus de trois élevages sur quatre présentaient au moins un animal séropositif. Ces résultats sont nettement supérieurs à ce qui a pu être observé dans d'autres études, comme celle de Hervé *et al*. (2011) qui avaient mis en évidence des anticorps dirigés contre les sous-types H1N1, H1N2 et/ou H3N2 sur 23,2 % des animaux issus de 185 lots de porcs, sans distinction entre systèmes de production alternatifs et conventionnels, les prélèvements ayant été réalisés dans 24 abattoirs répartis dans toute la France continentale. Un peu moins de la moitié des élevages (48,8 %) présentaient au moins un porc séropositif. Toutefois si nous limitons nos résultats aux seuls porcs en fin de croissance, comme dans cette étude, nos résultats ne sont plus si éloignés puisque « seulement » 33 % des porcs d'au moins 22 semaines étaient séropositifs et 41,1 % des élevages présentaient au moins un porc séropositif dans notre étude. Dans le cadre d'un programme de surveillance européen des virus grippaux dans les élevages de porcs (Simon *et al.*, 2014), 31 % des 9 000 élevages dans lesquels des recherches ont été réalisées, ont présenté des résultats positifs vis-à-vis des virus influenza porcins. En France, au moins un virus influenza a été mis en évidence dans 433 des 918 élevages visités (52,9 %). Nos résultats sont donc nettement supérieurs à ceux de ce programme de surveillance, mais il faut être prudent dans la comparaison car il s'agissait dans le cadre de ce programme de mises en évidence du virus par PCR sur écouvillons nasaux (Simon *et al.*, 2014). À l'instar de ce que nous avons décrit pour *A. suum*, nos recherches sérologiques attestent d'une infection passée (et/ou une vaccination en place pour 10 élevages), la mise en évidence du virus par PCR signe une infection en cours, avec une durée d'isolement réduite autour de la période d'excrétion qui est, en outre, très courte pour les virus influenza, généralement entre 6 et 10 jours (Cador *et al.*, 2016 ; OIE, 2021).

Les mycoplasmes sont d'autres agents pathogènes responsables de troubles respiratoires. D'après Pieters et Maes (2019), *M. flocculare* est non pathogène chez le porc. La recherche de cet agent pathogène a tout de même été incluse dans notre protocole à des fins exploratoires, les prélèvements étant disponibles. Du génome de *M. flocculare* a été mis en évidence dans 93 % des élevages, résultats proches de ceux obtenus lors d'une enquête réalisée dans 41 élevages bretons en 2016 (Fourour *et al.*, 2018b). Nous verrons par ailleurs si les variables associées à ce mycoplasme (positivité de l'élevage, taux d'animaux infectés dans l'élevage et par tranche d'âge, quantité d'équivalents génome par ml…) peuvent participer à définir le niveau de santé d'un élevage. Les 2 autres mycoplasmes recherchés sont des agents pathogènes responsables de bronchopneumonie

enzootique pour *M. hyopneumoniae* ainsi que d'arthrites et de polysérosites pour *M. hyorhinis* (Pieters et Maes, 2019). Du génome de *M. hyopneumoniae* a été mis en évidence dans 74 % des élevages (respectivement 39 % et 70 % des élevages pour les porcelets de 10-12 semaines d'âge et les porcs d'au moins 22 semaines d'âge). Ces résultats sont proches de ceux décrits par Fablet *et al.* (2012) qui avaient isolé *M. hyopneumoniae* dans 39,2 % des 125 élevages conventionnels de leur étude sur les porcelets de 10 semaines d'âge et dans 62,4 % des élevages à 16 semaines d'âge. C'est un élément intéressant, les lésions de pneumonie observées à l'abattoir et induites principalement par cette bactérie étant généralement moins fréquentes dans les élevages alternatifs que dans les élevages conventionnels dans de nombreuses études (Bonde, 2006 ; Bonde *et al.*, 2010), même si des études plus récentes ne mettent pas en évidence cette différence (Alban *et al.*, 2015 ; Kongsted et Sørensen, 2017). Bien entendu, présence de l'agent infectieux ne signifie pas maladie et encore moins lésions, mais il est tout de même intéressant de noter que presqu'un porc sur deux (48 %) présentait du génome de *M. hyopneumoniae* dans son mucus trachéal. La proportion d'élevages dans lesquels du génome de *M. hyorhinis* a été mis en évidence est très proche de celle de *M. hyopneumoniae*, avec un peu plus de trois élevages sur quatre concernés. Mais ce sont ici surtout les porcelets de 10-12 semaines d'âge qui sont les plus infectés (72 % des élevages présentent au moins un porcelet de 10-12 semaines d'âge contre 47 % des élevages pour les porcs d'au moins 22 semaines d'âge), ce qui correspond à l'expression habituelle de la maladie. En effet les symptômes occasionnés par *M. hyorhinis* sont le plus souvent observés sur des animaux qui viennent d'être sevrés, jusqu'à 8-10 semaines d'âge (Pieters et Maes, 2019). À notre connaissance, il existe peu d'études décrivant les niveaux de contamination de porcelets en fin de période de post-sevrage, à savoir vers 10-12 semaines et *a fortiori* en production alternative. Une étude américaine, réalisée dans 3 élevages conventionnels de taille élevée (plus de 1 500 truies par élevage) a mis en évidence que quasiment 100 % des porcelets de 10 semaines d'âge étaient positif en PCR à *M. hyorhinis* dans leurs fluides oraux (Clavijo *et al.*, 2017). C'est beaucoup plus important que ce que nous avons observé, avec 31 % des porcelets de cette classe d'âge, positifs en PCR, dans leur mucus trachéal. Nos résultats sont beaucoup plus proches de ce que l'on peut trouver dans la littérature lorsqu'on s'intéresse aux porcs en fin de croissance. Dans une étude réalisée en Suisse et en Allemagne, 15,7 % des 600 poumons analysés étaient positifs en PCR à la recherche de *M. hyorhinis*. De notre côté, nous avons pu mettre en évidence du génome de la bactérie dans le mucus trachéal de 9 % des porcs d'au moins 22 semaines d'âge. À noter que dans l'étude suisse et allemande, seuls des poumons présentant des lésions de pneumonie étaient sélectionnés dans cette étude, répartis dans 20 % des élevages. Dans l'étude de Fourour *et al.* (2018) précédemment citée, la bactérie avait été détectée dans 14 des 41 élevages bretons conventionnels ou non (34 %), sur poumons prélevés à l'abattoir, ce qui supérieur à ce que nous avons observé (20 % des élevages présentaient au moins un porc d'au moins 22 semaines d'âge positif en PCR à *M. hyorhinis* dans notre étude).

Les proportions d'élevages présentant des prélèvements positifs sont heureusement beaucoup moins élevées concernant la Brucellose et pour ceux qui ont présenté des sérologies positives isolées, il ne s'agit probablement pas d'élevages infectés au regard des limites des tests utilisés en termes de spécificité. Un pour cent des prélèvements réalisés sur les truies ou les porcs en fin d'engraissement ont présenté une réaction positive à la fois à l'EAT et à la FC. Au moins un prélèvement a présenté une réaction positive aux deux tests dans 4,5 % des élevages. Ces résultats sont très proches de ceux décrits par Cvetnić *et al.* (2009). Dans leur étude réalisée dans près de 2 000 élevages croates, 1 % des animaux avaient été considérés comme séropositifs vis-à-vis de *B. suis*. Ces animaux étaient répartis dans 3,4 % des élevages. Notons que dans cette étude, un animal était considéré comme séropositif s'il présentait une réaction positive à l'EAT et à la FC, mais aussi au test ELISA pour la recherche d'anticorps anti-*B. suis*. Nous n'avons pas fait le choix de réaliser cette recherche d'anticorps par ELISA dans notre étude. Elle a toutefois été demandée pour un élevage dans

lequel cinq truies et quatre porcs en fin d'engraissement (sur 10 prélèvements par classe d'âge) étaient positifs à l'EAT et à la FC. Les résultats des tests ELISA réalisés uniquement sur les cinq truies positives étaient tous négatifs. L'ensemble des résultats a bien entendu été communiqué au vétérinaire en charge du suivi de l'élevage, afin qu'une surveillance clinique soit mise en place. Un autre élevage a présenté sept prélèvements positifs aux deux tests sur les 10 porcs prélevés en fin d'engraissement. Il s'agissait d'un post-sevreur-engraisseur et il n'a pas été fait de test ELISA de confirmation. En effet, les animaux prélevés avaient été abattus avant la réception des résultats d'analyse et la conduite en bandes stricte en place dans cet élevage limitait le risque d'une potentielle contamination des autres porcs de l'élevage, au regard du mode de transmission de la bactérie, principalement par voie vénérienne ou par ingestion des produits contaminées (produits d'avortement, eau ou aliments souillés). Le vétérinaire en charge du suivi de l'élevage a là aussi été informé des résultats d'analyses. Ces deux élevages représentent à eux seuls 16 des 21 prélèvements positifs aux deux tests de l'ensemble de l'étude.

À la différence de *B. suis* ou encore des agents pathogènes à visée respiratoire dont nous venons de parler, les infections à *Salmonella* chez les porcs sont préoccupantes à la fois en termes de santé animale mais aussi de sécurité sanitaire (Griffith *et al.*, 2019), deux des composantes du programme PIGAL. La salmonellose est la deuxième cause la plus fréquente de toxi-infection alimentaire bactérienne chez l'homme (EFSA et ECDPC, 2021). Ceci explique probablement le nombre élevé d'études concernant les niveaux d'infection des porcs par cette bactérie. Mais beaucoup d'études sont réalisées à l'abattoir, beaucoup moins en élevages, rendant les comparaison délicates avec nos résultats, les animaux pouvant se contaminer durant les phases de transport et/ou d'attente à l'abattoir (Anses, 2018c). Dans notre étude *Salmonella* a été détectée dans 11,2 % des 2 000 prélèvements de fèces réalisés (respectivement 11,2 % et 11,6 % % pour les porcelets de 10-12 semaines d'âge et les porcs en fin d'engraissement). Ces résultats sont proches de ceux observés par Tamang *et al.* (2015) dans une étude coréenne dans laquelle 11,4 % des porcs en fin d'engraissement issus d'élevages Bio présentaient des salmonelles dans leurs déjections. Dans une enquête antérieure réalisée en France (Kérouanton *et al.*, 2013) des prélèvements de contenu caecal ont présenté des salmonelles dans 35,1 % des élevages (respectivement 38 % et 33 % des 26 élevages Bio et des 31 élevages conventionnels). Ces résultats sont très proches de ceux de notre étude, où 32 % des élevages ont présenté des résultats positifs en culture pour les salmonelles. Les deux principaux sérotypes mis en évidence dans l'étude de Kérouanton *et al.* (2013) étaient alors *S*. Derby suivi du variant monophasique de *S*. Typhimurium (respectivement 44,2 et 20,2 % des isolats), résultats une nouvelle fois très proches de ceux observés dans le cadre du programme PIGAL (respectivement 47,7 % et 30,6 % des isolats).

La composante « sécurité sanitaire » intégrera également comme indicateurs les variables liées aux niveaux de séropositivité vis-à-vis du virus de l'hépatite E. Les niveaux de séropositivité observés dans le cadre de notre étude sont très élevés, avec plus de 90 % des élevages présentant au moins un animal séropositif et plus de la moitié des animaux séropositifs en moyenne dans ces élevages. Ces résultats sont nettement plus élevés que ceux observés dans une enquête réalisée en France à partir de 6 565 échantillons sanguins prélevés à l'abattoir et issus de porcs de 186 élevages tirés au sort (Rose *et al.*, 2011). Dans cette étude, 65 % des élevages avaient présenté au moins un prélèvement séropositif. Toutefois, si on ne considère que les porcs en fin de croissance, comme c'est le cas dans cette étude, la proportion d'élevages présentant un prélèvement séropositif dans notre échantillon n'est alors de 55 %, avec cependant seulement 10 prélèvements par élevage contre plus de 35 en moyenne par élevage pour l'étude de Rose *et al.* (2011). Nos résultats sont donc très probablement sous-estimés par rapport à ceux de cette étude. Au-delà de l'âge des animaux, la différence entre ces résultats peut aussi être expliquée par le type des élevages enquêtés. Dans l'étude

de Rose *et al.* (2011) il s'agissait d'élevages de porcs tirés au sort, sans distinction entre systèmes de production alternatifs et conventionnels. La taille des lots de porcs sélectionnés dans cette étude nous laisse penser qu'il s'agissait vraisemblablement principalement d'élevages conventionnels. Dans notre cas, il s'agit d'élevages alternatifs. Rutjes *et al.* (2014) avaient montré aux Pays-Bas que la séroprévalence dans les élevages biologiques était significativement plus élevée (89 %[12]) que dans les élevages conventionnels (76 %). Plus récemment Charrier *et al.* (2018) avaient mis en évidence une séroprévalence en Corse de 85,4 % pour le VHE. Ces valeurs étaient plus élevées dans les élevages en plein-air que dans les élevages en claustration.

Toutes ces résultats sont ainsi des indicateurs qui participent à définir les composantes de santé. D'autres données collectées participent à les définir mais aussi à caractériser les autres composantes de l'étude (bien-être animal, biosécurité, santé au travail des éleveurs). Le travail de recherche de facteurs de risque relatifs à ces composantes ne débutera qu'une fois celles-ci définies, probablement début 2023, pour des conclusions attendues pour la fin du 1er semestre 2023.

5.3. Perspectives

Les conclusions de l'enquête analytique vont permettre d'émettre des recommandations à destination des éleveurs installés dans un système d'élevage alternatif de porcs ou désirant se convertir, mais également des autres acteurs de la filière porcine (vétérinaires, techniciens d'élevage, pouvoirs publics…). L'objectif est d'aider à sécuriser les filières alternatives d'élevage de porcs en limitant notamment les risques sanitaires qui pourraient avoir des conséquences économiques importantes, les mettant en danger, d'autant que les moyens de lutte peuvent être limités dans ce type d'élevage en termes d'accessibilité (*e.g.* accès restreint aux traitements allopathiques en production bio) ou de faisabilité (traitements plus difficiles des animaux élevés en plein-air par exemple). L'accroissement des mesures de biosécurité est le point de départ de cette maitrise et l'étude analytique devrait permettre de mettre en évidence les principaux points critiques à corriger et/ou mettre en place. La sécurisation sanitaire des élevages alternatifs passera sans doute par la maitrise d'autres facteurs liés au logement, à la conduite des animaux ou à l'alimentation par exemple. D'autre part, les filières alternatives jouissent d'une perception très favorable concernant le bien-être animal. L'objectif est ici de limiter les risques de ternissement de cette image en proposant des mesures ciblées et adaptées permettant d'accroitre le niveau de bien-être animal dans ces élevages. Le but ultime est que ces recommandations soient acceptées et mises en œuvre afin d'éviter un éventuel scandale médiatique remettant en cause la bientraitance des animaux dans ce type d'élevage. Le scandale pourrait aussi être d'ordre sanitaire, avec des contaminations humaines *via* des denrées produites dans ce type d'élevage par exemple. C'est là encore un des objectifs du programme PIGAL de proposer des recommandations afin de limiter ce risque. Mais ces recommandations n'ont de sens que si elles sont applicables. Si nous reprenons l'exemple du parasitisme, le déparasitage des animaux, l'hygiène et le lavage des bâtiments sont des facteurs qui semblent importants à maitriser et applicables. Mais l'été ou encore la présence d'accès plein-air pour les animaux sont d'autres éléments liés à des niveaux de parasitisme élevés. Ces éléments sont structurants et impossibles à modifier à moins de changer le modèle de production. C'est pourquoi les recommandations issues de l'étude analytique doivent être validées dans leur faisabilité. Ce travail constitue le dernier volet du programme PIGAL. La faisabilité de la mise en œuvre des recommandations émises sera évaluée par des entretiens semi directifs auprès d'un panel sélectionné d'acteurs concernés, comme des éleveurs,

[12] soit une valeur très proche de celle obtenue dans notre étude

des techniciens d'élevage ou des vétérinaires. L'objectif de ces entretiens sera de juger de la faisabilité pratique des mesures proposées mais aussi de leur intérêt économique (balance coût/bénéfice). Ces entretiens devaient aussi permettre de faciliter l'acceptation et l'appropriation de ces recommandations par les acteurs professionnels et ainsi d'accroitre leur mise en œuvre dans les élevages alternatifs. Cette étude devrait se dérouler durant le second semestre 2023.

C'est évidemment l'approche intégrée et abordant de manière conjointe les thématiques « santé animale, santé publique, bien-être animal et biosécurité » dans les élevages alternatifs de porcs qui fait la richesse et une des particularités de PIGAL. Toutefois, l'étude en élevage a permis de collecter une quantité colossale de données, certaines caractérisant les élevages, d'autres explicatives. Cette base de données est une richesse et ouvre des possibilités importantes d'études périphériques au programme PIGAL. Le travail réalisé lors de cette thèse sur le parasitisme en est un exemple. Le parasitisme sera selon toute vraisemblance inclus dans la composante santé de l'étude mais nous avons pu travailler, à partir des données collectées, sur ce point précis, que l'on sait critique dans les élevages alternatifs. On pourrait imaginer des travaux similaires sur la pathologie respiratoire dans les élevages alternatifs par exemple, à l'instar de ce qui a pu être fait dans les élevages conventionnels (Fablet *et al.*, 2012a), voire des travaux encore plus spécifiques comme le lien entre *T. gondii* et la biosécurité dans les élevages de porcs par exemple. Ces travaux périphériques pourraient également se concentrer sur certains indicateurs du bien-être animal, avec par exemple une analyse axée sur la caudophagie dans les élevages alternatifs. Il s'agit là d'une problématique importante, à la fois pour les élevages Bio dans lesquels la pratique de la caudectomie est interdite (FNAB, 2018), mais aussi pour l'ensemble des élevages dans lesquels cette pratique doit être justifiée par la présence de lésions et de mesures mises en place afin de prévenir la caudophagie (conditions d'ambiance, chargement des animaux, milieu de vie…) (Conseil de l'Union Européenne, 2008). Il est également légitime de se poser des questions sur le niveau de bien-être des animaux parasités et il serait informatif d'étudier la relation entre les clusters de parasitisme identifiés et les niveaux de bien-être animal établis selon les observations collectées sur les animaux et sur leur environnement.

La diversité des élevages inclus, avec des élevages totalement en plein-air, d'autres avec des secteurs complets en bâtiment sur caillebotis, pourrait nous permettre de mettre en évidence des facteurs de risque et proposer des mesures applicables à l'ensemble des élevages de porcs, quel que soit le système de production. Les conclusions concernant l'hygiène des bâtiments pour maitriser le parasitisme sont *a priori* non spécifiques aux élevages alternatifs. Le programme PIGAL et les études périphériques pourraient donc apporter des connaissances nouvelles à l'ensemble de la filière porcine, et pas uniquement aux filières alternatives.

CONCLUSION

Notre étude a permis de confirmer que le parasitisme représentait un point critique dans les élevages alternatifs de porcs et que la décontamination de l'environnement constituait un point important dans le contrôle des parasites internes, au même titre que l'entretien des bâtiments d'élevage. La conduite des animaux en plein-air ou sur litière sont, en outre, des paramètres associés à des niveaux de parasitisme dégradés, en lien avec des temps de contact avec des excréments potentiellement infestés plus élevés et des décontaminations du sol plus compliquées. Notre étude a aussi permis de mettre en évidence un effet saison, le niveau de parasitisme étant plus élevé en été, notamment vis-à-vis des coccidies et de *T. suis*, en lien avec des conditions plus favorables pour leur développement. Enfin, la fréquence des traitements anthelminthiques impacte les niveaux de parasitisme de façon étonnement différente selon les parasites, favorablement en ce qui concerne *T. suis* et défavorablement pour *A. suum*.

Toutefois, le parasitisme n'est qu'une des composantes du vaste programme de recherche PIGAL et d'autres résultats d'analyses ainsi que d'autres données issues des observations, des mesures et des informations collectées auprès des éleveurs sont aujourd'hui disponibles pour décrire les caractéristiques des élevages alternatifs de porcs français. Au-delà de la description des élevages, l'objectif ultime du programme de recherche PIGAL est d'apporter des connaissances aux éleveurs et aux professionnels afin de sécuriser les filières alternatives d'élevages de porcs dont le développement dépendra de leur viabilité économique mais aussi de leur capacité à maintenir la santé des animaux, dans de bonnes conditions de bien être, tout en évitant les scandales liés à des dangers sanitaires véhiculées par les denrées commercialisées.

À moins que le danger ne vienne d'ailleurs ! Alors que la demande du consommateur ne cessait d'augmenter sur ce type de produits, la consommation semble marquer le pas. Ainsi, la consommation des produits Bio (toutes productions incluses) a baissé en 2021 pour la première fois en huit ans (Agence Bio, 2022). Plus spécifiquement, le marché du porc bio se trouve actuellement dans une phase d'ajustement avec une surproduction (Chokupermal, 2021). *« Nous avons pris la décision d'arrêter le développement de porcs biologiques. Il n'y aura pas d'installation de nouveaux producteurs le temps que le marché se rééquilibre pour absorber la production qui a été mise en place* », a déclaré Antoine Forêt, président de Bio Direct, groupement d'une centaine d'éleveurs bio répartis à travers la France (« BIO DIRECT »), lors de la webconférence sur le porc bio organisée par l'Institut du porc (Ifip) et l'Institut technique de l'Agriculture Biologique (Itab) le 16 décembre 2020 (Chokupermal, 2021). Nous n'avons pas de données récentes concernant la consommation de viandes de porcs issues d'autres filières alternatives, mais les contraintes économiques actuelles poussent certains ménages à faire des choix dans leurs achats, au détriment des filières de qualité (Plassard, 2022). De plus, la montée en puissance des discours véganes ou flexitariens, en lien avec des considérations environnementales, de santé ou de bien-être animal, impacte la consommation de viande. Selon un rapport de FranceAgriMer (2020), la consommation annuelle de viande par habitant a baissé de 9 % en France entre 1998 et 2019, de 15 % en ce qui concerne la viande de porc. Soixante-dix-sept pour cent des consommateurs français anticipent une baisse de leur consommation future (Marette, 2021). La question est maintenant de savoir si cette diminution de la consommation ne serait finalement pas profitable aux filières alternatives, les consommateurs achetant certes moins, mais préférant des produits issus de filières présentant une image de durabilité, respectueuse de l'environnement et du bien-être animal (Marette, 2021), image que le programme de recherche PIGAL a pour objectif de sécuriser en proposant des recommandations sur les volets bien-être animal et santé.

RÉFÉRENCES

AFNOR (2008) NF U47-102 - Méthodes d'analyse en santé animale - Isolement et identification de tout sérovar ou de sérovar(s) spécifié(s) de salmonelles chez les mammifères. *In Afnor EDITIONS*. [https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-u47102/methodes-danalyse-en-sante-animale-isolement-et-identification-de-tout-sero/fa155328/30494] (consulté le 29/06/2022).

AFNOR (2009a) NF U47-003 - Méthodes d'analyse en santé animale - Recherche d'anticorps contre la brucellose par la technique de l'épreuve à l'antigène tamponné. *In Afnor EDITIONS*. [https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-u47003/methodes-danalyse-en-sante-animale-recherche-danticorps-contre-la-brucellos/fa159228/32897] (consulté le 29/06/2022).

AFNOR (2009b) NF U47-004 - Méthodes d'analyse en santé animale - Recherche d'anticorps contre la brucellose par la microméthode de fixation du complément. *In Afnor EDITIONS*. [https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-u47004/methodes-danalyse-en-sante-animale-recherche-danticorps-contre-la-brucellos/fa159227/32898] (consulté le 29/06/2022).

AGENCE BIO (2021a) L'agriculture Bio dans l'Union Européenne. [https://www.agencebio.org/wp-content/uploads/2022/01/Carnet_UE-_2021.pdf] (consulté le 20/04/2022).

AGENCE BIO (2021b) Les chiffres 2020 du secteur bio. [https://www.agencebio.org/wp-content/uploads/2021/07/AGENCE-BIO-JUILLET2021-V08-interactif.pdf] (consulté le 20/04/2022).

AGENCE BIO (2022) Les chiffres 2021 du secteur bio. [https://www.agencebio.org/wp-content/uploads/2022/06/DP-final_AGENCE-BIO-10-juin-2022.pdf] (consulté le 30/08/2022).

AIYEDUN J.O., OLUDAIRO O.O. (2016) Prevalence of intestinal parasitism of swine in a North Central State of Nigeria. *J. adv. vet.* 3(3), 278-281

ALAWNEH J.I., BARNES T.S., PARKE C., *et al.* (2014) Description of the pig production systems, biosecurity practices and herd health providers in two provinces with high swine density in the Philippines. *Prev. Vet. Med.* 114(2), 73-87

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. *Porc. Health Manag.* 1(1), 4

ALBINA E. (1997) Epidemiology of porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS): An overview. *Veterinary Microbiology* 55(1-4), 309-316

ÁLVAREZ J., CASTELLANOS E., ROMERO B., *et al.* (2011) Epidemiological investigation of a *Mycobacterium avium* subsp. *hominissuis* outbreak in swine. *Epidemiol. Infect.* 139(1), 143-148

ANDERSON D.E., MULON P.Y. (2019) Anesthesia and Surgical Procedures in Swine. *In Disease of swine, 11th ed.*, 11th ed. John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, USA, Jeffrey J. Zimmerman, Locke A. Karriker, Alejandro Ramirez, Kent J. Schwartz, Grégory W. Stevenson and Jianqiang Zhang, Eds., pp 171-196

ANDRES V.M., DAVIES R.H. (2015) Biosecurity Measures to Control *Salmonella* and Other Infectious Agents in Pig Farms: A Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 14(4), 317-335

ANONYME (2022) Ceva Santé Animale lance un nouveau kit diagnostic pour dépister la coccidiose du porcelet. *Réussir porc | Tech porc*

ANONYME (s. d.) End the Cage Age. *In End the Cage Age*. [https://www.endthecageage.eu/] (consulté le 07/06/2022).

ANSES (2014) Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à « la situation sanitaire et au risque d'émergence en matière de pestes porcines en France ». Saisine.Maisons-Alfort, Anses

ANSES (2018a) 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 ». [https:// www.anses.fr/fr/system/files/SABA2016SA0288.pdf] (consulté le 01/07/2020).

ANSES (2018b) 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». [https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2018SA0210.pdf] (consulté le 01/07/2020).

ANSES (2018c) Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif aux «Mesures de maîtrise des salmonelles en filière porcine : état des connaissances et appréciation quantitative des risques ». [https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2016SA0037Ra.pdf] (consulté le 29/08/2020).

ANSES (2021) Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif aux « dispositifs de protection des parcours de porcins en plein air vis-à-vis des risques sanitaires ». [https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2018SA0210.pdfhttps://www.anses.fr/fr/system /files/SABA2020SA0026Ra.pdf] (consulté le 19/08/2022).

AREY D.S. (1993) The Effect of Bedding on the Behaviour and Welfare of Pigs. *Anim. Welf.* 2, 235-246

ASSADI-RAD A.M., NEW J.C., PATTON S. (1995) Risk factors associated with transmission of *Toxoplasma gondii* to sows kept in different management systems in Tennessee. *Vet. Parasitol.* 57(4), 289-297

BALLWEBER L.R. (2022) MSD Manual Vetérinary Manual. *In MSD Veterinary Manual*. [https://www.msdvetmanual.com/digestive-system/gastrointestinal-parasites-of-pigs] (consulté le 27/04/2022).

BAUMGARTNER J., LEEB T., GRUBER T., TIEFENBACHER R. (2003) Husbandry and animal health on organic pig farms in Austria. *Anim. Welf.* 12, 631-635

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(1), 82

BERGER F., DAGOM J., LE DENMAT M., *et al.* (1997) Perinatal losses in outdoor pig breeding. A survey of factors influencing piglet mortality. *Ann. Zootech.* 46(4), 321-329

BEUGNET F., POLACK B., DANG H. (2004) Atlas de coproscopie, Kalianxis. ed. France, Kalianxis

BIO DIRECT (s. d.) . *In Le Porc Biologique AB*. [https://www.porcbiologique.fr/] (consulté le 01/09/2022).

BIOSELLAL, INDICAL BIOSCIENCE GMBH (s. d.) Dossier de validation - Pigtype PRRSV Ab.

BIOX DIAGNOSTIC (2020) MONOSCREEN^{TM} AbELISA - Ascaris suum.

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(7), 521-529

BØE K. (1991) The process of weaning in pigs: when the sow decides. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 30(1), 47-59

BOES J. (1997) False-positive Ascaris suum egg counts in pigs. *International Journal for Parasitology* 27(7), 833-838

BONDE M. (2006) Forskellige sundhedsproblemer hos økologiske henholdsvis konventionelle indendørs slagtesvin. *Forskningsnytt Om Oekologisk Landbruk i Norden* n°1, 8-9

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(3), 165-169

BONNEAU M., ANTOINE-ILARI E., PHATSARA C., *et al.* (2011) Diversity of pig production systems at farm level in Europe. *J. Chain Netw. Sci.* 11(2), 115-135

BOQVIST S., ELIASSON-SELLING L., BERGSTRÖM K., MAGNUSSON U. (2012) The association between rainfall and seropositivity to *Leptospira* in outdoor reared pigs. *Vet. J.* 193(1), 135-139

BOUCHAUD C. (2019) Indicateurs de bien-être en élevage porcin : développement d'un outil d'évaluation simplifié à destination des vétérinaires. DMV Thesis. École nationale vétérinaire d'Alfort

BOUGEARD S., LUPO C., CHAUVIN C., *et al.* (2013) Développement de méthodes de régression multibloc pour le traitement des données d'épidémiologie animale. *Epidemiologie et Santé Animale* 63(103-115)

BOUGEARD S., DRAY S. (2018) Supervised Multiblock Analysis in R with the ade4 Package. *Journal of Statistical Software* , 1-17

BOULESTREAU-BOULAY A.-L., DUBOIS A., GUINGAND N., *et al.* (2012) Elever des porcs sur litière Comprendre les fonctionnements, améliorer les résultats. Chambres d'agriculture de Bretagne et des Pays de la Loire, Ifip, Inra

BREWER M.T., GREVE J.H. (2019) Internal Parasites. *In Disease of swine, 11th ed.*, 11th edition. ed. John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, USA, Jeffrey J. Zimmerman, Locke A. Karriker, Alejandro Ramirez, Kent J. Schwartz, Grégory W. Stevenson and Jianqiang Zhang, Eds., pp 1028-1040

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 - Résultats du programme de recherche COREPIG*, Rennes, France, pp 9-31

BROOKS S.P., GELMAN A. (1998) General Methods for Monitoring Convergence of Iterative Simulations. *J. Comput. Graph. Stat.* 7(4), 434-455

BROWN J.M.E., EDWARDS S.A., SMITH W.J., THOMPSON E., DUNCAN J. (1996) Welfare and production implications of teeth clipping and iron injection of piglets in outdoor systems in Scotland. *Prev. Vet. Med.* 27(3), 95-105

BROWN V.R., BEVINS S.N. (2018) A Review of African Swine Fever and the Potential for Introduction into the United States and the Possibility of Subsequent Establishment in Feral Swine and Native Ticks. *Front. Vet. Sci.* 5

CADOR C., POL F., HAMONIAUX M., *et al.* (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(1-2), 102-110

CADOR C., HERVÉ S., ANDRAUD M., *et al.* (2016) Maternally-derived antibodies do not prevent transmission of swine influenza A virus between pigs. *Veterinary Research* 47(1), 86

CALLAWAY T. r., MORROW J. l., JOHNSON A. k., *et al.* (2005) Environmental Prevalence and Persistence of *Salmonella* spp. in Outdoor Swine Wallows. *Foodborne Path. Dis.* 2(3), 263-273

CARSTENSEN L., VAARST M., ROEPSTORFF A. (2002) Helminth infections in Danish organic swine herds. *Vet. Parasitol.* 106(3), 253-264

CHAMBRES D'AGRICULTURE DE BRETAGNE, NORMANDIE ET PAYS DE LA LOIRE (2022) Porcs en agriculture biologique - Cahier des charges - Principaux points.

CHARRIER F., ROSSI S., JORI F., *et al.* (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

CHAUSSADE H., RIGAUD E., ALLIX A., *et al.* (2013) Hepatitis E virus seroprevalence and risk factors for individuals in working contact with animals. *J. Clin. Virol.* 58(3), 504-508

CHOKUPERMAL V. (2021) Porc bio : 2021, année d'ajustement pour le marché français. *Les Marchés*

CIANCIOLO R.E., MOHR F.C. (2016) Chapter 4 - Urinary System. *In Jubb, Kennedy & Palmer's Pathology of Domestic Animals: Volume 2 (Sixth Edition)*. W.B. Saunders, pp 376- 464.e1

CLAVIJO M.J., MURRAY D., OLIVEIRA S., ROVIRA A. (2017) Infection dynamics of *Mycoplasma hyorhinis* in three commercial pig populations. *Vet. Rec.* 181(3), 68-68

CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE (2008) Directive 2008/120/CE du Conseil du 18 décembre 2008 établissant les normes minimales relatives à la protection des porcs (version codifiée)

COOMBS D.W., SPRINGER M.D. (1974) Parasites of feral pig X European wild board hybrids in Southern Texas. *J. Wildl. Dis.* 10(4), 436-441

COURBOULAY V., DELARUE E., EUGENE A. (2008) Evaluation du bien-être des porcs : comparaison d'élevages sur litière ou sur caillebotis. *In Journée de la recherche porcine*. *In Journée de la recherche porcine*, Paris, France, pp 243-250

CVETNIĆ Z., SPICIĆ S., TONCIĆ J., *et al.* (2009) *Brucella suis* infection in domestic pigs and wild boar in Croatia. *Rev. Sci. Tech. OIE* 28(3), 1057-1067

DAGORN D. (2003) L'ascaridiose porcine : enquête dans les abattoirs bertons de 2002 à 2003. DMV Thesis. Faculté de médecine de Nantes

DAMRIYASA I.M., FAILING K., VOLMER R., ZAHNER H., BAUER C. (2004) Prevalence, risk factors and economic importance of infestations with *Sarcoptes scabiei* and *Haematopinus suis* in sows of pig breeding farms in Hesse, Germany. *Med. Vet. Entomol.* 18(4), 361-367

DAVIES P.R. (2011) Intensive swine production and pork safety. *Foodborne Pathog. Dis.* 8(2), 189-201

DE JONG I.C., EKKEL E.D., VAN DE BURGWAL J.A., *et al.* (1998) Effects of strawbedding on physiological responses to stressors and behavior in growing pigs. *Physiol. Behav.* 64(3), 303-310

DE LUCIA A., RABIE A., SMITH R.P., *et al.* (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*, Marchant-Forde, Jeremy N. (Ed.). ed. pp 13-45

DE BOER E., NOUWS J.F.M. (1991) Slaughter pigs and pork as a source of human pathogenic *Yersinia enterocolitica*. *Int. J. Food Microbiol.* 12(4), 375-378

DE DEUS N., CASAS M., PERALTA B., *et al.* (2008) Hepatitis E virus infection dynamics and organic distribution in naturally infected pigs in a farrow-to-finish farm. *Vet Microbiol* 132(1-2), 19-28

DEGRÉ A., DEBOUCHE C., VERHÈVE D. (2007) Conventional versus alternative pig production assessed by multicriteria decision analysis. *Agron. Sustain. Dev.* 27(3), 185-195

DELSART M. (2019) Biosécurité en élevage : exemple de la Peste Porcine Africaine. *In Journée scientifique AEEMA*. *In Journée scientifique AEEMA*, Maison-Alfort, Épidémiol. et santé anim., pp 107-116

DELSART M., DUFOUR B., ARNÉ P., *et al.* (2019) Evaluation des performances d'une grille de notation des lésions cutanées induites par la gale sarcoptique chez le porc. Approche comparée de la sensibilité et de la spécificité des méthodes de notation visuelle des lésions et d'un test ELISA. *Épidémiol. et santé anim.* n°76, 127-140

DELSART M., POL F., DUFOUR B., ROSE N., FABLET C. (2020) Pig Farming in Alternative Systems: Strengths and Challenges in Terms of Animal Welfare, Biosecurity, Animal Health and Pork Safety. *Agriculture* 10(7), 261

DELSART M., FABLET C., ROSE N., *et al.* (2022) Descriptive Epidemiology of the Main Internal Parasites on Alternative Pig Farms in France. *J. of Parasitology* 108(4), 306-321

DELSART M., HOULBERT J. (2012) L'élevage de porcs plein air. *Bulletin des GTV* 66, 27-35

DE PAZ X., VEGA D., DURAN C.O., ANGULO J. (2015) PRRS prevalence in Europe: Perception of the pig veterinary practitioners. *In ESPHM*. *In ESPHM*, Nantes, pp 155

DIAZ D. (2005) The Mycotoxin Blue Book. Nottingham, UK, Nottingham University Press

DIPPEL S., LEEB C., BOCHICCHIO D., *et al.* (2013) Health and welfare of organic pigs in Europe assessed with animal-based parameters. *Org. Agr.* 4, 149-161

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ SANITAIRE DE LA COMMISSION EUROPÉENNE (2013) Guidelines on Surveillance and Control of African Swine Fever in Feral Pigs and Preventive Measures for Pig Holdings. SANCO/7138/2013

DJOKIC V., BLAGA R., AUBERT D., *et al.* (2016a) *Toxoplasma gondii* infection in pork produced in France. *Parasitology* 143(5), 557-567

DJOKIC V., FABLET C., BLAGA R., *et al.* (2016b) Factors associated with *Toxoplasma gondii* infection in confined farrow-to-finish pig herds in western France: an exploratory study in 60 herds. *Parasites Vectors* 9(1), 466

DOHOO I.R., MARTIN W., STRYHN H.E. (2003) Veterinary epidemiologic research, University of Prince Edward Island. ed. Canada, University of Prince Edward Island

DOURMAD J.-Y., SALAÜN Y., LEBRET B., RIQUET J. (2018) Diversité des productions porcines en France. *Innovations Agronomiques* 68, 151-170

DRAY S., DUFOUR A.B., CHESSEL D. (2007) The ade4 Package: II: Two-table and K-table Methods. *R News* n°7, 47-52

DRAY S., DUFOUR A.-B. (2007) The ade4 Package: Implementing the Duality Diagram for Ecologists. *J. Stat. Softw.* 22, 1-20

DRIESEN S., CARLAND P., FAHY V. (1993) Studies on preweaning piglet diarrhoea. *Aust. Vet. J.* 70(7), 259-263

DUBEY J.P. (1986) A review of toxoplasmosis in pigs. *Vet. Parasitol.* 19(3), 181-223

DUBEY J.P., WEIGEL R.M., SIEGEL A.M., *et al.* (1995a) Sources and Reservoirs of *Toxoplasma gondii* Infection on 47 Swine Farms in Illinois. *J. Parasitol.* 81(5), 723-729

DUBEY J.P., THULLIEZ P., WEIGEL R.M., *et al.* (1995b) Sensitivity and specificity of various serologic tests for detection of *Toxoplasma gondii* infection in naturally infected sows. *Am J Vet Res* 56(8), 1030-1036

DUBEY J.P., ANDREWS C.D., THULLIEZ P., LIND P., KWOK O.C.H. (1997) Long-term humoral antibody responses by various serologic tests in pigs orally inoculated with oocysts of four strains of *Toxoplasma gondii*. *Vet. Parasitol.* 68(1), 41-50

DUBEY J.P. (2009) Toxoplasmosis in pigs—The last 20 years. *Vet. Parasitol.* 164(2), 89-103

DUBEY J.P., DESMONTS G. (1987) Serological responses of equids fed *Toxoplasma gondii* oocysts. *Equine Vet. J.* 19(4), 337-339

DUCREUX E., ALOUI B., ROBIN P., *et al.* (2002) Les porcs affichent leurs préférences vis-à-vis du type de sol en fonction de la température ambiante. *In Journées de la Recherche Porcine*. *In Journées de la Recherche Porcine*, Paris, France, pp 211-216

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(14), 324-327

EDWARDS S.A. (2005) Product quality attributes associated with outdoor pig production. *Livest. Prod. Sci.*, *Product quality and livestock systems* 94(1), 5-14

EDWARDS S. (2011) Knowledge synthesis: Animal health and welfare in organic pig production, *Core Organic Project Series Report*Newcastle, Core Organic

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(10), 1-129

EFSA, DESMECHT D., GERBIER G., *et al.* (2021) Epidemiological analysis of African swine fever in the European Union (September 2019 to August 2020). *EFSA Journal* 19(5), e06572

EFSA, ECDPC (2019) The European Union One Health 2018 Zoonoses Report. *EFSA Journal* 17(12), e05926

EFSA, ECDPC (2021) The European Union One Health 2020 Zoonoses Report. *EFSA Journal* 19(12), e06971

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(5), 407-414

ETTERLIN P.E., YTREHUS B., LUNDEHEIM N., *et al.* (2014) Effects of free-range and confined housing on joint health in a herd of fattening pigs. *BMC Vet. Res.* 10, 208

ETTERLIN P.E., MORRISON D.A., ÖSTERBERG J., *et al.* (2015) Osteochondrosis, but not lameness, is more frequent among free-range pigs than confined herd-mates. *Acta Vet. Scand.* 57(1), 63

EYSKER M., BOERDAM G.A., HOLLANDERS W., VERHEIJDEN J.H. (1994) The prevalence of *Isospora suis* and *Strongyloides ransomi* in suckling piglets in The Netherlands. *Vet Q* 16(4), 203-205

FABLET C., MAROIS C., KOBISCH M., MADEC F., ROSE N. (2010) Estimation of the sensitivity of four sampling methods for *Mycoplasma hyopneumoniae* detection in live pigs using a Bayesian approach. *Vet. Microbiol.* 143(2), 238-245

FABLET C., DORENLOR V., EONO F., *et al.* (2012a) Noninfectious factors associated with pneumonia and pleuritis in slaughtered pigs from 143 farrow-to-finish pig farms. *Prev. Vet. Med.* 104(3), 271-280

FABLET C., MAROIS-CRÉHAN C., SIMON G., *et al.* (2012b) Infectious agents associated with respiratory diseases in 125 farrow-to-finish pig herds: A cross-sectional study. *Vet. Microbiol.* 157(1), 152-163

FABLET C., DUBARRY E., ROSE N., POL F. (2020) Alternative pig farms: a diversity of housing types and health statuses. *In EAAP*. *In 71st annual meeting of EAAP*, Virtual meeting, pp 522

FACULTÉ DE MÉDECINE VÉTÉRINAIRE DE LIÈGE (s. d.) Biosécurité à la Faculté de Médecine Vétérinaire. *In Liège Université Médecine Vétérinaire*. [https://www.fmv-biosecurite.ulg.ac.be/generale/definitions.php] (consulté le 22/01/2020).

FAO (2010) Good practices for biosecurity in the pig sector - Issues and options in developing and transition countries, FAO Animal Production and Health. ed. Rome

FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL (2009) Farm Animal Welfare in Great Britain : Past, Present and FutureLondon, Farm Animal Welfare Council

FERGUSON D.J.P. (2009) Toxoplasma gondii: 1908-2008, homage to Nicolle, Manceaux and Splendore. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 104, 133-148

FERNÁNDEZ-BARREDO S., GALIANA C., GARCÍA A., *et al.* (2006) Detection of Hepatitis E Virus Shedding in Feces of Pigs at Different Stages of Production Using Reverse Transcription-Polymerase Chain Reaction. *J. Vet. Diagn. Invest.* 18(5), 462-465

FLEMING P.A., DUNDAS S.J., LAU Y.Y.W., PLUSKE J.R. (2016) Predation by Red Foxes (Vulpes vulpes) at an Outdoor Piggery. *Animals (Basel)* 6(10)

FNAB (2018) Élever des porcs en Bio. Fédération Nationale d'Agriculture Biologique, Paris

FONDREVEZ M., MINVIELLE B., LABBÉ A., *et al.* (2014) Prevalence of pathogenic *Yersinia enterocolitica* in slaughter-aged pigs during a one-year survey, 2010-2011, France. *Int J Food Microbiol* 174, 56-62

FORBES L.B., PARKER S.E., GAJADHAR A.A. (2012) Performance of commercial ELISA and agglutination test kits for the detection of anti-*Toxoplasma gondii* antibodies in serum and muscle fluid of swine infected with 100, 300, 500 or 1000 oocysts. *Veterinary Parasitology* 190(3), 362-367

FOSSE J., SEEGERS H., MAGRAS C. (2009) Prevalence and Risk Factors for Bacterial Food-Borne Zoonotic Hazards in Slaughter Pigs: A Review. *Zoonoses Public Health.* 56(8), 429-454

FOUROUR S., FABLET C., TOCQUEVILLE V., *et al.* (2018a) A new multiplex real-time TaqMan® PCR for quantification of *Mycoplasma hyopneumoniae*, *M. hyorhinis* and *M. flocculare*: exploratory epidemiological investigations to research mycoplasmal association in enzootic pneumonia-like lesions in slaughtered pigs. *J. Appl. Microbiol.* 125(2), 345-355

FOUROUR S., FABLET C., TOCQUEVILLE V., *et al.* (2018b) Recherche de *Mycoplasma hyopneumoniae*, *M. hyorhinis* et *M. flocculare* dans des poumons atteints de pneumonie : étude exploratoire dans 41 lots de porcs. *In Journées Recherche Porcine*. *In Journées Recherche Porcine*, Paris, pp 237-238

FRANCEAGRIMER (2020) Consommation des produits carnés en 2019. [https://www.franceagrimer.fr/content/download/64994/document/STA-VIA-Consommation%20des%20produits%20carn%C3%A9s%20en%202019.pdf]

FRÜH B., BOCHICCHIO D., EDWARDS S., *et al.* (2018) Description of organic pig production in Europe. *Org. Agr.* 4(2), 149-161

FUNK J.A., ABLEY M.J., BOWMAN A.S., *et al.* (2013) Prevalence of *Yersinia enterocolitica* in antimicrobial-free and conventional antimicrobial use swine production. *Foodborne Pathog. Dis.* 10(6), 514-519

FUNK J., WAGSTROM E. (2019) Preharvest Food Safety, Zoonotic Diseases, and the Human Health Interface. *In Disease of swine, 11th ed.*, 11th edition. ed. John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, USA, Jeffrey J. Zimmerman, Locke A. Karriker, Alejandro Ramirez, Kent J. Schwartz, Grégory W. Stevenson and Jianqiang Zhang, Eds., pp 197-210

GANIERE J.P., ANDRE-FONTAINE G., DROUIN P., *et al.* (1991) L'écopathologie : une méthode d'approche de la santé en élevage. *INRA Productions Animales* 4(3), 247-256

GARCÍA-BOCANEGRA I., DUBEY J.P., SIMON-GRIFÉ M., *et al.* (2010) Seroprevalence and risk factors associated with *Toxoplasma gondii* infection in pig farms from Catalonia, north-eastern Spain. *Res. Vet. Sci.* 89(1), 85-87

GARIN-BASTUJI B., HARS J., CALVEZ D., THIÉBAUD M., ARTOIS M. (2000) Brucellosis of domestic pigs. Re-emergence of Brucella suis biovar 2 in France. *Épidémiol. et santé anim.* n°No. 38, 1-5

GDS 49 (s. d.) SDRP. *In GDS 49 - Maine et Loire*. [https://www.gds49.com/telechargements/fiches-maladies/sdrp/] (consulté le 25/08/2022).

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(2), 199-203

GERZOVA L., BABAK V., SEDLAR K., *et al.* (2015) Characterization of Antibiotic Resistance Gene Abundance and Microbiota Composition in Feces of Organic and Conventional Pigs from Four EU Countries. *PLoS One* 10(7)

GILLMAN C.E., KILBRIDE A.L., OSSENT P., GREEN L.E. (2008) A cross-sectional study of the prevalence and associated risk factors for bursitis in weaner, grower and finisher pigs from 93 commercial farms in England. *Prev. Vet. Med.* 83(3), 308-322

GOTTER V., KLEIN G., KOESTERS S., *et al.* (2012) Main risk factors for Salmonella-infections in pigs in north-western Germany. *Prev. Vet. Med.* 106(3), 301-307

GRAAT E.A.M., HENKEN A.M., PLOEGER H.W., NOORDHUIZEN J.P.T.M., VERTOMMEN M.H. (1994) Rate and course of sporulation of oocysts of *Eimeria acervulina* under different environmental conditions. *Parasitology* 108(5), 497-502

GRIFFITH R.W., CARLSON S.A., KRULL A. (2019) Salmonellosis. *In Disease of swine, 11th ed.*, 11th ed. John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, USA, Jeffrey J. Zimmerman, Locke A. Karriker, Alejandro Ramirez, Kent J. Schwartz, Grégory W. Stevenson and Jianqiang Zhang, Eds., pp 912-925

GRIMONT P.A.D., WEILL FX. (2007) Formules antigéniques des sérovars de Salmonella - 9ème édition.

GUILLOIS Y., ABRAVANEL F., MIURA T., *et al.* (2016) High Proportion of Asymptomatic Infections in an Outbreak of Hepatitis E Associated With a Spit-Roasted Piglet, France, 2013. *Clin. Infect. Dis.* 62(3), 351-357

GÜRTLER M., ALTER T., KASIMIR S., LINNEBUR M., FEHLHABER K. (2005) Prevalence of *Yersinia enterocolitica* in Fattening Pigs. *J. Food Prot.* 68(4), 850-854

GUY J.H., ROWLINSON P., CHADWICK J.P., ELLIS M. (2002a) Behaviour of two genotypes of growing–finishing pig in three different housing systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 75(3), 193-206

GUY J.H., ROWLINSON P., CHADWICK J.P., ELLIS M. (2002b) Health conditions of two genotypes of growing-finishing pig in three different housing systems: Implications for welfare. *Livest. Prod. Sci.* 75(3), 233-243

GUY J.H., EDWARDS S. (2006) Alternative production systems. *In Livestock Production and Society*, R. Geers and F Madec. ed. Wageningen, The Netherlands, Wageningen Academic Pub, pp 273-286

HÄMEENOJA P. (2002) Animal Health and Welfare – Pig Production. *Acta Vet. Scand.* 43(1), S33

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(2), 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(9)

HEIDELBERGER P., WELCH P.D. (1983) Simulation Run Length Control in the Presence of an Initial Transient. *Operations Research* 31(6), 1109-1144

HEINONEN M., ORAVAINEN J., ORRO T., *et al.* (2006) Lameness and fertility of sows and gilts in randomly selected loose-housed herds in Finland. *Vet. Rec.* 159(12), 383-387

HELLSTRÖM S., LAUKKANEN R., SIEKKINEN K.-M., *et al.* (2010) Listeria monocytogenes contamination in pork can originate from farms. *J. Food Prot.* 73(4), 641-648

HEMSWORTH P.H. (2003) Human–animal interactions in livestock production. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, *International Society for Applied Ethology Special Issue: A selection of papers from the ISAE international congresses, 1999-2001* 81(3), 185-198

HENRY Y., SÈVE B., COLLÉAUX Y., *et al.* (1992) Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin. *J. Anim. Sci.* 70(6), 1873-1887

HERVÉ S., GORIN S., QUÉGUINER S., *et al.* (2011) Estimation de la séroprévalence des virus influenza chez le porc charcutier en France en 2008-2009. *Journée de la Recherche Porcine* , 281-282

HILL C.H. (1957) The survival of swine whipworm eggs in hog lots. *J. Parasitol.* 43(1)

HILL D.E., CHIRUKANDOTH S., DUBEY J.P., LUNNEY J.K., GAMBLE H.R. (2006) Comparison of detection methods for *Toxoplasma gondii* in naturally and experimentally infected swine. *Vet. Parasitol.* 141(1), 9-17

HINDSBO O., NIELSEN C.V., ANDREASSEN J., *et al.* (2000) Age-dependent occurrence of the intestinal ciliate *Balantidium coli* in pigs at a Danish research farm. *Acta Vet Scand* 41(1), 79-83

HINNEY B., CVJETKOVIĆ V., ESPIGARES D., *et al.* (2020) *Cystoisospora suis* Control in Europe Is Not Always Effective. *Front Vet Sci* 7

HONEYMAN M., MCGLONE J.J., KLIEBENSTEIN J., LARSON B. (2001) Outdoor Pig Production. *Pork Industry handbook* , 9

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.*, *Product quality and livestock systems* 94(1), 15-24

HOOGENBOOM L.A.P., BOKHORST J.G., NORTHOLT M.D., *et al.* (2008) Contaminants and microorganisms in Dutch organic food products: a comparison with conventional products. *Food Addit. Contam.* 25(10), 1195-1207

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(1), 27-39

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(1), 102-107

HOVI M., SUNDRUM A., THAMSBORG S.M. (2003) Animal health and welfare in organic livestock production in Europe: current state and future challenges. *Livest. Prod. Sci.*, *Organic Livestock Production* 80(1), 41-53

HU W.P., LU Y., PRECIOSO N.A., *et al.* (2008) Double-antigen enzyme-linked immunosorbent assay for detection of hepatitis E virus-specific antibodies in human or swine sera. *Clin Vaccine Immunol* 15(8), 1151-1157

HULTÉN F., DALIN A.-M., LUNDEHEIM N., EINARSSON S. (1995) Ovulation frequency among sows group-housed during late lactation. *Anim. Reprod. Sci.* 39(3), 223-233

ID Screen® Influenza A Nucleoprotein Swine Indirect (s. d.) . *In IDvet*. [https://www.id-vet.com/fr/produit/id-screen-influenza-a-nucleoprotein-swine-indirect/] (consulté le 28/06/2022).

ID.VET (2019) ID Screen® Influenza A Nucleoprotein Swine Indirect (Internal validation report).

IFIP (2022) Porc par les chiffres, la filière porcine en France, dans l'UE et dans le monde, édition 2021-2022. Paris, IFIP-Institut du porc

INDICAL BIOSCIENCE GMBH (2019) Pigtype PRRSV Ab- Handbook.

INGENASA (2018) INgezim PRRS 2.0. [https://gentechbio.com/wp-content/uploads/2022/06/HB-1944-EN-004_PT-PRRSV_May-2019.pdf]

INGRAM D.L., LEGGE K.F. (1970) The thermoregulatory behavior of young pigs in a natural environment. *Physiol. Behav.* 5(9), 981-987

INPAQ - L'Interprofession Porcine d'Aquitaine - Campagne de Prophylaxie (s. d.) . [http://www.inpaq.org/arepsa.asp] (consulté le 25/08/2022).

JENSEN P. (1986) Observations on the maternal behaviour of free-ranging domestic pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 16(2), 131-142

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(3), 1833-1842

JESUDOSS CHELLADURAI J., MURPHY K., SNOBL T., *et al.* (2017) Molecular Epidemiology of Ascaris Infection Among Pigs in Iowa. *J Infect Dis* 215(1), 131-138

JOACHIM A., RUTTKOWSKI B., ZIMMERMANN M., DAUGSCHIES A., MUNDT H.-C. (2004) Detection of *Isospora suis* (Biester and Murray 1934) in Piglet Faeces – Comparison of Microscopy and PCR. *J. Vet. Med. B* 51(3), 140-142

JOACHIM A., RUTTKOWSKI B., SPERLING D. (2018) Detection of *Cystoisospora suis* in faeces of suckling piglets – when and how? A comparison of methods. *Porc. Health Manag.* 4(1), 20

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(10), 2571-2579

JOHNSON J., SAMARASINGHE B., BUDDLE R., ARMSON A., RYAN U. (2008) Molecular identification and prevalence of *Isospora* sp. in pigs in Western Australia using a PCR–RFLP assay. *Experimental Parasitology* 120(2), 191-193

JOLIE R., BÂCKSTRÖM L., PINCKNEY R., OLSON L. (1998) Ascarid infection and respiratory health in feeder pigs raised on pasture or in confinement. *J. Swine Health Prod.* 6(3), 115-120

JOLLIFFE I.T. (2002) Principal Component Analysis, Second Edition. New-York, USA, Springer

JØRGENSEN B. (2003) Influence of floor type and stocking density on leg weakness, osteochondrosis and claw disorders in slaughter pigs. *Anim. Sci.* 77(3), 439-449

JOSEPH L., GYORKOS T.W., COUPAL L. (1995) Bayesian estimation of disease prevalence and the parameters of diagnostic tests in the absence of a gold standard. *Am J Epidemiol* 141(3), 263-272

KAGIRA J.M., KANYARI P.N., GITHIGIA S.M., *et al.* (2012) Risk factors associated with occurrence of nematodes in free range pigs in Busia District, Kenya. *Trop Anim Health Prod* 44(3), 657-664

KANIS E., GROEN A.F., DE GREEF K.H. (2003) Societal Concerns about Pork and Pork Production and Their Relationships to the Production System. *J Agric Environ Ethics* 16(2), 137-162

KARG H., BILKEI G. (2002) Causes of sow mortality in Hungarian indoor and outdoor pig production units. *Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr.* 115, 366-368

KEMPF I., KEROUANTON A., BOUGEARD S., *et al.* (2017) *Campylobacter coli* in Organic and Conventional Pig Production in France and Sweden: Prevalence and Antimicrobial Resistance. *Front. Microbiol.* 8, 955

KÉROUANTON A., ROSE V., EVEN M., HOUARD E., DENIS M. (2013) Prevalence and genetic diversity of *Salmonella* in organic and conventional pig productions in France. *In I3S*. Saint-Malo, France, Geneviève Clément et Pierre Colin, pp 279-280

KIJLSTRA A., EIJCK I.A.J.M. (2006) Animal health in organic livestock production systems: a review. *NJAS Wagen. J. Life Sc.* 54(1), 77-94

KILBRIDE A.L., MENDL M., STATHAM P., *et al.* (2012) A cohort study of preweaning piglet mortality and farrowing accommodation on 112 commercial pig farms in England. *Prev. Vet. Med.* 104(3-4), 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(9), 2384-2390

KLUN I., DJURKOVIĆ-DJAKOVIĆ O., KATIĆ-RADIVOJEVIĆ S., NIKOLIĆ A. (2006) Cross-sectional survey on *Toxoplasma gondii* infection in cattle, sheep and pigs in Serbia: Seroprevalence and risk factors. *Vet. Parasitol.* 135(2), 121-131

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(1), 121-127

KOCHANOWSKI M., KARAMON J., DĄBROWSKA J., *et al.* (2017) Occurrence of Intestinal Parasites in Pigs in Poland - the Influence of Factors Related to the Production System. *J Vet Res* 61(4), 459-466

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(1), 218

KRYSTALLIS A., DE BARCELLOS M.D., KÜGLER J.O., VERBEKE W., GRUNERT K.G. (2009) Attitudes of European citizens towards pig production systems. *Livest. Sci.* 126(1), 46-56

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(5), 205-208

LARIVIÉRE-GAUTHIER G., LETELLIER A., KÉROUANTON A., *et al.* (2014) Analysis of *Listeria monocytogenes* Strain Distribution in a Pork Slaughter and Cutting Plant in the Province of Quebec. *J. Food Prot.* 77(12), 2121-2128

LARSEN M.N., ROEPSTORFF A. (1999) Seasonal variation in development and survival of *Ascaris suum* and *Trichuris suis* eggs on pastures. *Parasitology* 119(2), 209-220

LAUKKANEN R., MARTÍNEZ P.O., SIEKKINEN K.-M., *et al.* (2009) Contamination of Carcasses with Human Pathogenic *Yersinia enterocolitica* 4/O:3 Originates from Pigs Infected on Farms. *Foodborne Pathog. Dis.* 6(6), 681-688

LÊ S., JOSSE J., HUSSON F. (2008) FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software* 25, 1-18

LEEB C., RUDOLPH G., BOCHICCHIO D., *et al.* (2019) Effects of three husbandry systems on health, welfare and productivity of organic pigs. *Animal* 13(9), 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(2), 145-161

LEQUEUX G. (2006) L'infestation des truies par *Oesophagostomum* spp. : Enquête en abattoir et en élevages dans l'ouest de la France. DMV Thesis. Oniris

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(1), 33

LINDGREN K., GUNNARSSON S., HÖGLUND J., LINDAHL C., ROEPSTORFF A. (2020) Nematode parasite eggs in pasture soils and pigs on organic farms in Sweden. *Org. Agr.* 10(3), 289-300

LINDSAY D.S., NEIGER R., HILDRETH M. (2002) Porcine Enteritis Associated with *Eimeria spinosa* Henry, 1931 Infection. *J. Parasitol.* 88(6), 1262-1263

LINDSAY D.S., DUBEY J.P., SANTÍN-DURÁN M. (2019) Coccidia and Other Protozoa. *In Disease of swine, 11th ed.*, 11th edition. ed. John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, USA, Jeffrey J. Zimmerman, Locke A. Karriker, Alejandro Ramirez, Kent J. Schwartz, Grégory W. Stevenson and Jianqiang Zhang, Eds., pp 1015-1027

LORENCOVA A., BABAK V., LAMKA J. (2016) Serological Prevalence of Enteropathogenic *Yersinia* spp. in Pigs and Wild Boars from Different Production Systems in the Moravian Region, Czech Republic. *Foodborne Path. Dis.* 13(5), 275-279

LUND V., ALGERS B. (2003) Research on animal health and welfare in organic farming—a literature review. *Livest. Prod. Sci.* 80(1-2), 55-68

LUNN D., SPIEGELHALTER D., THOMAS A., BEST N. (2009) The BUGS project: Evolution, critique and future directions. *Stat Med* 28(25), 3049-3067

MADSON D.M., MADSON P.H.E., ARRUDA B.L. (2019) Nervous and Locomotor System. *In Disease of swine, 11th ed.*, 11th edition. ed. John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, USA, Jeffrey J. Zimmerman, Locke A. Karriker, Alejandro Ramirez, Kent J. Schwartz, Grégory W. Stevenson and Jianqiang Zhang, Eds., pp 339-372

MAES D., DELUYKER H., VERDONCK M., *et al.* (1999) Risk Indicators for the Seroprevalence of *Mycoplasma hyopneumoniae*, Porcine Influenza Viruses and Aujeszky's Disease Virus in Slaughter Pigs from Fattening Pig Herds. *J Vet Med B* 46(5), 341-352

MALMAURET L., PARENT-MASSIN D., HARDY J.-L., VERGER P. (2002) Contaminants in organic and conventional foodstuffs in France. *Food Addit. Contam.* 19(6), 524-532

MARETTE S. (2021) Les perceptions des consommateurs et l'avenir de la consommation de viande. *Viandes et produits carnés* 37, 1-11

MARTINEAU G.-P. (1997) Maladies d'élevage des porcs, 1ère Edition. ed. France, FRANCE AGRICOLE

MARTINEAU G.P., MORVAN H. (2010) Maladies d'élevage des porc, 2nd édition. ed. Paris, France, France Agricole

MARTÍNEZ-PÉREZ J.M., VANDEKERCKHOVE E., VLAMINCK J., GELDHOF P., MARTÍNEZ-VALLADARES M. (2017) Serological detection of *Ascaris suum* at fattening pig farms is linked with performance and management indices. *Vet. Parasitol.* 248, 33-38

MASON S.P., JARVIS S., LAWRENCE A.B. (2003) Individual differences in responses of piglets to weaning at different ages. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 80(2), 117-132

MATLOVA L., DVORSKA L., PALECEK K., *et al.* (2004) Impact of sawdust and wood shavings in bedding on pig tuberculous lesions in lymph nodes, and IS1245 RFLP analysis of *Mycobacterium avium* subsp. *hominissuis* of serotypes 6 and 8 isolated from pigs and environment. *Vet. Microbiol.* 102(3), 227-236

MIAO Z.H., GLATZ P.C., RU Y.J. (2004) Review of Production, Husbandry and Sustainability of Free-range Pig Production Systems. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 17(11), 1615-1634

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(2), 293-299

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE (2018) Ambition Bio 2022 - Plan d'actions des acteurs de l'agriculture et de l'alimentation. *In Ministère de l'Agriculture et de l'alimentation*. [https://agriculture.gouv.fr/ambition-bio-2022-plan-dactions-des-acteurs-de-lagriculture-et-de-lalimentation] (consulté le 02/09/2022).

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, *JORF*. pp 1-6

MINISTERIO DE MEDIO AMBIANTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (2009) Real Decreto 1221/2009, de 17 de julio, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones de ganado porcino extensivo y por el que se modifica el Real Decreto 1547/2004, de 25 de junio, por el que se establecen las normas de ordenación de las explotaciones cunícolas., *Boletín Oficial des Estado: Madrid, Spain*. pp 66585-66597

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* n°1, 191

MORRISON R.S., JOHNSTON L.J., HILBRANDS A.M. (2007) The behaviour, welfare, growth performance and meat quality of pigs housed in a deep-litter, large group housing system compared to a conventional confinement system. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 103(1), 12-24

MOUTTOTOU N., GREEN L.E., HATCHELL F.M. (1998) Adventitious bursitis of the hock in finishing pigs: prevalence, distribution and association with floor type and foot lesions. *Vet. Rec.* 142(5), 109-114

MURRELL K.D. (2016) The dynamics of *Trichinella spiralis* epidemiology: Out to pasture? *Vet. Parasitol.* 231, 92-96

NANSEN P., ROEPSTORFF A. (1999) Parasitic helminths of the pig: factors influencing transmission and infection levels. *Int. J. Parasitol.* 29(6), 877-891

NEJSUM P., THAMSBORG S.M., PETERSEN H.H., *et al.* (2009) Population dynamics of *Ascaris suum* in trickle-infected pigs. *J Parasitol* 95(5), 1048-1053

NIESTRATH M., TAKLA M., JOACHIM A., DAUGSCHIES A. (2002) The role of *Isospora suis* as a Pathogen in Conventional Piglet Production in Germany. *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health* 49(4), 176-180

NOLLET N., MAES D., DE ZUTTER L., *et al.* (2004) Risk factors for the herd-level bacteriologic prevalence of *Salmonella* in Belgian slaughter pigs. *Prev. Vet. Med.* 65(1-2), 63-75

NORWOOD F.B., LUSK J.L. (2011) A calibrated auction-conjoint valuation method: Valuing pork and eggs produced under differing animal welfare conditions. *J. Environ. Econ. Manag.* 62(1), 80-94

NOWAK B., MUEFFLING T.V., CASPARI K., HARTUNG J. (2006) Validation of a method for the detection of virulent *Yersinia enterocolitica* and their distribution in slaughter pigs from conventional and alternative housing systems. *Vet. Microbiol.* 117(2-4), 219-228

OECD (2022) Meat consumption (indicator). https://doi.org/10.1787/fa290fd0-en.

OIE (2021) Fiches d'information générale sur les maladies : Grippe porcine.

OLSEN A.W., DYBKJÆR L., SIMONSEN H.B. (2001) Behaviour of growing pigs kept in pens with outdoor runs: II. Temperature regulatory behaviour, comfort behaviour and dunging preferences. *Livest. Prod. Sci.* 69(3), 265-278

OLSEN S.C., BOGGIATTO P., NOL P., SAMARTINO L. (2019) Brucellosis. *In Disease of swine, 11th ed.*, 11th edition. ed. John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, USA, Jeffrey J. Zimmerman, Locke A. Karriker, Alejandro Ramirez, Kent J. Schwartz, Grégory W. Stevenson and Jianqiang Zhang, Eds., pp 778-791

ÖSTERBERG J., WINGSTRAND A., NYGAARD JENSEN A., *et al.* (2016) Antibiotic Resistance in *Escherichia coli* from Pigs in Organic and Conventional Farming in Four European Countries. *PLoS ONE* 11(6), e0157049

PABLOS-TANARRO A., ORTEGA-MORA L.M., PALOMO A., CASASOLA F., FERRE I. (2018) Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* in Iberian pig sows. *Parasitol. Res.* 117(5), 1419-1424

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

PARDINI L., MAKSIMOV P., HERRMANN D.C., *et al.* (2012) Evaluation of an in-house TgSAG1 (P30) IgG ELISA for diagnosis of naturally acquired *Toxoplasma gondii* infection in pigs. *Vet. Parasitol.* 189(2), 204-210

PEARCE G.P. (1999) Interactions between dietary fibre, endo-parasites and *Lawsonia intracellularis* bacteria in grower–finisher pigs. *Vet. Parasitol.* 87(1), 51-61

PERECKIENĖ A., KAZIŪNAITĖ V., VYŠNIAUSKAS A., *et al.* (2007) A comparison of modifications of the McMaster method for the enumeration of *Ascaris suum* eggs in pig faecal samples. *Vet. Parasitol.* 149(1), 111-116

PETERSEN H.H., ANDREASEN A., KRINGEL H., ROEPSTORFF A., THAMSBORG S.M. (2014) Parasite population dynamics in pigs infected with *Trichuris suis* and *Oesophagostomum dentatum*. *Vet Parasitol.* 199(1-2), 73-80

PIERRON A., ALASSANE-KPEMBI I., OSWALD I.P. (2016) Impact of mycotoxin on immune response and consequences for pig health. *Anim. Nutr.* 2(2), 63-68

PIETERS M.G., MAES D. (2019) Mycoplasmosis. *In Disease of swine, 11th ed.*, 11th edition. ed. John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, USA, Jeffrey J. Zimmerman, Locke A. Karriker, Alejandro Ramirez, Kent J. Schwartz, Grégory W. Stevenson and Jianqiang Zhang, Eds., pp 863-883

PLASSARD J. (2022) Bienvenue en «cheapflation». *In Le Temps*. [https://www.letemps.ch/opinions/bienvenue-cheapflation] (consulté le 01/09/2022).

PLUSKE J.R., WILLIAMS I.H., AHERNE F.X. (1996) Maintenance of villous height and crypt depth in piglets by providing continuous nutrition after weaning. *Anim. Sci.* 62(1), 131-144

PRITCHARD G., DENNIS I., WADDILOVE J. (2005) Biosecurity: reducing disease risks to pig breeding herds. *In Practice* 27(5), 230-237

PRUNIER A. (2010a) Caractéristiques des élevages enquêtés dans le projet Corepig. *In Prévention de la santé des porcs en élevages biologiques*. *In Prévention de la santé des porcs en élevages biologiques - Résultats du programme de recherche COREPIG*, Rennes, France, pp 32-44

PRUNIER A. (2010b) Évaluation de la situation du parasitisme dans les élevages porcins biologiques. *In Prévention de la santé des porcs en élevages biologiques*. *In Prévention de la santé des porcs en élevages biologiques - Résultats du programme de recherche COREPIG*, Rennes, France, pp 45-54

PRUNIER A., BOURGOIN A., CALVAR C., *et al.* (2012) Caractéristiques des élevages de porcs biologiques dans six pays européens. *In Journées de la recherche porcine*. *In Journées de la recherche porcine*, Paris, pp 247-252

PRUNIER A., HEINONEN M., QUESNEL H. (2010) High physiological demands in intensively raised pigs: impact on health and welfare. *Animal* 4(6), 886-898

PRUNIER A., LUBAC S., MEJER H., ROEPSTORFF A., EDWARDS S. (2014) Health, welfare and production problems in organic suckling piglets. *Org. Agr.* 4(2), 107-121

PU Y., LI S., XIONG H., *et al.* (2018) Iron Promotes Intestinal Development in Neonatal Piglets. *Nutrients* 10(6)

PUSSEMIER L., LARONDELLE Y., VAN PETEGHEM C., HUYGHEBAERT A. (2006) Chemical safety of conventionally and organically produced foodstuffs: A tentative comparison under Belgian conditions. *Food Control* 17(1), 14-21

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2008) R: A language and environment for statistical computing. [http://www.R-project.org] (consulté le 17/05/2021).

RAFTERY A.E., LEWIS S.M. (1992) Comment: One Long Run with Diagnostics: Implementation Strategies for Markov Chain Monte Carlo. *Stat. Sci.* 7(4), 493-497

RAMONET Y., LE GAL M. (2015) Typologie des exploitations élevant des porcs sur litière en Bretagne. *In Journées de la recherche porcine*. *In Journées de la recherche porcine*, Paris, pp 221-222

RANGSTRUP-CHRISTENSEN L., KROGH M.A., PEDERSEN L.J., SØRENSEN J.T. (2018a) Sow level risk factors for early piglet mortality and crushing in organic outdoor production. *Animal* 12(4), 810-818

RANGSTRUP-CHRISTENSEN L., SCHILD SL.A., PEDERSEN L.J., SØRENSEN J.T. (2018b) Causes of preweaning mortality in organic outdoor sow herds. *Res. Vet. Sci.* 118, 171-180

RIBICICH M., GAMBLE H.R., BOLPE J., *et al.* (2009) Evaluation of the risk of transmission of *Trichinella* in pork production systems in Argentina. *Vet. Parasitol.*, *Special Issue: Selected papers presented at the 12th International Conference on Trichinellosis* 159(3), 350-353

ROBLEDO J., VARGAS J.D., GONZÁLEZ F., *et al.* (2007) Animal welfare and production in the Iberian Pig. *In 6th International Symposium on the Mediterranean Pig*. Messina - Capo d'Orlando (ME), Italy, Nanni Costa L.,Zambonelli P., Russo V. Eds; L. Nanni Costa: Bologna, Italy, pp 146-152

RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ V., SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ M., GÓMEZ-CASTRO A.G., EDWARDS S.A. (2010) Group sizes and resting locations of free range pigs when grazing in a natural environment. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 127(1), 28-36

ROEPSTORFF A., ERIKSEN L., SLOTVED H.-C., NANSEN P. (1997) Experimental *Ascaris suum* infection in the pig: worm population kinetics following single inoculations with three doses of infective eggs. *Parasitology* 115(4), 443-452

ROEPSTORFF A., NILSSON O., OKSANEN A., *et al.* (1998) Intestinal parasites in swine in the Nordic countries: prevalence and geographical distribution. *Vet. Parasitol.* 76(4), 305-319

ROEPSTORFF A. (1998) Natural Ascaris suum infections in swine diagnosed by coprological and serological (ELISA) methods. *Parasitol. Res.* 84(7), 537-543

ROEPSTORFF A., MURRELL K.D., BOES J., PETKEVICIUS S. (2001) Ecological influences on transmission rates of *Ascaris suum* to pigs on pastures. *Vet. Parasitol.* 101(2), 143-153

ROEPSTORFF A., MEJER H., NEJSUM P., THAMSBORG S.M. (2011) Helminth parasites in pigs: New challenges in pig production and current research highlights. *Vet. Parasitol.*, *Special Issue: Towards good management practises in parasite control* 180(1), 72-81

ROEPSTORFF A., NANSEN P. (1994) Epidemiology and control of helminth infections in pigs under intensive and non-intensive production systems. *Vet. Parasitol.*, *Special Issue: 14th W.A.A.V.P. Conference* 54(1), 69-85

ROEPSTORFF A., NANSEN P. (1998) Epidemiology, diagnosis and control of helminth parasites of swine, *FAO animal health manual*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations

ROGAN W.J., GLADEN B. (1978) Estimating prevalence from the results of a screening test. *Am J Epidemiol* 107(1), 71-76

ROGUET C. (2018) Acceptabilité des élevages par la société en France : cartographie des controverses, mobilisations collectives et prospective. *In accept*. [http://accept.ifip.asso.fr] (consulté le 07/02/2020).

ROMAN A.V., LUKESOVA D., NOVAK P., ZIZLAVSKY M. (2006) Biosecurity in pig breeding herds. *Agric. Trop. Subtrop.* 39, 119-124

ROMIG T., DINKEL A., MACKENSTEDT U. (2006) The present situation of echinococcosis in Europe. *Parasitol. Int.* 55, S187-S191

ROSE N., BOUTROUILLE A., FABLET C., *et al.* (2010) The use of Bayesian methods for evaluating the performance of a virus-like particles-based ELISA for serology of hepatitis E virus infection in swine. *J. Virol. Methods* 163(2), 329-335

ROSE N., LUNAZZI A., DORENLOR V., *et al.* (2011) High prevalence of Hepatitis E virus in French domestic pigs. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases* 34(5), 419-427

ROSE N., HERVÉ S., EVENO E., *et al.* (2013) Dynamics of influenza A virus infections in permanently infected pig farms: evidence of recurrent infections, circulation of several swine influenza viruses and reassortment events. *Vet Res* 44(1), 72

ROUSING T. (2011) Final report for Project no. 1904. Prevention of selected diseases and parasites in organic pig hreds - by means of HACCP based management and surveillance programme (CorePig). Report.Aarhus, Denmark, University of Aarhus

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(4), 640-642

RUTTKOWSKI B., JOACHIM A., DAUGSCHIES A. (2001) PCR-based differentiation of three porcine Eimeria species and Isospora suis. *Vet. Parasitol.* 95(1), 17-23

RYAN E.B., FRASER D., WEARY D.M. (2015) Public Attitudes to Housing Systems for Pregnant Pigs. *PLoS ONE* 10(11), e0141878

SALAJPAL K., KAROLYI D., LUKOVIĆ Z. (2013) Sanitary aspects of outdoor farming systems. *In Acta Argiculturae Slovenica*. *In 8th International Symposium on the Mediterranean Pig*, Slovenia, Ljubljana, pp 109-117

SANCHEZ-BOTIJA C. (1963) Reservorios del virus de la Paste Porcina Africana. Investigation del virus de la P. P. A. en las arthropodos mediante la prueba de la hemadsocion. *Bull. Off. Int. Epizootiol.* 60, 895-899

SANCHEZ-VAZQUEZ M.J., SMITH R.P., KANG S., *et al.* (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(3), 271-279

SATO P., HÖTZEL M.J., VON KEYSERLINGK M.A.G. (2017) American Citizens' Views of an Ideal Pig Farm. *Animals* 7(8)

SCHOUTEN W.G.P. (1986) Rearing conditions and behaviour in pigs. Ph.D Thesis. Wageningen Agricultural University

SCHULZIG H.S., FEHLHABER K. (2005) [Longitudinal study on the seroprevalence of *Toxoplasma gondii* infection in four German pig breeding and raising farms]. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 118(9-10), 399-403

SCOTLAND'S RURAL COLLEGE (2015) Practical Biosecurity for Pig Farmers, Smallholders and Pet Pig Keepers in Scotland. [http://www.spdcc. org/docs/257027_Pig_leaflet_26-10-2015.pdf] (consulté le 08/06/2020).

SCOTT K., BINNENDIJK G.P., EDWARDS S.A., *et al.* (2009) Preliminary evaluation of a prototype welfare monitoring system for sows and piglets (Welfare Quality® project). *Anim. Welf.* 18, 441-449

SIMON G., LARSEN L.E., DÜRRWALD R., *et al.* (2014) European Surveillance Network for Influenza in Pigs: Surveillance Programs, Diagnostic Tools and Swine Influenza Virus Subtypes Identified in 14 European Countries from 2010 to 2013. *PLOS ONE* 9(12), e115815

SKJERVE E., LIUM B., NIELSEN B., NESBAKKEN T. (1998) Control of *Yersinia enterocolitica* in pigs at herd level. *Int. J. Food Microbiol.* 45(3), 195-203

SØRENSEN J.T., EDWARDS S., NOORDHUIZEN J., GUNNARSSON S. (2006) Animal production systems in the industrialised world. *Rev. Off. Int. Epizoot.* 25(2), 493-503

SPOOLDER H.A. (2007) Animal welfare in organic farming systems. *J. Sci. Food Agric.* 87(15), 2741-2746

SROKA J., CENCEK T., ZIOMKO I., KARAMON J., ZWOLIŃSKI A. (2008) Preliminary assessment of ELISA, MAT, and LAT for detecting Toxoplasma gondii antibodies in pigs. *Bulletin- Veterinary Institute in Pulawy* 52

STÄRK K.D., PFEIFFER D.U., MORRIS R.S. (1998) Risk factors for respiratory diseases in New Zealand pig herds. *N Z Vet J* 46(1), 3-10

STEENHARD N.R., JENSEN T.K., BAGGESEN D.L., ROEPSTORFF A., MØLLER K. (2002) Excretion in feces and mucosal persistence of *Salmonella* ser. Typhimurium in pigs subclinically infected with *Oesophagostomum* spp. *Am. J. Vet. Res.* 63(1), 130-136

STEENHARD N.R., JUNGERSEN G., KOKOTOVIC B., *et al.* (2009) *Ascaris suum* infection negatively affects the response to a *Mycoplasma hyopneumoniae* vaccination and subsequent challenge infection in pigs. *Vaccine* 27(37), 5161-5169

STUART B.P., LINDSAY D.S., ERNST J.V., GOSSER H.S. (1980) Isospora suis enteritis in piglets. *Vet Pathol* 17(1), 84-93

SUTHERLAND M.A., WEBSTER J., SUTHERLAND I. (2013) Animal Health and Welfare Issues Facing Organic Production Systems. *Animals (Basel)* 3(4), 1021-1035

SVOBODA M., NECHVATALOVA K., KREJCI J., *et al.* (2008) The absence of iron deficiency effect on the humoral immune response of piglets to tetanus toxoid. *Vet Med (Praha)* 52(No. 5), 179-185

SWANENBURG M., GONZALES J.L., BOUWKNEGT M., *et al.* (2019) Large-scale serological screening of slaughter pigs for *Toxoplasma gondii* infections in The Netherlands during five years (2012–2016): Trends in seroprevalence over years, seasons, regions and farming systems. *Veterinary Parasitology*, *Articles initially published in Veterinary Parasitology: X issues 1-2* 276, 100017

SYMEONIDOU I., TASSIS P., GELASAKIS A.I., TZIKA E.D., PAPADOPOULOS E. (2020) Prevalence and Risk Factors of Intestinal Parasite Infections in Greek Swine Farrow-To-Finish Farms. *Pathogens* 9(7), 556

SZABO P., BILKEI G. (2002) Iron Deficiency in Outdoor Pig Production. *J. Vet. Med. A* 49(7), 390-391

TAMANG M.D., GURUNG M., NAM H.-M., *et al.* (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(1), 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(4), 656-667

THAMSBORG S.M., ROEPSTORFF A., LARSEN M. (1999) Integrated and biological control of parasites in organic and conventional production systems. *Vet. Parasitol.* 84(3), 169-186

THE COMMISSION OF EUROPEAN COMMUNITIES (2008) Commission Regulation (CE) n°889/2008 of 5 September 2008 laying down detailed rules for the implementation of Council Regulation (EC) No 834/2007 on organic production and labelling of organic products with regard to organic production, labelling and control, *OJ L*. pp 1-132

THIENPONT D., ROCHETTE F., VANPARIJS O., JANSSEN RESEARCH FOUNDATION (1979) Le diagnostic des verminoses par examen coprologique. *Janssen Research Foundation*

THOMSEN L.E., MEJER H., WENDT S., ROEPSTORFF A., HINDSBO O. (2001) The influence of stocking rate on transmission of helminth parasites in pigs on permanent pasture during two consecutive summers. *Vet. Parasitol.* 99(2), 129-146

THORNTON P.K. (2010) Livestock production: recent trends, future prospects. *Philos. Trans. R. Soc. Lond., B, Biol. Sci.* 365(1554), 2853-2867

TUYTTENS F.A.M. (2005) The importance of straw for pig and cattle welfare: A review. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, *International Society for Applied Ethonolgy Special Issue, 2003* 92(3), 261-282

VAISSIE P., MONGE A., HUSSON F. (2021) Package 'Factoshiny' Perform Factorial Analysis from « FactoMineR » with a Shiny Application.

VALLÉE I., ZANELLA G., GOULINET M., LABORIEUX J., BOIREAU P. (2019) Bilan de surveillance de *Trichinella* spp chez les animaux de boucherie en 2016. *Bulletin épidémiologique santé animale - alimentation* , 26-28

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(3), 230-247

VAN DE WEERD H.A., DAY J.E.L. (2009) A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 116(1), 1-20

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(3-4), 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(10), 1653-1661

VAN DER MHEEN H., VERMEER H. (2005) Outdoor pig farming in the Netherlands. *In Organic Pig Production in Free Range Systems*, *Landbauforschung Völkenrode Sonderheft*, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL). ed. Braunschweig, Germany, Albert Sundrum and Friedrich Weißmann, pp 41-43

VAN DER WOLF P.J., ELBERS A.R.W., VAN DER HEIJDEN H.M.J.F., *et al.* (2001) *Salmonella* seroprevalence at the population and herd level in pigs in The Netherlands. *Vet. Microbiol.* 80(2), 171-184

VAN GREVENHOF E.M., OTT S., HAZELEGER W., *et al.* (2011) The effects of housing system and feeding level on the joint-specific prevalence of osteochondrosis in fattening pigs. *Livest. Sci.* 135(1), 53-61

VANDEKERCKHOVE E., VLAMINCK J., VERCRUYSSE J., GELDHOF P. (2014) Study on the relationship between seroprevalence of *Ascaris suum* in fatteners, farm management factors and production parameters. *In 6th European Symposium of Porcine Health Management*, Sorrento, Italy, pp 1

VANDEKERCKHOVE E., VLAMINCK J., GELDHOF P. (2017) Evaluation of serology to measure exposure of piglets to *Ascaris suum* during the nursery phase. *Vet. Parasitol.* 246, 82-87

VANDEKERCKHOVE E. (2018) The use of serology in the control of *Ascaris suum* infections in pigs. Proefschrift voorgelegd voor het behalen van de graad van Doctor in de Diergeneeskundige Wetenschappen.

VANNUCCI, F.A., GEBHART, C.J., MCORIST S. (2019) Bacterial Diseases - Proliferative Enteropathy. *In Disease of swine, 11th ed.*, 11th edition. ed. John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, USA, Jeffrey J. Zimmerman, Locke A. Karriker, Alejandro Ramirez, Kent J. Schwartz, Grégory W. Stevenson and Jianqiang Zhang, Eds., pp 898-911

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(10), 2327-2335

VERONESI F., RANUCCI D., BRANCIARI R., *et al.* (2011) Seroprevalence and Risk Factors for *Toxoplasma gondii* Infection on Finishing Swine Reared in the Umbria Region, Central Italy. *Zoonoses Public Health.* 58(3), 178-184

VILLENA I., DURAND B., AUBERT D., *et al.* (2012) New strategy for the survey of *Toxoplasma gondii* in meat for human consumption. *Vet Parasitol* 183(3-4), 203-208

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(12), 1919-1927

VLAMINCK J., NEJSUM P., VANGROENWEGHE F., *et al.* (2012) Evaluation of a serodiagnostic test using *Ascaris suum* haemoglobin for the detection of roundworm infections in pig populations. *Vet. Parasitol.* 189(2), 267-273

VLAMINCK J., LEVECKE B., VERCRUYSSE J., GELDHOF P. (2014) Advances in the diagnosis of *Ascaris suum* infections in pigs and their possible applications in humans. *Parasitology* 141, 1-8

VLAMINCK J., GELDHOF P. (2013) Diagnosis and Control of Ascariasis in Pigs. *In Ascaris: The Neglected Parasite*. Elsevier, pp 395-425

VON ALTROCK A., ROESLER U., WALDMANN K.-H. (2011) Herd Factors Associated with the Serological *Yersinia* Prevalence in Fattening Pig Herds. *Foodborne Pathog. Dis.* 8(12), 1249-1255

WALACHOWSKI S., DORENLOR V., LEFEVRE J., *et al.* (2014) Risk factors associated with the presence of hepatitis E virus in livers and seroprevalence in slaughter-age pigs: a retrospective study of 90 swine farms in France. *Epidemiol. Infect.* 142(9), 1934-1944

WALLANDER C., FRÖSSLING J., DÓREA F.C., *et al.* (2016) Pasture is a risk factor for *Toxoplasma gondii* infection in fattening pigs. *Vet. Parasitol.* 224, 27-32

WALLENBECK A., GUSTAFSON G., RYDHMER L. (2009) Sow performance and maternal behaviour in organic and conventional herds. *Acta Agric. Scand. A Anim. Sci.* 59(3), 181-191

WEARY D.M., PAJOR E.A., BONENFANT M., FRASER D., KRAMER D.L. (2002) Alternative housing for sows and litters.: Part 4. Effects of sow-controlled housing combined with a communal piglet area on pre- and post-weaning behaviour and performance. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 76(4), 279-290

WEBSTER J.P. (1994) Prevalence and transmission of *Toxoplasma gondii* in wild brown rats, Rattus norvegicus. *Parasitology* 108(4), 407-411

WEIGEL R.M., DUBEY J.P., SIEGEL A.M., *et al.* (1995) Risk factors for transmission of *Toxoplasma gondii* on swine farms in Illinois. *J Parasitol* 81(5), 736-741

WELFARE QUALITY CONSORTIUM (2009) Welfare Quality Assessment protocol for pigs. The Netherlands

WIELER L.H., ILIEFF A., HERBST W., *et al.* (2001) Prevalence of enteropathogens in suckling and weaned piglets with diarrhoea in southern Germany. *J. Vet. Med. B Infect. Dis. Vet. Public Health* 48(2), 151-159

WINGSTRAND A., DAHL J., WONG D.L.F. (1999) *Salmonella*-prevalences in Danish organic, free-range, conventional and breeding herds. *In 3rd International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork*. Washington, DC, USA, pp 186-189

WOLF P., KAMHUES J. (2011) Reduced feed intake in pigs – due to disorders or diets`quality? *In ESPHM*. *In 3rd Europaen symposium of porcine health management*, Espoo Finland, pp 121

WORMINGTON J.D., GOLNAR A., POH K.C., *et al.* (2019) Risk of African Swine Fever Virus Sylvatic Establishment and Spillover to Domestic Swine in the United States. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 19(7), 506-511

WU N., ABRIL C., THOMANN A., *et al.* (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(1), 116

YAEGER M.J., HOLTCAMP A., JARVINEN J.A. (2003) Clinical Coccidiosis in a Boar Stud. *J VET Diagn Invest* 15(4), 387-389

YAEGER M.J., VAN ALSTINE M.G. (2019) Respiratory System. *In Disease of swine, 11th ed.*, 11th edition. ed. John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, USA, Jeffrey J. Zimmerman, Locke A. Karriker, Alejandro Ramirez, Kent J. Schwartz, Grégory W. Stevenson and Jianqiang Zhang, Eds., pp 393-407

YONEZAWA T., TAKAHASHI A., IMAI S., *et al.* (2012) Effects of outdoor housing of piglets on behavior, stress reaction and meat characteristics. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 25(6), 886-894

YUNES M.C., VON KEYSERLINGK M.A.G., HÖTZEL M.J. (2017) Brazilian Citizens' Opinions and Attitudes about Farm Animal Production Systems. *Animals* 7(10), 75

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(2), 189-199

ZHENG Y., XIE Y., GELDHOF P., *et al.* (2020) High anti-Ascaris seroprevalence in fattening pigs in Sichuan, China, calls for improved management strategies. *Parasites Vectors* 13(1), 60

ZINTER D.E., MIGAKI G. (1970) *Gongylonema pulchrum* in tongues of slaughtered pigs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 157(3), 301-303

ZWONITZER M.R., SOUPIR M.L., JARBOE L.R., SMITH D.R. (2016) Quantifying Attachment and Antibiotic Resistance of from Conventional and Organic Swine Manure. *J. Environ. Qual.* 45(2), 609-617

ANNEXES

agriculture

MDPI

Review

Pig Farming in Alternative Systems: Strengths and Challenges in Terms of Animal Welfare, Biosecurity, Animal Health and Pork Safety

Maxime Delsart [1,*], Françoise Pol [2], Barbara Dufour [1], Nicolas Rose [2] and Christelle Fablet [2]

[1] Epidémiologie des Maladies Animales Infectieuses (EPIMAI), Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, Unité sous contrat Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), 94700 Maisons-Alfort, France; barbara.dufour@vet-alfort.fr

[2] Epidemiology Health and Welfare Research Unit, Ploufragan-Plouzané-Niort Laboratory, French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety (ANSES), 22440 Ploufragan, France; francoise.pol@anses.fr (F.P.); nicolas.rose@anses.fr (N.R.); christelle.fablet@anses.fr (C.F.)

* Correspondence: maxime.delsart@vet-alfort.fr; Tel.: +33-143-967-298

Received: 19 May 2020; Accepted: 29 June 2020; Published: 2 July 2020

Abstract: In pig production, the widespread conventional indoor system with a slatted floor currently dominates. However, this production system is becoming less socially acceptable. In addition to general environmental protection issues, animal welfare, the absence of suffering and distress, and the management of pain also constitute societal concerns. In this context, alternative production systems are gaining ground. Although they are popular with consumers and other citizens, these alternative systems have their critical points. Here, we reviewed the international scientific literature to establish the state of the art of current knowledge regarding welfare, biosecurity, animal health and pork safety in this type of farming system. In general, alternative farms give pigs the opportunity to express a broader range of behaviours than conventional farms. However, the management of feeding, watering, temperature and predators is often more complicated in these outdoor systems. In addition, biosecurity measures seem to be applied less strictly in alternative farms than in conventional farms, especially in free-range systems, where they are more difficult to implement. On the other hand, pigs kept in these farming systems seem to be less affected by respiratory diseases, but parasitism and piglet crushing (in farrowing units) both remain a real challenge. Furthermore, the higher prevalence of many zoonotic pathogens in these farms may represent a risk for human health.

Keywords: outdoor; free-range; organic; welfare; biosecurity; health; safety

1. Introduction

Pork is the second-most consumed meat in the world [1]. Pig production has a very wide range of rearing methods [2,3], with conventional pig production in closed buildings with slatted floors—the currently dominant system—coexisting with other so-called alternative production systems in terms of housing. The demand for pork products in the future may change and be strongly influenced by socio-economic factors, including animal health concerns, but also changing socio-cultural values [4]. Increasing protests in the media and various actions by animal-welfare associations indicate that the current dominant production system is becoming less acceptable, especially with regard to animal welfare [5]. Numerous surveys throughout the world testify to this societal evolution. Whether in Brazil [6], the United States [7], Canada [8] or Europe [9], citizens are expressing their preferences for free-range animals, with no restrictions on movement. Animal welfare, the absence of suffering or distress and pain management are concerns [6], as is environmental protection [9]. In both the United States and Europe, the "natural" aspect of farming is also a factor to better take into account in animal

husbandry, with pigs having access to the outdoors [7]. In France, 60% of consumers consider it a priority to provide outdoor access for all animals [10]. In an American survey [7], 44% of respondents had concerns about the space provided for animals, with 20% believing it was necessary for animals to have outdoor access. According to Norwood and Lusk [11], consumers in three different U.S. locations (Chicago, IL; Dallas, TX; and Wilmington, NC) would be willing to pay $2.02 more per kg of pork chops raised in a pasture system as opposed to an indoor system.

It is in this context and with the growing markets for pork raised in more "natural" conditions or according to "organic farming" specifications, that alternatives to so-called "conventional" farms are being developed. We hereafter define as "alternative" as any farming system different from the predominant contemporary structures [12], i.e., not raising all pigs in closed buildings and on slatted and/or concrete floors. As with conventional farming, there is a wide variety of alternative production systems, which are generally more oriented towards animal welfare and quality [3]. There are both free-range and litter-based systems. Outdoor pig production is defined as a system that allows pigs to have outdoor access and be in contact with the ground and growing plants [13]. This system has expanded rapidly in parts of Europe, South Africa and North America [14], as well as in other parts of the world (e.g., in 2007, more than 60% of pigs were kept outdoors in Uruguay [15]). The number of pigs in these systems varies widely, from less than 10 to more than 10,000 sows [14]; on a given farm, all or only some of the pigs may have access to the outdoors (e.g., breeding stock or growing pigs [16]), while the rest of the pigs may be kept on slats or bedding. Finally, on some farms, outdoor access may be reduced to an outdoor yard open to the barn. Bedded housing has the same type of diversity [17], because not all pigs are necessarily raised on bedding within a given farm. There is also great diversity in the litter used (straw, sawdust, hay, etc.).

Although alternative breeding systems have been developed, they are currently not very attractive to farmers; for example, raising pigs on litter represents only 5% of pig farms in France [18]. Numerical data on alternative breeding systems are scarce. For instance, for organic livestock farming, which does not include all alternative livestock farms, statistics on the number of animals raised throughout the world according to "organic farming" specifications are incomplete and do not provide a complete picture of this sector for the moment. However, available data indicated that in European countries, 9 million organic pigs are produced per year, with a growth of 46% between 2007 and 2015 [19]. Nevertheless, in 2015, organic pig production represented only 0.5% of the total pig production in Europe. Again, there is a great diversity of organic farming systems within and between countries [20]. Outdoor rearing predominates at all physiological stages in Italy and Sweden and for sows in France and Denmark, but many organic pigs are kept indoors in Germany and Austria [21]. Housing may be diverse within the same farm, e.g., early gestation sows housed indoors and late gestation sows housed outdoors, as in France and Denmark. Italy differs strongly from other countries with smaller farms using local breeds [21]. The diversity of production systems in sustainable pig sectors has also been described as part of the TREASURE project [22].

Although they are popular with consumers and other citizens, these alternative farms have their critical points. The objective of this review was to establish the state of the art of current knowledge concerning welfare, biosecurity, animal health and pork safety in this type of farming system. The economic aspects will not be considered here, as the study of the economic motivations of farmers for the choice of farming systems and economic profitability of such systems are a research area per se. The bibliographic search engines PubMed and Google Scholar were queried, using the key words "pig" or "swine" associated with key words concerning the type of farming ("outdoor", "free range", "organic", "straw", "litter"), welfare ("welfare"), biosecurity ("biosecurity"), animal health ("health", "parasitism"), and food safety ("*Salmonella*", "*Toxoplasma*", "hepatitis", "antibiotic", "*Campylobacter*", "*Yersinia*", "*Trichinella*" and "*Listeria*"). The results of this research resulted in 2045 articles, 1360 of which were published after 2010 (66.5%). Several references from the authors' personal archives were also used. After reading the titles and abstracts, about 350 were read and 222 were finally selected for this review.

2. Animal Welfare and Alternative Production Systems

The average citizen does not know how livestock are raised. They often idealise alternative, farm-based farming, in which the animals have access to an outside run or straw area, rather than conventional farming on slatted floors [23]. One of the expectations of the consumer who buys organic food is that animal welfare standards are higher in these farming systems [23]. However, the concept of animal welfare is complex. Animal welfare refers to the psychological state of an individual in relation to its internal and external environment [24]. According to the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety (ANSES), "animal welfare is the positive mental and physical state related to the satisfaction of its physiological and behavioural needs and expectations. This state varies according to the animal's perception of the situation" [25]. In this section, we summarise current knowledge on animal welfare in alternative pig production systems following the five freedoms approach established by the British Farm Animal Welfare Council (FAWC) [26].

2.1. Absence of Hunger and Thirst

In the wild, pigs are active during the day and spend 75% of their active time on foraging activities, including rummaging, grazing and exploring with their snout [27,28]. On the farm, the distribution of time is different, and pigs spend less time looking for food. Feed is distributed to the pigs in different forms (meal, pellets, liquid feed), in unlimited quantities or in limited quantities at specific times determined by the farmer. There are few differences in the way feed is distributed in conventional and alternative livestock production; the causes of stress due to feed deficiencies are the same, i.e., insufficient trough length or an insufficient amount of feed distributed to the animals [29]. However, for an equivalent growth performance, animals raised outdoors consume on average more feed than animals raised indoors [15], due to greater activity [30] and increased energy expenditure due to lower ambient temperatures, particularly in winter [31]. For the same amount of feed, the needs of a pig raised outdoors may not be covered and may generate physiological and behavioural stresses. However, ingestion of herbage and soil by pigs at pasture can make a non-negligible contribution to the energy, amino acid, mineral and micronutrient requirements, especially for sows with a high capacity to ingest bulky feeds [30]. The volume ingested depends very much on the nature of the forage and its palatability [32]. Overall, the palatability of the feed is important for feed intake and for the pig's ability to cover its needs. Beyond the presentation of the feed—the pig prefers pellets to meal [33]—a microbial contamination (e.g., a high level of colony forming units of yeasts), mycotoxins (especially vomitoxine) [34] or inadequate levels of specific amino acids (e.g., tryptophan [35]) can cause a decrease of feed intake. The following parameters require attention in alternative farming systems: (i) Feed preservation, especially when it is distributed outdoors; (ii) the amino acid balance, especially in organic farms where the incorporation of synthetic amino acids is not allowed; (iii) or the presence of mycotoxins which seems to be higher in organic wheat than in conventional wheat [36].

To objectify the absence of hunger, indicators can be used, such as body condition scores or the rate of lean animals [37]. A survey of 101 European organic farms showed that 18.8% of the sows were lean with high variability among farms [38]. This rate is significant compared to the rates reported in a study on 82 English or Dutch farms of all types, where only 0.1% of the sows were very thin, with no apparent difference between free-range and other sows [39]. These results suggest that some organic farmers have difficulties in meeting the nutritional requirements of sows. Another study showed that growing pigs raised on straw or extensive outdoor systems had a higher risk of poor body condition than pigs raised in conventional systems [40], a risk run particularly in production systems where pigs are entirely dependent on pasture.

The absence of thirst is ensured by providing a quantity of water to cover the animals' needs. These needs vary according to physiological stage, but also according to the environmental conditions [41]. Only permanent access to drinking water can meet the physiological needs of each pig at all times, depending on risk situations such as heat or disease [42]. The availability of drinking water can be a problem, especially in extensive systems. Under free-range system, water troughs are often

accessible to wild birds and contaminated with dust [43]. Access to poor quality water can be a cause of poor water intake and may induce health problems in animals [44]. Water troughs must be cleaned daily and must be equipped with a purge [16]. Water temperature control can also be a challenge. A high temperature may cause a low water intake as found in pigs housed in conventional confined settings [45]. Even though scientific literature on this subject is lacking, field experiences of the first author indicate that in outdoor systems, water supply pipes should preferably be buried to limit the effects of frost (water is no longer distributed to the animals in winter) and the action of the sun on the pipes promotes bacterial proliferation and a significant increase in water temperature which reduces the animals' consumption of water [16]. In addition, unprotected, unburied pipes are accessible to pigs, which can then destroy them [46].

2.2. *Absence of Discomfort*

The second freedom is the absence of discomfort, which is guaranteed by an appropriate environment, with sufficient space for the animals to move freely, comfortable draft-free resting areas, enough light for the pigs to be able to see and have a nychthemeral rhythm, and the necessary thermal comfort. Bedding made of straw has properties similar to the type of substrate a pig would naturally find, acting as a cushion and reducing discomfort and injury [47]. Several studies have shown that the risk of bursitis (a fluid-filled sac surrounded by fibroblasts that forms in subcutaneous connective tissue as a result of pressure exerted on the skin over a bony prominence [48]), is significantly lower in alternative farms with access to the outdoors or on straw than in conventional confined farms [49–51]. The severity of bursitis is associated with hard, uncomfortable environments that increase the pressure on joints. The rate and severity of bursitis tend to decrease during a straw or outdoor fattening phase, but increase when pigs are fattened on slatted floors [52].

Although resting time does not appear to be different for pigs reared on slatted floor or on straw [53], animals reared outdoors appear to be more active than animals reared indoors. In a Uruguayan study [15], a comparison was made between the behaviour of 48 pigs reared with an outdoor access and 48 pigs reared indoors. Animals in outdoor systems are in general more active and show a daily pattern of behaviour with two peaks of activity—in the morning and afternoon—whereas confined pigs are more sedentary and have a more stable behavioural pattern along the day. In another study [54] it was shown that all 86 Iberian pigs with outdoor access regrouped to rest during the night in a common area in the shelter. Beyond comfort, the shelter could be considered, according to the authors, as a place of refuge or hide from predators. In these shelters, animals tend to prefer place without air draught [55].

Pigs have limited thermal regulation capabilities; in the wild, they depend on mud baths to cool themselves on hot days [24]. In a thermoneutral situation, pigs separate their resting area from their manure area, which is preferably moist and exposed to draughts [56]. However, this dissociation disappears when pigs experience high temperatures and the entire pen is soiled with excrement [24]. Pigs respond to high ambient temperatures by using a floor that promotes conductive heat loss. Ducreux et al. [57] showed that pigs preferentially rest on litter at 18 °C and on concrete or slatted floors at 27 °C. However, apart from high temperatures, straw is much more comfortable for pigs than bare concrete floors [58]. Straw provides thermal comfort and can reduce the room temperature requirements of growing pigs by up to 6 °C [47].

For outdoor pigs, the main challenge is to keep them clean and dry in wet weather conditions [41]. The type and management of housing huts must be adapted. They should be comfortable and large enough to accommodate the pigs [16]. In farrowing paddocks, there is a seasonal effect on outdoor piglet mortality [59,60], related to the management of comfort during farrowing and the ability of the sow to prepare her nest correctly in the hut. Low density of ground cover in the pen, accompanied by the permanent presence of mud, increases humidity and discomfort in huts [41,59]. Piglets are very sensitive to cold and draughts at birth. Low ambient temperatures increase the proximity of piglets to their dam and favours mortality by crushing [41]. Crushing can be reduced by abundant

mulching in huts [59]. Dry bedding provides a nest and thermal insulation, promoting piglet survival. The choice of hut for outdoor rearing also affects the pre-weaning mortality rate, with real differences depending on the type of hut [14]. Those with the lowest pre-weaning mortality rate provide a large area where piglets can protect themselves from the sow. However, piglets can also suffer when it is very hot. The heat affects the sow's milk qualities, and the sow also spends more time outside the hut cooling down rather than nursing its piglets [60]. Limiting the effects of heat when pigs are reared outdoors requires providing them with shade or cooling areas, such as spray nozzles or wallows [16,61]. Wallows are also used to cool down in hot weather and to protect against insects [28].

As with the absence of hunger and thirst, animal indicators can be used to assess the presence of discomfort [37]. Determining rates of huddling, shivering and even panting may be of interest, but these indicators depend on factors other than the type of farming itself, such as weather conditions on the day of observation or animal density [40]. The presence of soiled pigs is an indicator of a dirty pen and therefore uncomfortable lying positions for the pigs; thus the cleanliness of the pigs may offer the possibility to assess the absence of discomfort [37]. For example, once the upper critical temperature has been reached, pigs raised on straw tend to cool down by wallowing in their own droppings [40]. However, assessing animal cleanliness is not so simple. Dippel et al. [38] pointed out a large variability in this criterion, linked to observers who do not differentiate between mud and manure.

2.3. Absence of Pain, Injury and Illness

The absence of disease will be developed below in Section 4, as will neonatal crushing mortalities which will be developed in Section 4.1 on the mortality of suckling piglets. Injuries and pain may be the result of fighting between animals, or of mutilations imposed by farming systems or farmers.

In the study by Dippel et al. [38], 15.5% and 7.9% of all sows had injuries from fighting, depending on whether the injuries were on the front or back side of the sow. However, these figures hide the great variability between farms, regardless of the farming system. Another study showed that sows fed in groups outdoors tend to have fewer body injuries or vulvar injuries than sows fed with electronic sow feeding (ESF) systems indoors [39]. However, the feeding pattern in that study seems to have had a greater impact on the difference in animal behaviour because sows fed indoors in groups did not show more injuries than sows fed outdoors [39].

Piglets kept outdoors show less agonistic behaviour towards other piglets than piglets kept indoors, either before or after weaning [62]. In a study of 1928 pig farms in the UK, there were significantly fewer severe injuries in growing pigs kept outdoors compared with confined pigs (0.12% (±0.84) and 0.29% (±1.96) respectively) [63]. Paradoxically, there were more pigs with lesions in farms in which indoor animals had outdoor access (0.33% ± 2.05), and the difference to pigs kept outdoors was significant. Equivalent observations were found for tail biting and cannibalism lesions [64]. Tail biting is a behavioural problem with multifactorial causes, including overcrowding [65], disease [66], feeding problems (e.g., competition for feed and/or inadequate feed intake, low fibre content, protein deficiency or imbalance, mineral imbalances), but also poor ventilation or uncomfortable temperatures [67,68]. Pigs kept in housing with outdoor access probably have more difficulties controlling their thermal environment when moving from a protected system to an outdoor system, which may explain that the agonistic behaviour is higher in this type of farming than in fully confined housing [63]. Similarly, studies conducted in slaughterhouses [50,51] have shown that pigs raised in outdoor runs have more tail injuries than pigs raised in conventional systems. However, tail docking is less often practiced in this type of production, in contrast to conventional production. This difference in practice may explain, at least in part, these observations at the slaughterhouse.

In contrast, tail biting is less frequent when pigs have straw [41], because the pigs spend more time examining the ground and moving around, and significantly less time biting the tails of other pigs compared to pigs raised on slatted floors [52]. Nevertheless, these data suggest that additional space, access to outdoor areas and the provision of straw are not sufficient to prevent whole-tailed pigs from biting their tails [50,69], the risk being higher in winter than in summer [50].

Injuries and pain can be induced by the production system itself and by the farmer. The main example, of course, is the surgical castration of pigs, which is still very common and is generally done without full pain management. Male piglets are castrated to limit sexual odours in meat and to avoid undesirable behaviour such as overlapping. Although surgical castration without anaesthesia is currently allowed at up to 7 days of age in Europe, it is often performed later in organic farming. A study published in 2012 reported that less than 10% of organic farmers castrate piglets without anaesthesia beyond the first week of life in Austria, Denmark, Germany and Sweden, but about 75% in France and Italy [21]. This late castration is due to greater organisational difficulties, especially in the outdoor systems [16,21].

Teeth clipping is rare in organic production [70] and outdoors. Its main objectives are to limit lesions on sows' udders and skin lesions on piglets, especially on the head. According to one study, the absence of teeth clipping on piglets raised outdoors has no impact on sow udders [71]. However, in the absence of teeth clipping, there is more skin damage on piglets, but without impacting piglet survival, health or weight gain [71].

On the other hand, nose-ringing in free-range pigs is a centuries-old practice still used today [28], mainly on sows, and especially in France, Denmark and Germany [70]. The active foraging behaviour of pigs can lead to the destruction of pastures [28,72], but this behaviour becomes painful with a ring in the snout. This pain and the pain caused by the ring, together with inhibition of rooting activity, are factors affecting the welfare of these free-range pigs [72].

2.4. Freedom to Express Normal Behaviour

Among the most frequent criticisms of conventional production systems is the lack of freedom for animals to express their natural behaviour [73]. However, the absence of natural behaviour does not necessarily imply suffering [28], but can be a source of frustration. Frustration can be expressed by higher levels of stress hormones [74], stereotypies, abnormal agitation levels, reduced play behaviour, redirected behaviour, especially towards other animals, and increased agonistic interactions that can lead to cannibalism [75].

As mentioned above, in the wild, pigs spend 75% of their active time exploring their environment [27,28] by searching, sniffing, biting and chewing consumable, but also non-digestible items [76]. Pigs are gregarious animals. They form stable groups with a hierarchical social structure, limiting severe physical aggression between individuals [24].

Many studies show that animals are more active in alternative production systems than in conventional systems, particularly for growing pigs reared outdoors [15] or on straw [52,77]. Pigs are more often standing up [15,23,52,77], whereas pigs in confinement are inactive most of the time [15,52]. On straw, growing pigs spend more time interacting with their environment, being exploratory [23,52,77]. However, there is high variability among farms [23].

Straw also reduces harmful social behaviour, such as ear or tail biting [78,79]. When it is not possible to provide straw, enrichment items can be provided [79,80]. However, many studies show that straw or other organic substrates used as bedding remain the most effective material to reduce inappropriate behaviour [40,63,81]. Straw therefore constitutes suitable environmental enrichment for pigs, allowing them to express their exploratory behaviour.

Pigs raised outdoors tend to exhibit less aggressive behaviour than pigs raised indoors, with fewer fights and mutual aggression [15]. This is particularly the case for suckling piglets, which spend less time interacting with their mothers and have less agonistic behaviour when outdoors [62]. They spend more time exploring, feeding, walking and playing [62,82]. They benefit from ample space and enrichment of their environment that allows them to express their natural behaviour under good conditions [83]. Another factor that may induce different behavioural responses in piglets reared in conventional or free-range systems is the opportunity of having social interactions between piglets from different litters during lactation [84]. Piglets reared in group lactation are less aggressive after being mixed into groups with unfamiliar piglets at weaning than piglets reared in farrowing crates [85].

Their mothers also behave differently outdoors: They spend more time standing up exploring the environment than confined sows [62]. Outdoor sows and piglets show a richer behavioural repertoire (ethogram) [82].

Straw and materials found outdoors allow sows to build a nest and can influence their maternal behaviour. In the wild, sows separate from the group a few days before farrowing and prepare a nest by digging the ground with their snout and making a series of trips to collect long grasses, leaves and small twigs [24,28], which can be easily replaced by straw.

2.5. Absence of Fear, Stress and Anxiety

Work on human–animal relationships describes an aptitude of pigs to develop fear and anxiety reactions when approaching humans [86]. This fear, which can be assessed specifically by the extent of animals' withdrawal behaviour in contact with humans [37], seems to be similar depending on whether sows are housed in groups indoors or outdoors [39]. Domestication of animals is equally important in alternative and confinement farming and farmers should be trained to manage and handle animals properly to reduce anxiety [87].

The cumulative effects of a sudden separation from the sow, a transition from a milk to a grain-based diet, mixing with unfamiliar pigs for the first time and a change of the physical environment make weaning a critical period of adaptation and stress, imposing high demands for adaptive processes [88,89]. Weaning appears to be less stressful for piglets in outdoor than in confined systems [62]. In a study comparing the behaviour of piglets weaned at 3 weeks according to their rearing system, piglets spent more time belly-nosing and displaying agonistic and oral–nasal behaviours directed to penmates than outdoor piglets, at weaning and after weaning [62]. In a Japanese study, two groups of piglets born and raised outdoors or in sized standard pen in a piggery were weaned at 4 weeks of age. The ears of all piglets were pierced at weaning using self-piercing ear tags, as a stress stimulus. After the stress treatment, salivary cortisol levels increased to a significantly lower level in the outdoor-housed group than in the indoor-housed group [90].

In natural or semi-natural conditions, piglet weaning is a progressive process characterised by a substitution of maternal milk by other food, starting around the 4th week of age and terminating between the 9th and 17th week of age [91,92]. Age at weaning influences the adaptation of outdoor-reared piglets to weaning. Increasing the age at weaning from 3 to 4 weeks improves the welfare of piglets reared outdoors by reducing distress behaviours and improving feeding behaviour [93]. On organic farms, piglets are weaned older, after 6 weeks of age. Several studies show that increasing the age at weaning can have a positive impact on salivary or plasma cortisol responses at weaning [89,94]. In a study with 160 piglets of 16 litters, plasma cortisol response at the day of weaning was lower in piglets weaned at 7 weeks compared with piglets weaned at 4 weeks [89].

Stress, fear and anxiety can also be induced by the presence of predators. Young piglets reared outdoors are exposed to predation, including corvids, foxes and even badgers [83,95]. A study analysing the causes of piglet mortality in free-range piglets [96] showed that 6% of piglet corpses showed evidence of bird attacks. There are prevention systems against some of these predators that can be set up if the pigs are exposed [41].

Summary

Alternative production systems have advantages and disadvantages in terms of animal welfare (Table 1). Welfare is primarily linked to the characteristics of the environment. Extensive systems give pigs the opportunity to express a wider behavioural repertoire than indoors, including most of their natural behaviours, but controlling the environment is more difficult, including the management of feeding, watering, temperature and predators. Bedded systems also allow the expression of a wider ethogram and offer comfort for the pigs, provided the bedding is healthy and dry. Alternative systems, with an enriched environment provide ample solutions to control animal welfare critical points, unlike conventional farming, where pigs have more difficulties to express their natural behaviour, despite the

addition of enrichment materials or even an increase in surface area per animal. Even in extensive outdoor systems, good husbandry and management must ensure animal welfare. Critical points being under control, alternative systems are more suited to satisfy societal expectations in terms of animal welfare.

Table 1. Summary of the strengths and weaknesses in terms of animal welfare according to production method.

	Conventional	Indoor with Litter	Outdoor	Indoor with Outdoor Access	
Absence of hunger	+++	++	+	++	[34–36,38–40]
Absence of thirst	+++	+++	+	+++	[16,43]
Absence of discomfort:					
- Thermal:					
• Hot temperatures	++	++	?	+++	[24,28,40,57,60]
• Cold temperatures	+++	+++	?	+++	[41,47,58]
• Humidity	+++	+++	-	++	[41,59]
- Comfortable floor	-	+++	+++	+++	[49–52]
- Comfortable resting area	+	++	?	+++	[14,15,24,53–56]
No pain, no injuries	-	+++	++	+	[21,28,38,39,41,50–52, 62,64,70–72]
Express normal behaviour	-	+++	+++	+++	[15,23,40,52,62,63,77–79,81–85]
No stress, no fear	+++	+++	+	++	[39,62,83,89,90,93–95]

+++ Very favourable; ++ fairly favourable; + not very favourable; - unfavourable; ? unknown.

3. Biosecurity and Alternative Breeding Systems

The concept of biosecurity encompasses the full range of measures employed to prevent the introduction and spread of diseases [97]. Several studies have established a correlation between the level of biosecurity and the technical performance of livestock production, such as growth or feed conversion rates [98,99]. Biosecurity can also help reduce the use of antimicrobials in animal husbandry, at least prophylactically [98].

Biosecurity measures are generally best applied in large herds, in modern facilities and by young farmers [98]. A study on 471 farms in the Philippines found that compliance with biosecurity measures was better on commercial farms than on small family farms, which in that study included almost all free-range farms [100].

Biosecurity encompasses all measures that need to be set up to limit the risk of introducing pathogens into the farm (bio-exclusion), to limit the spread of the pathogen within the farm (bio-compartmentalisation), to limit the spread of the infectious agent outside the farm (bio-containment), to prevent the risk of contamination of humans and to prevent environmental contamination and the persistence of the pathogen in the environment [101].

3.1. Bio-Exclusion

The pig industry regularly suffers from the devastating effects of infectious diseases. In the last 30 years, many diseases have emerged or re-emerged in the world, such as the porcine reproductive and respiratory syndrome (1991), porcine circovirus type 2 infections (1994), porcine epidemic diarrhoea (2013) or African swine fever in Europe and Asia (2007) [102]. Many are highly contagious viral diseases for which only sanitary prophylactic measures are effective [97]. Even long-standing enzootic diseases, such as enzootic pneumonia or swine dysentery, still cause heavy losses if introduced into naive herds [97]. Biosecurity measures aim to prevent the pathogens associated with these diseases from entering and contaminating the farm. Strict biosecurity measures are more difficult to implement in alternative farms with external access for the animals. The likelihood of exposure of these farms to several pathogens circulating in wildlife, such as the African swine fever virus, for example, is much higher [103,104]. This likelihood is especially high in very extensive systems, such as the widespread

silvopastoral system in some southern European countries (e.g., Spain), where pigs graze in parts of natural forests [105]. Biosecurity is almost impossible to apply when pigs have access to pastures shared by different herds, as is the case in Sardinia, Corsica or in public forests in Georgia or Armenia [106].

It is of course contact with wildlife, mainly wild boars, that constitutes the main issue when pigs are reared outdoors. Contact with wildlife is considered to be a source of infection, e.g., brucellosis, classical swine fever [107], African swine fever [103] or Aujeszky's disease [108]. The increasing numbers of wild boars in some regions, particularly in Europe, and their ability to colonise new areas, poses a threat to free-range farming [109]. A study carried out in Switzerland between 2008 and 2010 showed that contacts between wild boars and pigs kept outdoors are not uncommon and even lead to the emergence of pig-boar hybrids [110]. The greater the distance between the pen and the farm, the closer wild boars get to the fence where the pigs are raised (<2 m); the risk of intrusion increases if this distance is greater than 500 m and if the pen is protected only by a simple electric fence, or any other fence less than 60 cm high.

Pigs may also be in contact with other disease-vector species. Pigs kept outdoors are inevitably exposed to certain leptospiral serovars from a variety of wild species including hedgehogs, foxes and rats [97,109]. Rodents can be reservoirs for multiple pathogens that can affect pigs such as *Erysipelothrix rhusiopathiae* [111], *Brachyspira hyodysenteriae*, *Lawsonia intracellularis* [109], several species of *Salmonella* and *Yersinia*, protozoa such as *Toxoplasma gondii*, helminths such as *Trichinella* spp. and *Echinococcus multilocularis* [111]. The control of rats in alternative breeding systems is particularly complicated, as there are more shelters or nesting sites for rats and chemical control is not easy to implement. A study carried out in Denmark in 428 organic and free-range farms revealed a positive correlation between the presence of rats and straw stacks near the pig sties [111].

Birds are another vector that is very difficult to control in alternative systems. They may be involved, for example, in the spread of transmissible gastroenteritis [109], salmonellosis [109,112] or avian tuberculosis [109].

Other vectors include insects and ticks, such as *Ornithodoros moubata* and *Ornithodoros erraticus*, which have contributed to the transmission of African swine fever virus in outdoor production systems in the Iberian Peninsula [113,114].

Finally, animals raised outdoors are more accessible to curious visitors, which facilitates the transmission of zoonotic agents [105] or the distribution of leftover food contaminated with infectious agents such as African swine fever or classical swine fever viruses.

Another biosafety hazard is litter and in particular straw used in alternative animal husbandry. Several studies have shown that production systems including sawdust, wood shavings or straw increases the incidence of tuberculosis caused by *Mycobacterium avium* [115,116]. The bedding may have been exposed to other animals, and may have been contaminated [109]. Therefore, bedding should be protected and stored to prevent contact with domestic suids other than those kept on the farm, or with wild suids. It must also be protected from possible contamination by pests [117]. The same recommendations apply to feed distributed to animals [106,117].

To reduce contact between wildlife and domestic pigs reared with outdoor access, fencing is strongly recommended, if not mandatory [117]. The succession of health crises, and in particular the spread of African swine fever (ASF), has prompted the pork industry, institutions and governments to become aware of the importance of biosecurity. Numerous technical guidelines have been written [118–120]. Spain is an example of a country with strict biosecurity standards for outdoor pig production. Regulations regarding biosecurity on outdoor pig farms [121] are a result of the presence of ASF between 1960 and 1995 in the Iberian Peninsula. Another example is the French Ministry of Agriculture and Food who signed an order in 2018 regarding biosecurity measures applicable to farms holding swine [122]. The most important measures for alternative farms concern fencing to prohibit the intrusion of wild suids into the farming area and nose-to-nose contacts between farmed and wild suids. These measures apply to all types of production systems, not just outdoor systems, because this type of contact is also possible in farms with outdoor runs, or for animals kept in buildings with

one or more sections of wall with openwork on the outside [117]. Fences are often expensive and difficult to install [95], but also difficult to maintain in the long term [106]. Their maintenance is essential, especially in the case of electrified systems. Any contact between the wires and the ground reduces the efficiency of the fence (current leakage to the ground). Weed control around the fence is therefore necessary, but can quickly become time-consuming, especially in organic farms where the use of synthetic weed killers is generally prohibited.

3.2. Bio-Compartmentalisation

Bio-compartmentalisation involves limiting the spread of the pathogen within the farm, e.g., by adopting zone-specific clothing or isolating shedding animals, which may be done significantly less often in small, predominantly free-range farms than in almost exclusively indoor commercial farms [100].

An infection in a population can also be maintained in alternative farms through the presence of bedding that favours contact between the animals and their droppings. In contrast to conventional slatted floor systems, the types of flooring found in these alternative systems generally do not allow for proper drainage of urine and sufficient faecal matter disposal. Permanent or repeated contact of pigs with faeces increases the risk of infection between pigs in the same pen, especially enteric disorders [61]. The type of soil and building will also affect the ability to decontaminate the environment after the animals have passed through. Cleaning and disinfection followed by a fallowing period are the main elements of bio-compartmentalisation. Obviously, these techniques are difficult to apply in free-range farming [44] and remain complicated in litter farming where it is difficult to remove all organic matter. In addition, there are a limited number of disinfectant products that can be used in organic farming, especially in Europe [123].

Summary

Biosecurity is probably the biggest challenge for alternative farming. In the last decades, major epizootics appeared in conventional farms. However, these farms have possibilities to control them, at least in the long term, by implementing strict internal and external biosecurity measures. In general, alternative farms apply biosecurity measures less strictly than conventional farms do (Table 2). In free-range farms in particular, biosecurity measures are more difficult to implement, and fencing requires significant financial investment [96]. The development of alternative farms can represent a difficulty in the control of pathogens, in particular those circulating in wildlife. The difficulty of these farms in implementing strict biosecurity measures may be one of the obstacles to their development, as the risk to animal health may discourage farmers.

Table 2. Summary of the strengths and weaknesses for implementation of biosecurity measures according to production method.

Abilities to Implement	Conventional	Indoor with Litter	Outdoor	Indoor with Outdoor Access	
General biosecurity	+++	++	-	+	[100]
Bio-exclusion					
- Contacts:					
• Wildlife	+++	++	-	+	[103,104,106–110]
• Pests and vectors	+++	++	-	+	[97,109,111–114]
• Humans	++	++	-	+	[105]
- Litter and food	++	-	+	++	[109,115–117]
Bio-compartmentalisation	++	+	-	-	[44,61,100]

+++ Very favourable; ++ fairly favourable; + not very favourable; - unfavourable.

4. Animal Health in Alternative Farming Systems

Due in part to less easily implemented biosecurity and the biological diversity of the environment in which they live, animals raised in alternative systems are more likely to ingest pathogen-contaminated feed [124] and have more contact with pathogenic flora [125]. This vulnerability is accentuated in silvopastoral systems where there may be direct contact between pigs and wild boars or other wild animals that act as reservoirs for parasites or pathogenic microorganisms [124]. Thus, alternative systems are more likely to expose animals to infectious agents. In addition, the husbandry systems and practices themselves can also be the cause of disorders, such as reproductive failures [126,127]. The strengths and weaknesses of alternative production systems on the health of animals are detailed in the following sections by major function, at all physiological stages.

4.1. Mortalities

Piglet mortality in the days following birth concerns all pig farms, but more particularly farms in alternative systems. Many studies have shown that perinatal mortality is higher in these types of production [59,128–131]. A comparison of three systems for farrowing Iberian sows [128] revealed that the survival rate of piglets born in a system in which sows are blocked during lactation is significantly better than those obtained either outdoors or in individual pens with straw and outdoor access for piglets. This mortality occurs mainly in the first four days of piglet life [129]. In organic production, early piglet mortality increases with litter size [60,83] and the age and the backfat thickness of the sow [60].

Piglet crushing is by far the leading cause of pre-weaning mortality [96,129]. One reason for higher crushing mortality in alternative systems may be that it is more difficult to monitor farrowing and intervene safely when a sow can move freely than when it is enclosed [132]. When farrowing occurs outdoors, much of the responsibility for monitoring farrowing and lactation is transferred from the farmer to the sow compared with sows in conventional systems [21]. However, this does not require the accrued presence of the farmer. In outdoor systems, farmer intervention during farrowing seems to have an unfavourable effect on pre-weaning mortality rates [59].

In a study of 112 farms in England [132], there were no differences in piglet mortality during the lactation phase regardless of whether the sows were in farrowing crates, free-ranged during all or part of the lactation or outdoors. This lack of difference can be attributed to various causes of mortality according to the type of farming: Crushing in alternative systems and due to infections indoors [132]. In the same study, there was a reduced risk of stillbirths in outdoor systems, which was attributed to the greater freedom of movement of sows resulting in faster farrowing. However, it was not possible to rule out a potential genetic effect.

For the subsequent post-weaning and fattening stages of rearing, mortality rates appear to be lower in alternative systems than in confined housing, although the post-weaning multisystemic wasting syndrome due to the porcine circovirus type 2 is expressed more severely in a straw-based housing system than in a fully-slatted housing system [61]. In a comparison of the influence of outdoor housing on animal health on 29 litters born indoors and 22 litters born outdoors, each litter was divided into two groups, one raised outdoors and the other indoors [133]. Pigs that were raised continuously or predominantly outdoors had a lower mortality rate.

The sow mortality rate appears to be higher in outdoor-reared sows [134], with less mastitis-metritis-agalactia syndrome (MMA) and intestinal torsion or distension, but more urogenital infections, heart failure and locomotor disorders [134].

4.2. Reproductive Disorders

Several studies suggest that sows kept outdoors have less MMA than those kept indoors [64,134]. One study found that sows kept indoors were more often treated for MMA problems than sows kept outdoors, and attributed that to the risk of constipation and soiling of the udder when the sows lack

space [64]. However, it is probably more difficult for a breeder to observe MMA on a sow reared outdoors, which may explain why outdoor sows are treated less often than other sows.

Among the major pathogens to which pigs with outdoor access are more exposed than those without outdoor access is *Brucella suis*, which has a high seroprevalence in wild boars, particularly in Europe [107,135]. In a study carried out between 2000 and 2004 in Croatia, 67 of the 1997 herds tested positive to brucellosis by serology (3.4%). Of these, only two were not kept outdoors [135]. *B. suis* may cause reproductive disorders, such as fertility failures, abortions or orchitis in boars [136].

Leptospirosis also induces reproductive disorders in sows. Pigs with outdoor access are exposed to *Leptospira* serovars from wildlife [97], but there are few studies demonstrating overexposure of these pigs. A study of 11 Swedish farms showed a relationship between rainfall and the level of seropositivity to *Leptospira interrogans* serovar (sv) Bratislava [137], suggesting that the risk of *Leptospira* infection for outdoor reared pigs increases with the amount of rainfall in a region. It is plausible that pigs kept indoors are not affected in the same way by variations in rainfall.

Reproductive performance is often lower in organic farms [41,126], but this does not necessarily mean that the health of the sows is poorer. Reproductive problems can also be related to the husbandry system. For example, it is known that sows kept in groups during lactation are more likely to ovulate during lactation [127] with reduced fertility after weaning.

4.3. Respiratory Disorders

Although open systems seem to offer many protective factors against respiratory diseases, particularly in terms of air quality, compared with confined conditions, respiratory disorders, although less frequent, are not totally absent in alternative systems [138]. Respiratory disorders are a problem mainly during the growing and finishing phases, rarely in breeding stock [38]. A study on sneeze and cough counts in 74 organic farms in eight European countries showed that there are fewer respiratory disorders when the pigs are raised with an outdoor run for their entire life [64]. However, it is more difficult to count coughs and sneezes in the open [38], which may lead to a bias in these results. To limit this bias, it is possible to compare lesions in the respiratory system at the time of slaughter. According to an expert panel convened by the European Food Safety Authority (EFSA), pigs kept outdoors generally have a lower prevalence of respiratory tract lesions during post-mortem inspections at the slaughterhouse than pigs kept indoors [61]. Several studies corroborate this observation and show a difference between conventional and alternative systems [139–142]. According to a study on 3054 pigs in Denmark [140], the real prevalence of respiratory lesions is 42% in conventional pig production compared to 16.5% in organic pig production, confirming results observed in a previous study on more than 200,000 pigs [141]. In Sweden, 7.4% of 3,963,799 conventional pigs observed at the slaughterhouse had pleuritis lesions compared to only 1.8% of 3464 organic pigs [142]. However, there are more recent discordant studies, e.g., in Denmark [50,51], that do not reveal significant differences in respiratory tract lesions between conventional, organic and free-range systems. Only pleuritis was more frequent in conventional farms in one of the two studies, with an estimated odds-ratio (OR) of 0.8 ($p < 0.0001$) for pleuritis lesions in alternative compared with conventional systems [51]. Beyond the production system itself, there may be a farming effect [50], in connection with different management of the risk factors for respiratory diseases, such as the quality of comfort and ventilation, hygiene, husbandry or even feeding [143–146].

4.4. Digestive Tract Disorders

Digestive troubles are another major disorder that predominates in pig production, as well as in alternative production systems—including organic production [21,38,64]. These diseases mainly affect suckling piglets and growing pigs, rarely sows [38]. However, only few studies have compared digestive disorders across different farming systems. One study found a higher frequency of diarrhoea in organic pigs when pigs were not kept outdoors [64]. In an outdoor system the access to a richer physical environment containing pasture, soil or other materials during lactation may increase feeding

behaviour in the immediate post-weaning period, thereby reducing the period of starvation that usually accompanies weaning [84]. This starvation can have an impact on the gastrointestinal tract, such as villous atrophy [147], which contributes to the development of osmotic diarrhoea, while unabsorbed dietary material may act as a substrate for enterotoxigenic *Escherichia coli* in the gut. This may explain why less diarrhoea has been observed in this study. However, these results should be interpreted with caution, given the difficulty of observing this type of disorder in outdoor pigs [38,64]. Furthermore, increasing the age at weaning from 4 to 6 or 7 weeks, as in organic farms, does not seem to have an impact on functional characteristics of the small intestinal mucosa [89]. Beyond digestive disorders per se, no difference was found in the faecal flora in a study conducted on pigs at the end of the fattening period, regardless of whether they came from conventional or organic farms [125]. Only the family *Bifidobacteriaceae* was significantly more frequent in the microbiota of organic pigs.

The observation of digestive lesions in the slaughterhouse shows that there are more enteritis or peritonitis lesions in organic production than in conventional production [140]. However, there are lower levels of parakeratosis or ulceration of the pars oesophagea in alternative systems (outdoor or straw) than in conventional farms [139]. However, in general, carcass inspection at the slaughterhouse is a low sensitivity technique for detecting digestive disorders [140].

As with respiratory pathology, beyond the production system itself, there is great variability in the expression of digestive disorders between farms, which can also be explained by differences in the management of risk factors, such as comfort, husbandry, feeding or hygiene. In the absence of certain raw (feed) materials, especially synthetic amino acids, feeding organic pigs can be difficult [148]. This requires particular attention in the choice of feed materials to prevent digestive disorders [148] and to ensure that animal welfare is not affected [149,150]. Hygiene plays a key role in the management of digestive disorders. According to Vannucci et al. [151], necrotic enteritis induced by *Lawsonia intracellularis* is more frequent under conditions that facilitate faecal–oral cycling, such as use of straw bedding or solid flooring with poor sanitation.

4.5. Parasitism

The presence of internal parasites and the intensity of infestations are strongly influenced by the production system [152]. Although a decrease in the number of parasite species and infestation pressure has been observed in conventional farms [152], internal parasitism remains a major preoccupation in alternative systems, especially production systems with outdoor access [16,131,138]. These rearing conditions are indeed more favourable for the development and survival of the different stages of parasites in the environment [124].

In a study carried out in the Netherlands on 9 conventional, 11 organic and 16 non-organic farms with outdoor access [153], the prevalence of helminth infestations was higher when pigs were kept outdoors, independently of the organic status of the farm. However, parasite diversity remained low. In that study, only three helminths (*Ascaris suum*, *Oesophagotomum* spp. and *Trichuris suis*) and coccidia were identified. This result has been echoed in multiple studies [153–155] in which mainly these parasite species are isolated, with varying prevalence rates. Other species such as *Hyostrongylus rubidus*, *Metastrongylus* spp., *Strongyloides ransomi* or *Stephanurus dendatus* are less frequently observed [155–157].

Coccidiosis can be an important cause of diarrhoea in suckling piglets over 7 days of age. It is usually caused by *Cystoisospora suis*. In the above-mentioned Netherlands study, there were systematically more oocysts present in the faeces of sows in the alternative systems than in the conventional systems [153]. However, these were *Eimeria* spp. oocysts whose impact on pigs remains to be assessed. *C. suis* was isolated in piglet faeces, with no significant differences according to production system.

Helminths constitute a pivotal issue in alternative farms. In the Netherlands study, there was no difference in the levels of *Oesophagotomum* spp. infestation between farming systems [153]. Approximately 25% of farms had *Oesophagotomum* spp., with infestations becoming more frequent with age, confirming observations from other studies [152,155,157]. Regarding *T. suis*, the level of

infestation was significantly higher (37%) in free-range farms than in conventional farms (11%) [153]. The predominantly infected stages of rearing vary between studies. In the Netherlands study, the level of carry-over was higher in free-range sows (39%) [153], whereas it was higher in post-weaning piglets in a study of 20 organic farms in France [157]. In case of massive infestation, *T. suis* may be responsible for weight loss or even haemorrhagic diarrhoea [16,44]. *T. suis* is the second most frequently found endoparasite, far behind *A. suum* isolated in 60% of alternative farms, compared with only 11% of conventional farms [153]. Piglets in post-weaning and fattening pigs are mainly affected [153,157]. *A. suum* migrates through the liver during larval migration, resulting in the formation of "milk spots" which are easily observed in the slaughterhouse if the migration occurred in the month prior to slaughter [158]. Many studies have compared the prevalence levels of livers with "milk spots" according to farming system. In almost all studies, the frequency of affected livers is higher when pigs come from alternative farming systems with outdoor access [50,51,140,159]. In particular, in a Danish slaughterhouse study, pigs were much more likely to have milk spots if they were kept outdoors, in organic or conventional systems: 15% of the pigs with outdoor access had liver lesions compared with only 4.6% of the pigs kept indoors [50]. However, a significantly different observation has been reported from a slaughterhouse study, in which pigs from non-organic farms had more liver lesions (5.6% versus 4.1% of organic pigs) [142]. In the same vein, Sanchez-Vazquez et al. [160] showed that the presence of bedding on a solid floor (e.g., straw) was a risk factor (OR = 1.5 $[1.26; 1.85]_{95\%}$) for a high prevalence of milk spots, although farms with all stages of production indoors had a lower risk (OR=0.4 $[0.32; 0.49]_{95\%}$).

Parasitosis control is based on breaking the life cycle of the parasite, especially in the environment. Improved hygiene and the use of slatted floors have reduced faecal–oral contamination and parasitism problems in confined farms [152,159]. Breaking the cycle is complicated in alternative farms due to the nature of the environment. One study found *A. suum* eggs in 14 and 35% of pastures hosting organic sows and pigs, respectively [155]. More recently, a study on organic farms in Sweden [161] found *A. suum* and *T. suis* eggs in respectively 79% and 57% of 28 soil samples. Farms that have been keeping pigs outdoors for a long time appear to be more infested by this parasite [157,161], probably due to the resistance of *A. suum* eggs, which can remain viable for up to 10 years in the environment [156]. Piglets born outdoors may thus be highly infested earlier in their lives than piglets reared indoors without any outdoor access [159]. The control of internal parasitism is essential in alternative production to maintain animal health and welfare. Pasture rotation and stocking rate are important factors influencing parasite pressure and infestation risk [124]. Rotation programmes should include all production aspects, including housing [162]. However, although hygiene, rotational pasture and low stocking rates are appropriate measures to control parasite pressure, the use of anthelmintics remains the most important measure to control parasitosis [156], because the application of non-medical prophylaxis only may have a limited effectiveness. Nonetheless, the use of chemical control poses other problems with regard to the environment and the development of resistance.

The main ectoparasites in pigs are scabies (*Sarcoptes scabiei* var. *suis*) and lice (*Haematopinus suis*), although fleas or ticks can also be detected, especially in pigs with access to extensive pastures or woods [124]. Depending on the study, various prevalence levels have been reported. In 29 of 48 Austrian organic farms studied, *H. suis* and *S. scabiei* (60%) were found [154], but a study on nine Danish organic farms found no signs of scabies or lice [155]. A survey conducted in 110 German farms reported that 2.5% and 19.1% of the observed sows were infested with *H. suis* and *S. scabiei* var. *suis*, respectively, with a higher *S. scabiei* infestation risk for sows housed on straw in farrowing pens (OR = 15 $[2.9; 77.6]_{95\%}$) [163]. For *H. suis*, the access of sows to the outdoors was an important risk factor (OR = 12.7 $[4.0; 40.7]_{95\%}$).

4.6. Skin Disorders

Apart from lesions induced by fights (scratches, wounds), or parasitosis, skin disorders in organic pigs seem to be rare [41]. A Danish slaughterhouse study reported that pigs with outdoor access had three times more skin lesions than conventional [50]. Nevertheless, there was no differentiation in the type of lesions, consisting mainly of wounds, dermatitis, eczema and insect bites. It seems likely, however, that some lesions, such as sunburn, are more frequent in pigs kept outdoors [50]. An earlier study also observed more eczema and insect bites in animals from unconventional farms (OR = 3.2, $p < 0.001$) [51].

4.7. Locomotor Disorders

Locomotor disorders, primarily due to the presence of lameness in pigs, are often observed on farms, particularly in organic production [138]. They affect all stages, including breeding stock.

Several studies show that sows raised in alternative systems have a lower risk of lameness. In one study on 1054 pregnant sows from 44 conventional and 9 organic farms, 24.4% of the conventional sows had lameness, but only 5.4% of the organic sows were lame, although with a seasonal effect (more lameness in summer and autumn) [164]. Soil quality seems to be important. In a study involving 646 sows from 21 herds [165], sows housed on slatted floors had twice the odds of being lame and 3.7 times the odds of being severely lame than sows housed on solid floors. Another study observed less lameness when sows had outdoor access, linked, according to the study's authors, to softer bedding, less exposure to manure and increased activity [64].

Lameness in animals can have different causes, such as arthritis, fractures, foot and claw lesions. Osteochondrosis is considered to be the main cause of leg weakness in pigs [44,166] and consequently lameness. Osteochondrosis is a lesion traditionally observed between 6 and 20 weeks of age, but can also affect older pigs, especially young breeding stock [44,167]. It is a widespread lesion on farms [44]. Another study corroborated the pervasiveness of osteochondrosis, with 41.4% of 345 pigs observed at the slaughterhouse having osteochondrosis lesions, 12.4% had severe lesions; pigs from conventional farms had significantly more lesions than those raised on litter [166]. However, this difference has not been observed in all studies. For example, one study found no differences in the prevalence of osteochondrosis between animals raised on slatted, solid or straw floors [168]. In contrast, due to the higher number of condemned joints in organic free-range pigs than in conventional pigs, a Swedish study set out to compare the joints at the time of slaughter of 91 pigs reared on straw and outdoor runs with those of 45 pigs reared confined on partial slatted floors [169,170]. The study found that there were more frequent and more severe osteochondrosis lesions in livestock raised with outdoor access. This result was attributed to the development of osteochondrosis being favoured by the magnitude and diversity of biomechanical stresses in outdoor pigs.

Arthritis is another cause of lameness. Observations at the slaughterhouse show that arthritis is more common when animals are raised outdoors (organic or not) [50,51]. One explanation is the difficulty in treating sick animals in these production systems. In an abattoir study of nearly 4 million pigs, there was more arthritis in organic than in non-organic pigs (1.5% versus 0.4% in conventional pigs) [142]. Poorer management of *Erysipelothrix rhusiopathiae* in organic pigs, a bacterium that can reside in the soil of the pens, and a lower vaccination rate are among the explanations. There are probably other intrinsic factors in outdoor farming that have not been identified.

Foot injuries, in which the quality of the floor plays a major role, are another cause of lameness [61]. One study showed that lameness in sows is positively correlated with heel and claw lesions [171]. Concrete slatted floors are a significant risk factor for lameness compared to straw floors (OR = 9.9 $[4.4; 34.5]_{95\%}$). Another study observed the claws of 245 pigs raised on straw, solid floor or slatted floor in the slaughterhouse, finding more lesions on the volar surface or at the white line area of the claws of pigs that had been raised on a solid floor without straw, owing to an accumulation of urine and manure and a more slippery floor [168]. That study also had a density effect, with significantly more

lesions in general, and more particularly at the white line, when 0.65 m^2 per individual was provided instead of 1.2 m^2.

4.8. Anaemia and Iron Supplementation

Piglets are naturally born with few iron reserves. Anaemic piglets, which are iron-deficient, are more susceptible to infection, because iron plays a role in the pig immune system [172,173]. To compensate for this deficiency, iron is usually administered intramuscularly or orally in conventional pig farming. However, iron supplementation is rarely administered in outdoor or organic production [21]. It is often agreed that piglets born outdoors ingest sufficient iron from the soil and do not need supplementation [174]. However, several studies have shown that iron supplementation may still be useful or even necessary in free-range-born pigs. One study showed higher weaning haemoglobinemia in piglets born outdoors and given 200 mg intramuscular iron at 2–4 days of age, than in unsupplemented piglets, with no effect on animal performance [71]. Another study showed that supplemented piglets born outdoors had higher haemoglobinemia and body weight at weaning and lower pre-weaning morbidity and mortality than unsupplemented pigs [175]. Finally, a more recent study showed that a second iron intake at about 2 weeks of age can even be useful in organic piglets weaned at about 42 (±1.7) days of age, to ensure adequate iron intake and better piglet growth until weaning [176]. It is therefore probably appropriate to assume that the risk of anaemia is low in free-range farms where the soil provides iron in its intrinsic composition [41].

4.9. Immunity

Differences in immune responses appear to exist between livestock reared outdoors and those reared indoors. Indeed, one study showed that pigs kept outdoors had lower white blood cell counts, lymphocyte levels and natural killer cell responses, and higher neutrophil levels than pigs without outdoor access [174]. Another study showed differences in immune responses to bovine thyroglobulin injections between pigs kept indoors and those with outdoor access [177]. Immunoglobulins G and M increase less rapidly following injection for pigs with outdoor access due, according to the study's authors, to differences in infection pressure, environmental differences, including temperature, and stress levels.

Exposure to certain toxic substances can affect the immune defence capabilities of animals. Some mycotoxins, such as deoxynivalenol or fumonisins for example, have a negative impact on the immune system of pigs, with increased susceptibility to infectious diseases and decreased vaccine efficacy [178,179]. Mycotoxins are metabolites produced by various species of fungi that grow on many raw materials used for animal feed. Because organic livestock production cannot use fungicides, higher levels of mycotoxins may be present in cereals [180], as demonstrated in one study, with higher levels of deoxynivalenol contamination in organic wheat than in conventional wheat [36]. In addition, the straw provides also a risk of exposure to mycotoxins, especially those produced by *Fusarium* [61].

Immune system functions require energy, protein, vitamins and trace minerals [181]. The ban on the use of synthetic raw materials (amino acids, vitamins, etc.) in organic farming requires great care in the choice of raw ingredients to avoid negative consequences on the immune system of animals.

4.10. Treatment and Prevention

The integrity and effectiveness of the immune system is particularly important in organic production because treatment options for infections are limited [123,182]. In the European Commission regulation regarding organic production, it is stipulated that if a health problem arises, animals should be treated, in order of preference, with homeopathic dilutions of substances of plant, animal or mineral origin, plants or plant extracts without anaesthetic effects, or substances such as trace elements, metals, natural immunostimulants or authorised probiotics [123]. The use of synthetic allopathic treatments, including antibiotics and anthelmintics, is permitted but only to a limited extent [123,182]. However, scientific evidence of the effectiveness of these alternative treatments, particularly homeopathy, is often

missing or incomplete [87,183]. Using an insufficiently effective treatment on a sick animal obviously affects its health and well-being [149]. Moreover, organic farmers are less likely to call a veterinarian to treat health problems than their conventional colleagues [87]. Nevertheless, the results of a survey carried out between 2007 and 2010 on 104 European organic farms (Corepig programme) indicate that the use of antibiotics and anthelmintics may not be so rare on these farms. A wide variety of practices exist between countries and between farms [70]. Although the use of antibiotics in organic pigs is obviously lower than in conventional pig herds [131], antibiotic treatments have been administered to post-weaning pigs in more than half of the farms surveyed [70]. Deworming of post-weaning pigs, and mainly of sows, is very common in Germany, France and Austria. The use of allopathic chemical treatments in organic farms, when necessary, may partly explain the lack of differences in the prevalence of lesions observed at the slaughterhouse in several studies [50,51] between organic and non-organic outdoor farms. The difficulty in treating free-range animals may also explain, at least in part, the higher prevalence of many lesions observed in these studies in both organic and non-organic free-range systems compared with conventional systems.

Summary

As with animal welfare, alternative production systems have advantages and disadvantages in terms of animal health (Table 3): Outdoor access overexposes animals to diseases carried by wildlife, especially wild boar (e.g., brucellosis) and to pathogens that are almost impossible to control under these conditions. Unlike the conventional rearing system where it is possible for most of the pathogens to sanitise the environment, it is much more complicated in systems on straw and almost impossible outdoor. This explains, at least in part, why parasitism is so difficult to manage in these farming systems. The practical difficulty of treating sick animals outdoors is another problem, which contributes, in particular, to the increase in infection pressure in paddocks. However, the lower density of animals in this type of production counterbalances this potential increased infection pressure. Pigs kept in these farming systems appear to be less susceptible to respiratory diseases, linked to a lower exposure to risk factors associated with confinement. The comfort provided to the animals, especially to the breeders, contributes to limit leg disorders, but the management of piglet crushing in farrowing units is a challenge. Those weaknesses are not unavoidable, with appropriate deworming plans and good biosecurity measures set up, these farming systems have the opportunity to rear their animals in good health condition.

Table 3. Summary of the strengths and weaknesses in terms of animal health according to production method.

	Conventional	Indoor with Litter	Outdoor	Indoor with Outdoor Access	
Mortalities:					
- Sows					
- Suckling piglets	+++	?	-	?	[134]
• Stillbirths	-	++++	+++	+++	[132]
• Crushing	+++	-	-	-	[128,132]
• Infectious causes	-	+++	+++	+++	[132]
• Predation	+++	+++	-	-	[95,96]
	-	?	+++	+++	[133]
- Growing Pigs					
Reproductive disorders:					
- Brucellosis	+++	+++	-	-	[135]
- Mastitis-Metritis-Agalactia Syndrome	-	?	++	++	[64,134]
Respiratory disorders	- (+/-)	?	+++ (+/-)	+++ (+/-)	[61,64,139–142] ([50,51])
Digestive disorders					
- In general	+/-	+/-	+	+	[84,89,125,140,151]
- Stomach ulceration	-	+++	+++	+++	[139]
Locomotor disorders					
- Sows	-	+++	+++	+++	[64,164,165,171]
- Osteochondrosis	+/-	+/-	+/-	+/-	[166,168–170]
- Arthritis	+++	?	-	-	[50,51,142]
Skin disorders	+++	?	-	-	[50,51]
Parasitism					
- Internal	+++	+	-	-	[50,51,140,153,155–157,159]
- External	+++	-	-	-	[163]

+++: Very favourable; ++ fairly favourable; + not very favourable; - unfavourable; +/- divergent opinions; ? unknown.

5. Pork Safety in Alternative Farming Systems

Foodborne zoonoses are infectious diseases of major health and economic importance in developed countries [184]. Pigs represent a reservoir of many bacterial, viral and parasitic pathogens [124]. The presence of zoonotic pathogens, their reservoirs or their vectors in or near the direct environment of pigs can lead to high prevalence levels of these infectious agents in alternative livestock populations.

5.1. Bacterial Contaminations

The four most frequent and/or serious bacterial hazards are *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp., *Yersinia enterocolitica* and *Listeria monocytogenes* [184]. Campylobacteriosis was the most frequently reported zoonosis in Europe in 2018 [185]. It is caused by a bacterium that is widely distributed in pig faeces [186] which is not, however, the main source of contamination for humans [185]. Human infections are mainly caused by *Campylobacter jejuni* [185] while *Campylobacter coli* is the most common species in pigs [187]. According to one study, there is no significant difference in the prevalence of *C. coli* carriage between pigs from organic and non-organic farms [188]. In contrast, with regard to *L. monocytogenes*, a Finnish study showed that the prevalence of the bacterium was significantly higher in organic pigs than in conventional pigs, attributing it to *L. monocytogenes* being a common bacterium in the environment, making outdoor areas a potential source of contamination [189]. However, in that study, the difference between organic and conventional pigs disappeared when the analysis focused on the contamination of carcasses, because high prevalence of contaminated pigs in a farm does not necessarily lead to highly contaminated meat [189]. Contamination of meat with *L. monocytogenes*

is mainly a slaughterhouse issue [190]. The levels of *L. monocytogenes* contamination of pork, which is often reported in the media, are however generally low [185] and cause few foodborne zoonoses, unlike *Y. enterocolitica*. During the 2005–2018 period, pork meat and products thereof were among the most frequently reported food categories causing foodborne yersiniosis [185]. *Y. enterocolitica* is a widely distributed bacterium on farms [191,192]. According to a study in the Czech Republic, there seems to be no difference in seroprevalence between conventional and organic farms, with small family farms having significantly lower seroprevalence [191].

However, several studies have shown that the prevalence of *Y. enterocolitica* in conventional farms is higher than in alternative farms. In particular, in a German study [193] including 210 pigs from six conventional fattening farms and 200 pigs from three alternative farms, the prevalence of PCR positive animals for *Y. enterocolitica* was between 20% and 37% in conventional farms, and between 16% and 23% in alternative farms. The prevalences in samples taken from animals from alternative housing were significantly lower than those from conventional housing. In a more recent study [194] on 788 pigs from 120 Finnish farms, the authors showed that the organic production type was one of the most significant protective factors for *Y. enterocolitica* contamination, linked, according to the authors, to the generous use of bedding, limited use of antibiotics and lower animal density. This study is in line with the results of another Finnish study [195] where the prevalence of *Y. enterocolitica* was significantly higher in all sample types from conventional pig production than in organic pig production. In this study the high prevalence of *Y. enterocolitica* on farms was also associated with the absence of bedding. In contrast, a study of 287 Norwegian farms showed that the use of straw as bedding for fattening pigs was a risk factor for *Y. enterocolitica* seropositivity (OR = 2.25 $[1.04; 4.89]_{95\%}$) [192]. In another study conducted in Germany on 80 fattening pig farms [196], housing on a fully slatted floor was observed more frequently in herds with low serological *Yersinia* prevalence. Based on these studies, it therefore appears that the prevalence of *Y. enterocolitica* is lower in organic farms but that straw may be a risk factor, which may seem contradictory. However, it should be noted that studies highlighting the role of straw have only been carried out in conventional farms.

The subject of *Salmonella* infections in pigs is well documented, with extensive research being carried out for many years studies on *Salmonella* spp., although most of the time there is no clinical expression of the disease in animals [61]. Salmonellosis is the second most common cause of bacterial foodborne outbreaks in humans [112,185]. Although egg products are the main source of infection, pork was responsible for 5.4% of foodborne *Salmonella* spp. outbreaks in 2018 in Europe [185]. Many measures at the farm level can reduce the prevalence of *Salmonella* spp. and therefore the risk of cross-contamination of carcasses at the slaughterhouse [112]. However, given the complexity of salmonella epidemiology [197], it is not always easy to establish the role of the farming system in controlling the bacteria and the results are sometimes contradictory. For example, a Danish study found no differences in the seropositivity levels obtained from meat juice samples from organic (11 farms), conventional (11 farms), or non-organic farms with outdoor access for pigs (12 farms) [198]. However, most studies tend to show that alternative organic and/or outdoor systems are a risk factor for *Salmonella* spp. Another study in Denmark showed that pigs from farms with free-range access to at least one category of pigs in the farm had a higher risk of being seropositive for *Salmonella* spp. (meat-juice samples), than pigs from conventional farms [199]. However, in that study, if a category of pigs had access to a free-range area, the farm was classified as free-range; therefore, there were farms where only sows were kept outdoors. In a study conducted in the Netherlands, the seroprevalence in blood samples collected at the slaughterhouse was significantly higher if non-organic finishing pigs had free-range access (44.6% compared to 24.5% for conventional pigs) [200]. The study's authors found no significant difference between organic farms (37.5%) and the other two categories, possibly due to the low number of samples collected from organic farms [200]. Based on 675 sera collected in three American states (Wisconsin, North Carolina and Ohio), there was significantly higher seroprevalence of *Salmonella* spp. in "antimicrobial-free" farms, i.e., with pigs having outdoor access and not receiving antibiotic growth promoters [201]. Similarly, in faeces collected from 44 farms, *Salmonella* spp. were

significantly more frequently isolated from organic farms (79% of farms) than from conventional farms (53% of farms) [202]. After PCR serotyping, there was a greater diversity of serovars isolated from organic farms, even though the *Salmonella* sv Typhimurium was significantly more frequently isolated from conventional farms.

Floor type appears to be of great importance, because the permanent and repeated contact of pigs with faeces increases the risk of faecal–oral contamination and salmonella infections [61]. This contamination was demonstrated in a study in which mesenteric lymph nodes of pigs from 62 farrow-to-finish pig herds were sampled and analysed bacteriologically: 57 farms (91% of the farms) had at least one positive sample [203]. Floor type emerged as a risk factor, with all farms in which slatted floors represented less than 50% of the floor area having positive samples. In the Netherlands study, the authors explained that the presence of full, unslatted floors with straw in unconventional farms may partly explain the differences in observed seroprevalence [200]. An original study showed that *Salmonella* can persist in the environment, especially in outdoor areas. *Salmonella* could be isolated from soil samples up to 5 weeks after the departure of contaminated pigs, and during the seven-week study period in shelter huts [204]. The introduction of disease-free pigs into these *Salmonella*-contaminated paddocks led to the contamination of some of them. Outdoor wallows may also be a source of contamination for outdoor pigs and a source of persistence of the bacteria in the environment [205]. Finally, in a study in which bird droppings, pig faeces and environmental samples (soils, water puddles and farm equipment) were analysed, birds also clearly contribute to the persistence of the bacterium in outdoor areas [206]. Monophasic *Salmonella* Typhimurium DT193 was the most commonly isolated serotype in all three types of samples. The study's authors explained that this serotype is generally associated with pigs, suggesting that pigs were the initial source of infection. Interestingly, environmental samples were positive, even in a field that had not been occupied by pigs for more than two years.

5.2. Parasite Contaminations

Changes in methods of production to closed systems have nearly eliminated the risk of *Taenia solium*, *Trichinella spiralis* and *Toxoplasma gondii* in pork from conventionally raised pigs [197]. However, due to higher exposure and less strictly observed prevention measures in alternative farming systems, the risk of foodborne zoonoses of parasitic origin may increase again.

Improved animal husbandry practices, meat inspection, consumer education and medical care have, in particular, significantly reduced the incidence and health impact of trichinellosis in humans [207]. However, pork remains the cause of many outbreaks, mainly in Eastern Europe and Argentina, where traditional "backyard" pig farming is still very popular [207]. Many mammal species are susceptible to *T. spiralis*, such as foxes, rats, raccoons and wild boars. Pigs are infested mainly by mouth, by ingestion of larvae from muscles of parasitised animals. It therefore seems inevitable that pigs with outdoor access are at greater risk of infection by *T. spiralis* by being more frequently and intensely in contact with reservoirs. However, this risk appears to be low given the prevalence or seroprevalence levels estimated in many studies. For example, one study in the United States found only 2 seropositive samples out of 675 samples (0.3% of samples) [201]. In a study in the Netherlands, only 1 to 3 pigs out of 845 were seropositive (0.12% to 0.35% of samples, depending on the seropositivity cut-off) [208]. However, in both studies, seropositive individuals were always from organic or equivalently certified organic farms with outdoor access, never from conventional farms. These results are corroborated by those from a study in Argentina on 21 pig farms from which muscles and blood samples from 3224 pigs were collected and tested for the presence of *T. spiralis* larvae or antibodies: 67 pigs (2.1%) showed positive samples, all from six farms rearing pigs outdoors (28.6% of the farms) [209]. None of the pigs sampled from the seven confined or semi-confined farms were infested with the parasite in that study and the prevalence of *T. spiralis* was significantly higher on farms where pigs had access to wildlife carcasses.

Toxoplasma gondii is a widespread protozoan that affects both animals and humans. One of the main routes of human infection is the consumption of raw or undercooked meat from certain animal species, including pigs. Pigs can become infected with *T. gondii* through the ingestion of food or water contaminated with sporulated oocysts, through consumption of cysts contained in the tissues of infected animals such as rodents, birds and other pigs, or congenitally [210]. As with *T. spiralis*, numerous studies around the world show that the prevalence of *T. gondii* in pigs in confinement is low [201,208,211], and that access to an outdoor area is a major risk factor for pigs [183,201,208,210–212]. In a study conducted in Sweden on the sera of 972 pigs, including 326 conventional and 646 alternatively raised pigs, there was a significant difference in *T. gondii* seroprevalence between conventional pigs (1.2% $[0.3; 3.1]_{95\%}$) and pigs raised in alternative systems (7.9% $[5.9; 10.2]_{95\%}$) [211], confirming the observations from studies in the United States [201] or in the Netherlands [208]. They also estimated that the risk of being seropositive increased with the length of time of access to an outdoor area (OR = 1.8 $[1.3; 2.7]_{95\%}$ for a one-month increase in the length of pasture exposure). In the Netherlands the risk of detection of *T. gondii* antibodies in a free-range farm was almost 16 times higher (OR = 15.8 $[2.0; 124]_{95\%}$) than in an indoor farm [208], a finding more recently confirmed in a study in France, which estimated that pigs kept outdoors are 3.6 times more likely to be seropositive (OR = 3.62 $[1.94; 6.59]_{95\%}$) [212]. Access to outdoor installations may facilitate contact with cats and/or rodents, increasing the chance of ingestion of oocysts and tissue cysts by pigs [210]. A study in the USA estimated that sows in contact with cats were nearly three times more likely to be seropositive than those not exposed to cats (OR = 2.6 $[2.0; 3.4]_{95\%}$) [213]. Iberian sows [214] also showed an association between *T. gondii* seroprevalence and the presence of cats. In these two studies, access to an outdoor area is also a risk factor for sows, as it is for fattening pigs, the American study estimated that sows with an outdoor access were 23 times more likely to be seropositive than confined sows (OR = 23 $[16.5; 35.4]_{95\%}$) [213]. In general, seropositivity levels are higher in sows [212,215], with seroprevalence levels as high as more than 30% in some studies [213,215].

5.3. Hepatitis E Virus

The frequency of sporadic cases of hepatitis E in humans has increased in the last few years in developed countries. The consumption of raw or undercooked pig liver-based products has been identified as an important source of human infections [216]. Seroprevalence levels in pig farms can be very high [108,216,217]. A recent study showed that seroprevalence in Corsica (France) reaches 85.4% $[79.8\%; 91.0\%]_{95\%}$ in domestic pigs, which are mostly raised under extensive conditions [108]. In addition, they showed that pigs kept in free-range or fenced pens had much higher seroprevalence levels than pigs kept under intensive confinement conditions (OR = 10.1 $[2.6; 38.8]_{95\%}$). The study's authors concluded that extensive farming practices may play a role in virus exposure. Another study comparing seroprevalence obtained in conventional, organic and non-organic farms with an outdoor area found that seroprevalence was significantly higher (89%) only in organic farms than in conventional farms (76%) [217]. This difference may be due to housing conditions that allow greater exposure of animals to manure, thus increasing the possibility of virus transmission [217]. This hypothesis should be considered in conjunction with the results of the study by Fernández-Barredo et al. [218], who isolated virus RNA from raw manure from 8 of the 16 farms surveyed.

5.4. Antibiotics and Antibiotic Resistance

Consumers often perceive meat produced in alternative systems as more nutritious and safer, with less use of feed additives and antibiotics [30]. Consumption of synthetic chemical drugs is indeed lower in external production systems [30]. In organic livestock farming in particular, the use of medicines and antibiotics is limited and is one of the requirements for organic certification. For example, antibiotic use in Denmark in 2016 was 10 times lower in weaners and fatteners on organic farms than on conventional farms [219]. Moreover, according to the European rules for organic production, the withdrawal period between the last administration of a chemically synthesised allopathic medicinal

product and the slaughter of the treated animal is doubled compared to the legal withdrawal period. If this period is not specified, it is set to 48 h [123]. The risk of persistence of residues of these treatments in products derived from these animals is therefore extremely low. In a study conducted in the Netherlands, no antibiotic residues were detected in kidney and meat samples collected at the slaughterhouse from organic pigs [186].

Knowledge is still limited on the transmission of antibiotic-resistant bacteria or genes to humans via meat [220]. However, transmission through food must certainly play a role in the global epidemiology of antibiotic resistance [197]. Numerous studies have focused on antibiotic resistance in bacteria found in animal husbandry, with the aim of comparing them between types of farming, mainly between conventional and organic farms. Almost all studies show that the prevalence of antibiotic-resistant bacteria is lower in organic farms, probably due to the lower use of synthetic antimicrobials. For example, in a study of 223 farms (111 organic and 112 conventional) in four European countries (Denmark, France, Italy and Sweden), differences in antibiotic resistance were found between *Escherichia coli* isolated from colon contents or faeces of conventional pigs and those isolated from organic pigs [221]. The percentages of strains resistant to ampicillin, streptomycin, sulphonamides or trimethoprim were significantly lower for *E. coli* from organic pigs. Other studies confirm these observations [186,222] for *E. coli* but also for other bacteria such as *Salmonella*. A study conducted in Korea between 2012 and 2013 showed that *Salmonella* isolated from organic farms were significantly less resistant to tetracyclines, ampicillin or gentamycin [202]. In addition, in that study there were significantly more salmonella resistant to three or more classes of antimicrobials in conventional farms. Another study conducted both in France and Sweden found differences in resistance to tetracyclines and erythromycin among *Campylobacter coli* strains isolated from colon contents or faeces, again in favour of pigs from organic farms [188]. However, these results differed between countries, with differences being significant in France, but not in Sweden. These differences between countries have also been reported elsewhere [221]. For example, the proportion of tetracycline-resistant *E. coli* was significantly lower in organic pigs than in conventional pigs in France, Italy and Denmark, but not in Sweden. For some antibiotics, the proportion of resistant *E. coli* from conventional pigs in one country was even lower than for organic pigs in another country, which, according to the study's authors, is related to lower antibiotic exposure in conventional farms in some countries, such as Sweden. This may also explain why one study did not find significant differences between farming systems in a study to determine the abundance of antibiotic resistance genes (*sul1*, *sul2*, *strA*, *tet(A)*, *tet(B)* and *cat*) within faecal microbiota in pigs kept under conventional and organic farming systems in Denmark, France, Italy and Sweden [125]. The only significant difference was in the abundance of antibiotic resistance genes in the samples from different countries, with a higher abundance in southern European countries (France and Italy). In that study, geographical location had more influence on the antibiotic resistance of the faecal microbiota than farm's status as conventional or organic.

Summary

Although the lower use of chemical allopathic treatments, and in particular antibiotics, helps to limit the risk of human contamination by residues or antibiotic resistance through the consumption of pork from alternative pig farms, the higher prevalence of many zoonotic pathogens in this kind of farms represents a risk both for the consumer and for the image of the alternative systems which today enjoy a very favourable perception on these issues (Tables 4 and 5). Except for *Yersinia enterocolitica*, which appears to be less prevalent in organic farms, access to an outdoor area is a risk factor for pigs being infected by foodborne zoonotic pathogens, of bacterial, parasitic or viral nature. The difficulty of sanitising the environment, especially the soil outdoors, increases the risk of contamination of free-range pigs by these pathogens. In addition, pigs reared outdoors are more easily in contact with vectors or reservoirs, such as birds, rats, foxes or wild boars. It is therefore important for the alternative production systems to set up the necessary hygienic and biosecurity measures to limit pig

contamination as far as possible, but also to comply with well suited control plans in order to minimise the risks of human contamination through the consumption of pork.

Table 4. Summary of the strengths and weaknesses in terms of health safety according to production method.

	Conventional	Indoor with Litter	Outdoor	Indoor with Outdoor Access	
Campylobacter coli	++	++	++	++	[188]
Listeria monocytogenes	+++	?	-	-	[189]
Yersinia enterocolitica	++	+	+++	+++	[191–196]
Salmonella	+++	+	-	-	[199–201,203–206]
Trichinella spiralis	+++	?	-	-	[201,208,209]
Toxoplasma gondii	+++	?	-	-	[183,201,208,210–212]
Hepatitis E virus	+++	?	-	-	[183,201,208,210–212]

+++: Very favourable; ++ fairly favourable; + not very favourable; - unfavourable; ? unknown.

Table 5. Summary of the strengths and weaknesses in terms of antibiotic use and antibiotic resistance according to production method.

	Conventional	Organic	
Antibiotic and antibiotic resistance	-	+++	[186,188,202,221,222]

+++: Very favourable; - unfavourable.

6. Conclusions and Outlook: Main Challenges for Alternative Systems

It is difficult to define a single alternative farming system, because they are so diversified, ranging from farming on straw to silvopastoral farming, organic farming or free-range farming, but they all differ to conventional, slatted, confined farming and enjoy a very positive societal image. These farms have real strengths, but they also have weaknesses, constituting major challenges to be met. Controlling biosecurity is undoubtedly the most important, and one of the most difficult challenges, but necessary to prevent contamination of livestock farms, which has an impact on animal health but also on the safety of the meat produced there. Paradoxically, efforts must also be made to improve animal welfare, even though the consumer is in favour of these systems for this reason in particular. All these challenges need to be considered as a in an integrated, holistic manner, following good practices and the know-how of the farmer being central to the success of these farms. Finally, these alternative farms are above all enterprises, in which the welfare of the farmer and the economic profitability are also priorities, as well as environmental concerns. To ensure the sustainability of these farms, it appears that a more global assessment of all these criteria is necessary and that the sole consideration of the highly mediatised societal concerns related to animal welfare and environmental issues only leads to a partial and biased evaluation of these farming systems.

Author Contributions: M.D. reviewed literature and drafted the manuscript. C.F. and F.P. supervised the project. All co-authors revised the manuscript. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Agricultural Output—Meat Consumption—OECD Data. Available online: http://data.oecd.org/agroutput/meat-consumption.htm (accessed on 20 January 2020).
2. Degré, A.; Debouche, C.; Verhève, D. Conventional versus alternative pig production assessed by multicriteria decision analysis. *Agron. Sustain. Dev.* **2007**, *27*, 185–195. [CrossRef]

3. Bonneau, M.; Antoine-Ilari, E.; Phatsara, C.; Brinkmann, D.; Hviid, M.; Christiansen, M.G.; Fàbrega, E.; Rodríguez, P.; Rydhmer, L.; Enting, I.; et al. Diversity of pig production systems at farm level in Europe. *J. Chain Netw. Sci.* **2011**, *11*, 115–135. [CrossRef]
4. Thornton, P.K. Livestock production: Recent trends, future prospects. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* **2010**, *365*, 2853–2867. [CrossRef] [PubMed]
5. Kanis, E.; Groen, A.F.; De Greef, K.H. Societal Concerns about Pork and Pork Production and Their Relationships to the Production System. *J. Agric. Environ. Ethics* **2003**, *16*, 137–162. [CrossRef]
6. Yunes, M.C.; Von Keyserlingk, M.A.G.; Hötzel, M.J. Brazilian Citizens' Opinions and Attitudes about Farm Animal Production Systems. *Animals* **2017**, *7*, 75. [CrossRef] [PubMed]
7. Sato, P.; Hötzel, M.J.; von Keyserlingk, M.A.G. American Citizens' Views of an Ideal Pig Farm. *Animals* **2017**, *7*, 64. [CrossRef]
8. Ryan, E.B.; Fraser, D.; Weary, D.M. Public Attitudes to Housing Systems for Pregnant Pigs. *PLoS ONE* **2015**, *10*, e0141878. [CrossRef] [PubMed]
9. Krystallis, A.; de Barcellos, M.D.; Kügler, J.O.; Verbeke, W.; Grunert, K.G. Attitudes of European citizens towards pig production systems. *Livest. Sci.* **2009**, *126*, 46–56. [CrossRef]
10. Roguet, C. Acceptabilité des élevages par la Société en France: Cartographie des Controverses, Mobilisations Collectives et Prospective. Available online: http://accept.ifip.asso.fr (accessed on 7 February 2020).
11. Norwood, F.B.; Lusk, J.L. A calibrated auction-conjoint valuation method: Valuing pork and eggs produced under differing animal welfare conditions. *J. Environ. Econ. Manag.* **2011**, *62*, 80–94. [CrossRef]
12. Guy, J.H.; Edwards, S. Alternative production systems. In *Livestock Production and Society*; Wageningen Academic Publishers: Wageningen, The Netherlands, 2006; pp. 273–286. ISBN 978-90-76998-89-3.
13. Honeyman, M.; McGlone, J.J.; Kliebenstein, J.; Larson, B. *Outdoor Pig Production*; Purdue University: West Lafayette, IA, USA, 2001.
14. Honeyman, M.S. Extensive bedded indoor and outdoor pig production systems in USA: Current trends and effects on animal care and product quality. *Livest. Prod. Sci.* **2005**, *94*, 15–24. [CrossRef]
15. Blumetto Velazco, O.R.; Calvet Sanz, S.; Estellés Barber, F.; Villagrá García, A. Comparison of extensive and intensive pig production systems in Uruguay in terms of ethologic, physiologic and meat quality parameters. *Braz. J. Anim. Sci.* **2013**, *42*, 521–529. [CrossRef]
16. Delsart, M.; Houlbert, J. L'élevage de porcs plein air. *Bull. Des GTV* **2012**, *66*, 27–35.
17. Ramonet, Y.; Le Gal, M. Typologie des exploitations élevant des porcs sur litière en Bretagne. In Proceedings of the Journées de la Recherche Porcine, Paris, France, 3–4 February 2015; pp. 221–222.
18. Boulestreau-Boulay, A.-L.; Dubois, A.; Guingand, N.; Hassouna, M.; Jégou, J.-Y.; Lagadec, S.; Ramonet, Y.; Robin, P. *Elever des Porcs sur Litière Comprendre les Fonctionnements, Améliorer les Résultats*; Chambres d'agriculture de Bretagne: Rennes, France, 2012.
19. Willer, H.; Lernoud, J. *The World of Organic Agriculture—Statistics & Emerging Trends 2017*; Willer, H., Lernoud, J., Eds.; FiBL & IFOAM—Organics International: Frick, NY, USA; Bonn, Germany, 2017; ISBN 978-3-03736-040-8.
20. Edwards, S. *Knowledge Synthesis: Animal Health and Welfare in Organic Pig Production*; Core Organic Project Series Report; Core Organic: Newcastle, UK, 2011; p. 109.
21. Prunier, A.; Bourgoin, A.; Calvar, C.; Lubac, S.; Maupertuis, F.; Roy, D.; Sudrum, A. Caractéristiques des élevages de porcs biologiques dans six pays européens. In Proceedings of the Journées de la Recherche Porcine, Paris, France, 7–8 February 2012; pp. 247–252.
22. Treasure. Available online: https://treasure.kis.si/ (accessed on 14 March 2020).
23. Courboulay, V.; Delarue, E.; Eugene, A. Evaluation du bien-être des porcs: Comparaison d'élevages sur litière ou sur caillebotis. In Proceedings of the Journée de la Recherche Porcine, Paris, France, 16 July 2008; pp. 243–250.
24. Mormede, P.; Foury, A.; Meunier-Salaün, M.-C. Bien-être du porc: Le point de vue de l'animal, approches biologiques et comportementales. *Bul. de l'Ac. Vét. de Fr.* **2006**, 191. [CrossRef]
25. ANSES. Avis de Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de L'alimentation, de L'environnement et du Travail Relatif au «Bien-être Animal: Contexte, Définition et évaluation ». 2018. Available online: https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2016SA0288.pdf (accessed on 1 July 2020).
26. Farm Animal Welfare Council. *Farm Animal Welfare in Great Britain: Past, Present and Future*; Farm Animal Welfare Council: London, UK, 2009; p. 70.

27. Kittawornrat, A.; Zimmerman, J.J. Toward a better understanding of pig behavior and pig welfare. *Anim. Health Res. Rev.* **2011**, *12*, 25–32. [CrossRef] [PubMed]
28. D'Eath, R.B.; Turner, S.P. The natural behavior of the pig. In *The Welfare of Pig*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2009; pp. 13–45.
29. Lawrence, A.B.; Terlouw, E.M.C. A review of behavioral factors involved in the development and continued performance of stereotypic behaviors in pigs. *J. Anim. Sci.* **1993**, *71*, 2815–2825. [CrossRef] [PubMed]
30. Edwards, S.A. Product quality attributes associated with outdoor pig production. *Livest. Prod. Sci.* **2005**, *94*, 5–14. [CrossRef]
31. Demo, M.; Jentsch, W.; Hoffmann, L. Effect of long time exposure to different environmental temperatures on heat production of growing pigs. *Livest. Prod. Sci.* **1995**, *43*, 149–152. [CrossRef]
32. Rachuonyo, H.A.; Allen, V.G.; McGlone, J.J. Behavior, preference for, and use of alfalfa, tall fescue, white clover, and buffalograss by pregnant gilts in an outdoor production system. *J. Anim. Sci.* **2005**, *83*, 2225–2234. [CrossRef] [PubMed]
33. Laitat, M.; De Jaeger, F.; Vandenheede, M.; Nicks, B. Facteurs influençant la consommation alimentaire et les performances zootechniques du porc sevré: Perception et caractéristiques de l'aliment. *Ann. Méd. Vét.* **2004**, *148*, 15–29.
34. Wolf, P.; Kamhues, J. Reduced feed intake in pigs—Due to disorders or diets'quality? In Proceedings of the ESPHM, Espoo, Finland, 25–27 May 2011; p. 121.
35. Henry, Y.; Sève, B.; Colléaux, Y.; Ganier, P.; Saligaut, C.; Jégo, P. Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin1. *J. Anim. Sci.* **1992**, *70*, 1873–1887. [CrossRef] [PubMed]
36. Malmauret, L.; Parent-Massin, D.; Hardy, J.-L.; Verger, P. Contaminants in organic and conventional foodstuffs in France. *Food Addit. Contam.* **2002**, *19*, 524–532. [CrossRef] [PubMed]
37. Welfare Quality Consortium. *Welfare Quality Assessment Protocol for Pigs*; Welfare Quality Consortium: Lelystad, The Netherlands, 2009; ISBN 978-90-78240-05-1.
38. Dippel, S.; Leeb, C.; Bochicchio, D.; Bonde, M.; Dietze, K.; Gunnarsson, S.; Lindgren, K.; Sundrum, A.; Wiberg, S.; Winckler, C.; et al. Health and welfare of organic pigs in Europe assessed with animal-based parameters. *Org. Agr.* **2013**, *4*, 149–161. [CrossRef]
39. Scott, K.; Binnendijk, G.P.; Edwards, S.A.; Guy, J.H.; Kiezebrink, M.C.; Vermeer, H.M. Preliminary evaluation of a prototype welfare monitoring system for sows and piglets (Welfare Quality® project). *Anim. Welf.* **2009**, *18*, 441–449.
40. Temple, D.; Courboulay, V.; Manteca, X.; Velarde, A.; Dalmau, A. The welfare of growing pigs in five different production systems: Assessment of feeding and housing. *Animal* **2012**, *6*, 656–667. [CrossRef] [PubMed]
41. Brillouet, A.; Calvar, C.; Maupertuis, F.; Prunier, A.; Gueguen, K. Santé et bien-être des porcs biologiques en Europe: État des connaissances. In Proceedings of the Prévention de la Santé des Porcs en élevages Biologiques, Rennes, France, 14 December 2010; pp. 9–31.
42. Meunier-Salaün, M.-C.; Chiron, J.; Etore, F.; Fabre, A.; Laval, A.; Pol, F.; Prunier, A.; Ramonet, Y.; Nielsen, B.L. Review: Drinking water for liquid-fed pigs. *Animal* **2017**, *11*, 836–844. [CrossRef] [PubMed]
43. Miao, Z.H.; Glatz, P.C.; Ru, Y.J. Review of Production, Husbandry and Sustainability of Free-range Pig Production Systems. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* **2004**, *17*, 1615–1634. [CrossRef]
44. Martineau, G.P.; Morvan, H. *Les Maladies d'élevage du porc*, 2nd ed.; France Agricole: Paris, France, 2010.
45. Banhazi, T.; Rutley, D. Factors influencing water temperature on farms and the effect of warm drinking water on pig growth. In *Livestock Housing*; Wageningen Academic Publishers: Wageningen, The Netherlands, 2013; pp. 147–160. ISBN 978-90-8686-217-7.
46. McCosker, L. *Free Range Pig Farming—Starting Out in Pastured Pigs*; Lulu.com: Morrisville, NC, USA, 2016; ISBN 978-1-326-60361-8.
47. Arey, D.S. The Effect of Bedding on the Behaviour and Welfare of Pigs. *Anim. Welf.* **1993**, *2*, 235–246.
48. Mouttotou, N.; Green, L.E.; Hatchell, F.M. Adventitious bursitis of the hock in finishing pigs: Prevalence, distribution and association with floor type and foot lesions. *Vet. Rec.* **1998**, *142*, 109–114. [CrossRef]
49. Gillman, C.E.; KilBride, A.L.; Ossent, P.; Green, L.E. A cross-sectional study of the prevalence and associated risk factors for bursitis in weaner, grower and finisher pigs from 93 commercial farms in England. *Prev. Vet. Med.* **2008**, *83*, 308–322. [CrossRef]

50. Kongsted, H.; Sørensen, J.T. Lesions found at routine meat inspection on finishing pigs are associated with production system. *Vet. J.* **2017**, *223*, 21–26. [CrossRef]
51. Alban, L.; Petersen, J.V.; Busch, M.E. A comparison between lesions found during meat inspection of finishing pigs raised under organic/free-range conditions and conventional, indoor conditions. *Porc. Health Manag.* **2015**, *1*, 4. [CrossRef] [PubMed]
52. Guy, J.H.; Rowlinson, P.; Chadwick, J.P.; Ellis, M. Behaviour of two genotypes of growing–finishing pig in three different housing systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2002**, *75*, 193–206. [CrossRef]
53. Schouten, W.G.P. Rearing Conditions and Behaviour in Pigs. Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 1986.
54. Rodríguez-Estévez, V.; Sánchez-Rodríguez, M.; Gómez-Castro, A.G.; Edwards, S.A. Group sizes and resting locations of free range pigs when grazing in a natural environment. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2010**, *127*, 28–36. [CrossRef]
55. Ingram, D.L.; Legge, K.F. The thermoregulatory behavior of young pigs in a natural environment. *Physiol. Behav.* **1970**, *5*, 981–987. [CrossRef]
56. Olsen, A.W.; Dybkjær, L.; Simonsen, H.B. Behaviour of growing pigs kept in pens with outdoor runs: II. Temperature regulatory behaviour, comfort behaviour and dunging preferences. *Livest. Prod. Sci.* **2001**, *69*, 265–278. [CrossRef]
57. Ducreux, E.; Aloui, B.; Robin, P.; Dourmad, J.-Y.; Courboulay, V.; Meunier-Salaün, M.-C. Les porcs affichent leurs préférences vis-à-vis du type de sol en fonction de la température ambiante. In Proceedings of the Journées de la Recherche Porcine, Paris, France, 11–15 September 2002; pp. 211–216.
58. Tuyttens, F.A.M. The importance of straw for pig and cattle welfare: A review. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2005**, *92*, 261–282. [CrossRef]
59. Berger, F.; Dagom, J.; Le Denmat, M.; Quillien, J.; Vaudelet, J.; Signoret, J. Perinatal losses in outdoor pig breeding. A survey of factors influencing piglet mortality. *Ann. Zootech.* **1997**, *46*, 321–329. [CrossRef]
60. Rangstrup-Christensen, L.; Krogh, M.A.; Pedersen, L.J.; Sørensen, J.T. Sow level risk factors for early piglet mortality and crushing in organic outdoor production. *Animal* **2018**, *12*, 810–818. [CrossRef]
61. EFSA. 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.* **2005**, *3*, 1–129. [CrossRef]
62. Hötzel, M.J.; Wolf, F.M.; Costa, O.A.D. Behaviour of sows and piglets reared in intensive outdoor or indoor systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2004**, *86*, 27–39. [CrossRef]
63. Pandolfi, F.; Kyriazakis, I.; Stoddart, K.; Wainwright, N.; Edwards, S.A. The "Real Welfare" scheme: Identification of risk and protective factors for welfare outcomes in commercial pig farms in the UK. *Prev. Vet. Med.* **2017**, *146*, 34–43. [CrossRef] [PubMed]
64. Leeb, C.; Rudolph, G.; Bochicchio, D.; Edwards, S.; Früh, B.; Holinger, M.; Holmes, D.; Illmann, G.; Knop, D.; Prunier, A.; et al. Effects of three husbandry systems on health, welfare and productivity of organic pigs. *Animal* **2019**, *13*, 2025–2033. [CrossRef] [PubMed]
65. Schrøder-Petersen, D.L.; Simonsen, H.B. Tail Biting in Pigs. *Vet. J.* **2001**, *162*, 196–210. [CrossRef] [PubMed]
66. Fraser, D. Attraction to blood as a factor in tail-biting by pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **1987**, *17*, 61–68. [CrossRef]
67. Ewbank, R. Abnormal Behaviour and Pig Nutrition. An Unsuccessful attempt to Induce Tail Biting by Feeding a High Energy, Low Fibre Vegetable Protein Ration. *Br. Vet. J.* **1973**, *129*, 366–369. [CrossRef]
68. EFSA. Panel on Animal Health and Welfare Scientific Opinion concerning a Multifactorial approach on the use of animal and non-animal-based measures to assess the welfare of pigs. *EFSA J.* **2014**, *12*, 101.
69. Walker, P.K.; Bilkei, G. Tail-biting in outdoor pig production. *Vet. J.* **2006**, *171*, 367–369. [CrossRef]
70. Prunier, A. Caractéristiques des élevages enquêtés dans le projet Corepig. In Proceedings of the Prévention de la Santé des Porcs en élevages Biologiques, Rennes, France, 14 December 2010; pp. 32–44.
71. Brown, J.M.E.; Edwards, S.A.; Smith, W.J.; Thompson, E.; Duncan, J. Welfare and production implications of teeth clipping and iron injection of piglets in outdoor systems in Scotland. *Prev. Vet. Med.* **1996**, *27*, 95–105. [CrossRef]
72. Van der Mheen, H.; Vermeer, H. Outdoor pig farming in the Netherlands. In *Organic Pig Production in Free Range Systems*; Landbauforschung Völkenrode Sonderheft; Albert Sundrum and Friedrich Weißmann: Braunschweig, Germany, 2005; pp. 41–43. ISBN 978-3-86576-005-0.

73. Gade, P.B. Welfare of animal production in intensive and organic systems with special reference to Danish organic pig production. *Meat Sci.* **2002**, *62*, 353–358. [CrossRef]
74. Lawrence, A.B.; Petherick, J.C.; McLean, K.A.; Deans, L.A.; Chirnside, J.; Gaughan, A.; Clutton, E.; Terlouw, E.M.C. The effect of environment on behaviour, plasma cortisol and prolactin in parturient sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **1994**, *39*, 313–330. [CrossRef]
75. Meunier-Salaün, M.C.; Bizeray, D.; Colson, V.; Courboulay, V.; Lensink, J.; Prunier, A.; Remience, V.; Vandenheede, M. Bien-être et élevage des porcs. *INRA Prod. Anim.* **2007**, *20*, 73–80. [CrossRef]
76. Studnitz, M.; Jensen, M.B.; Pedersen, L.J. Why do pigs root and in what will they root? A review on the exploratory behaviour of pigs in relation to environmental enrichment. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2007**, *107*, 183–197. [CrossRef]
77. Morrison, R.S.; Johnston, L.J.; Hilbrands, A.M. The behaviour, welfare, growth performance and meat quality of pigs housed in a deep-litter, large group housing system compared to a conventional confinement system. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2007**, *103*, 12–24. [CrossRef]
78. De Jong, I.C.; Ekkel, E.D.; van de Burgwal, J.A.; Lambooij, E.; Korte, S.M.; Ruis, M.A.W.; Koolhaas, J.M.; Blokhuis, H.J. Effects of strawbedding on physiological responses to stressors and behavior in growing pigs. *Physiol. Behav.* **1998**, *64*, 303–310. [CrossRef]
79. De Weerd, H.A.V.; Docking, C.M.; Day, J.E.L.; Breuer, K.; Edwards, S.A. Effects of species-relevant environmental enrichment on the behaviour and productivity of finishing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2006**, *99*, 230–247. [CrossRef]
80. Godyń, D.; Nowicki, J.; Herbut, P. Effects of Environmental Enrichment on Pig Welfare-A Review. *Animals* **2019**, *9*, 383. [CrossRef] [PubMed]
81. Van de Weerd, H.A.; Day, J.E.L. A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2009**, *116*, 1–20. [CrossRef]
82. Johnson, A.K.; Morrow-Tesch, J.L.; McGlone, J.J. Behavior and performance of lactating sows and piglets reared indoors or outdoors. *J. Anim. Sci.* **2001**, *79*, 2571–2579. [CrossRef] [PubMed]
83. Prunier, A.; Lubac, S.; Mejer, H.; Roepstorff, A.; Edwards, S. Health, welfare and production problems in organic suckling piglets. *Org. Agr.* **2014**, *4*, 107–121. [CrossRef]
84. Weary, D.M.; Pajor, E.A.; Bonenfant, M.; Fraser, D.; Kramer, D.L. Alternative housing for sows and litters: Part 4. Effects of sow-controlled housing combined with a communal piglet area on pre- and post-weaning behaviour and performance. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2002**, *76*, 279–290. [CrossRef]
85. Verdon, M.; Morrison, R.S.; Rault, J.-L. Group lactation from 7 or 14 days of age reduces piglet aggression at weaning compared to farrowing crate housing. *Animal* **2019**, *13*, 2327–2335. [CrossRef] [PubMed]
86. Hemsworth, P.H. Human–animal interactions in livestock production. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2003**, *81*, 185–198. [CrossRef]
87. Sutherland, M.A.; Webster, J.; Sutherland, I. Animal Health and Welfare Issues Facing Organic Production Systems. *Animals* **2013**, *3*, 1021–1035. [CrossRef] [PubMed]
88. Prunier, A.; Heinonen, M.; Quesnel, H. High physiological demands in intensively raised pigs: Impact on health and welfare. *Animal* **2010**, *4*, 886–898. [CrossRef] [PubMed]
89. Van der Meulen, J.; Koopmans, S.J.; Dekker, R.A.; Hoogendoorn, A. Increasing weaning age of piglets from 4 to 7 weeks reduces stress, increases post-weaning feed intake but does not improve intestinal functionality. *Animal* **2010**, *4*, 1653–1661. [CrossRef] [PubMed]
90. Yonezawa, T.; Takahashi, A.; Imai, S.; Okitsu, A.; Komiyama, S.; Irimajiri, M.; Matsuura, A.; Yamazaki, A.; Hodate, K. Effects of outdoor housing of piglets on behavior, stress reaction and meat characteristics. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* **2012**, *25*, 886–894. [CrossRef]
91. Jensen, P. Observations on the maternal behaviour of free-ranging domestic pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **1986**, *16*, 131–142. [CrossRef]
92. Bøe, K. The process of weaning in pigs: When the sow decides. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **1991**, *30*, 47–59. [CrossRef]
93. Hötzel, M.J.; Filho, L.C.P.M.; Irgang, R.; Filho, L.A. Short-term behavioural effects of weaning age in outdoor-reared piglets. *Animal* **2010**, *4*, 102–107. [CrossRef]
94. Mason, S.P.; Jarvis, S.; Lawrence, A.B. Individual differences in responses of piglets to weaning at different ages. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2003**, *80*, 117–132. [CrossRef]

95. Fleming, P.A.; Dundas, S.J.; Lau, Y.Y.W.; Pluske, J.R. Predation by Red Foxes (*Vulpes vulpes*) at an Outdoor Piggery. *Animals* **2016**, *6*, 60. [CrossRef] [PubMed]
96. Edwards, S.A.; Smith, W.J.; Fordyce, C.; MacMenemy, F. An analysis of the causes of piglet mortality in a breeding herd kept outdoors. *Vet. Rec.* **1994**, *135*, 324–327. [CrossRef] [PubMed]
97. Pritchard, G.; Dennis, I.; Waddilove, J. Biosecurity: Reducing disease risks to pig breeding herds. *Practice* **2005**, *27*, 230–237. [CrossRef]
98. Laanen, M.; Persoons, D.; Ribbens, S.; de Jong, E.; Callens, B.; Strubbe, M.; Maes, D.; Dewulf, J. Relationship between biosecurity and production/antimicrobial treatment characteristics in pig herds. *Vet. J.* **2013**, *198*, 508–512. [CrossRef] [PubMed]
99. Corrégé, I.; Fourchon, P.; le Brun, T.; Berthelot, N. Biosécurité et hygiène en élevage de porcs: État des lieux et impact sur les performances technico-économiques. In Proceedings of the Journées Recherche Porcine, Paris, France, 7–8 February 2012; pp. 101–102.
100. Alawneh, J.I.; Barnes, T.S.; Parke, C.; Lapuz, E.; David, E.; Basinang, V.; Baluyut, A.; Villar, E.; Lopez, E.L.; Blackall, P.J. Description of the pig production systems, biosecurity practices and herd health providers in two provinces with high swine density in the Philippines. *Prev. Vet. Med.* **2014**, *114*, 73–87. [CrossRef] [PubMed]
101. Faculté de Médecine Vétérinaire de Liège Biosécurité à la Faculté de Médecine Vétérinaire. Available online: https://www.fmv-biosecurite.ulg.ac.be/generale/definitions.php (accessed on 22 January 2020).
102. Neumann, E.J.; Hall, W.F. Disease Control, Prevention, and Elimination. In *Disease of Swine*, 11th ed.; Jeffrey, J.Z., Lock, A.K., Ramirez, A., Kent, J.S., Gregory, W.S., Zhang, J., Eds.; John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2019; pp. 123–157.
103. ANSES. Avis de 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». Available online: https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2018SA0210.pdf (accessed on 1 July 2020).
104. Wormington, J.D.; Golnar, A.; Poh, K.C.; Kading, R.C.; Martin, E.; Hamer, S.A.; Hamer, G.L. Risk of African Swine Fever Virus Sylvatic Establishment and Spillover to Domestic Swine in the United States. *Vector Borne Zoonotic Dis.* **2019**, *19*, 506–511. [CrossRef] [PubMed]
105. Sørensen, J.T.; Edwards, S.; Noordhuizen, J.; Gunnarsson, S. Animal production systems in the industrialised world. *Rev. Off. Int. Epizoot.* **2006**, *25*, 493–503.
106. Bellini, S.; Rutili, D.; Guberti, V. Preventive measures aimed at minimizing the risk of African swine fever virus spread in pig farming systems. *Acta Vet. Scand.* **2016**, *58*, 82. [CrossRef]
107. Garin-Bastuji, B.; Hars, J.; Calvez, D.; Thiébaud, M.; Artois, M. Brucellosis of domestic pigs. Re-emergence of *Brucella suis* biovar 2 in France. *Épidémiol. et Santé Anim.* **2000**, *38*, 1–5.
108. Charrier, F.; Rossi, S.; Jori, F.; Maestrini, O.; Richomme, C.; Casabianca, F.; Ducrot, C.; Jouve, J.; Pavio, N.; Le Potier, M.-F. 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.* **2018**, *5*, 1. [CrossRef]
109. Roman, A.V.; Lukesova, D.; Novak, P.; Zizlavsky, M. Biosecurity in pig breeding herds. *Agric. Trop. Subtrop.* **2006**, *39*, 119–124.
110. Wu, N.; Abril, C.; Thomann, A.; Grosclaude, E.; Doherr, M.G.; Boujon, P.; Ryser-Degiorgis, M.-P. Risk factors for contacts between wild boar and outdoor pigs in Switzerland and investigations on potential *Brucella suis* spill-over. *BMC Vet. Res.* **2012**, *8*, 116. [CrossRef] [PubMed]
111. Leirs, H.; Lodal, J.; Knorr, M. Factors correlated with the presence of rodents on outdoor pig farms in Denmark and suggestions for management strategies. *NJAS Wagen. J. Life Sci.* **2004**, *52*, 145–161. [CrossRef]
112. Andres, V.M.; Davies, R.H. Biosecurity Measures to Control *Salmonella* and Other Infectious Agents in Pig Farms: A Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2015**, *14*, 317–335. [CrossRef]
113. Sanchez-Botija, C. Reservorios del virus de la Paste Porcina Africana. Investigation del virus de la P. P. A. en las arthropodos mediante la prueba de la hemadsocion. *Bull. Off. Int. Epizootiol.* **1963**, *60*, 895–899.
114. Brown, V.R.; Bevins, S.N. A Review of African Swine Fever and the Potential for Introduction into the United States and the Possibility of Subsequent Establishment in Feral Swine and Native Ticks. *Front. Vet. Sci.* **2018**, *5*. [CrossRef]

115. Matlova, L.; Dvorska, L.; Palecek, K.; Maurenc, L.; Bartos, M.; Pavlik, I. Impact of sawdust and wood shavings in bedding on pig tuberculous lesions in lymph nodes, and IS1245 RFLP analysis of Mycobacterium avium subsp. *hominissuis* of serotypes 6 and 8 isolated from pigs and environment. *Vet. Microbiol.* **2004**, *102*, 227–236. [CrossRef]
116. Álvarez, J.; Castellanos, E.; Romero, B.; Aranaz, A.; Bezos, J.; Rodríguez, S.; Mateos, A.; Domínguez, L.; Juan, L.D. Epidemiological investigation of a *Mycobacterium avium* subsp. *hominissuis* outbreak in swine. *Epidemiol. Infect.* **2011**, *139*, 143–148. [CrossRef]
117. Delsart, M. Biosécurité en élevage: Exemple de la Peste Porcine Africaine. In *Proceedings of the Journée Scientifique AEEMA*; Épidémiol. et Santé Anim.: Maison-Alfort, France, 2019; Volume 75, pp. 107–116.
118. Scotland's Rural College Practical Biosecurity for Pig Farmers, Smallholders and Pet Pig Keepers in Scotland. Available online: http://www.spdcc.org/docs/257027_Pig_leaflet_26-10-2015.pdf (accessed on 8 June 2020).
119. Directorate General for Health and Consumer Protection. *Guidelines on Surveillance and Control of African Swine Fever in Feral Pigs and Preventive Measures for Pig Holdings*; SANCO/7138/2013; Directorate General for Health and Consumer Protection: Brussels, Belgium, 2013; p. 9.
120. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Good Practices for Biosecurity in the Pig Sector—Issues and Options in Developing and Transition Countries*; Paper No. 169; FAO Animal Production and Health: Rome, Italy, 2010.
121. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. *Real Decreto 1221/2009, de 17 de julio, por el que se Establecen Normas Básicas de Ordenación de las Explotaciones de Ganado Porcino Extensivo y por el que se Modifica el Real Decreto 1547/2004, de 25 de Junio, por el que se Establecen las Normas de Ordenación de las Explotaciones Cunícolas*; Núm. 187; Boletín Oficial del Estado: Madrid, Spain, August 2009. Available online: https://www.boe.es/eli/es/rd/2009/07/17/1221 (accessed on 1 July 2020).
122. Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. 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. *JORF* **2018**, *0240*, 30.
123. The Commission of the European Communities. Commission Regulation (CE) n°889/2008 of 5 September 2008 laying down detailed rules for the implementation of Council Regulation (EC) No 834/2007 on organic production and labelling of organic products with regard to organic production, labelling and control. *OJ L* **2008**, *250*, 1–84.
124. Salajpal, K.; Karolyi, D.; Luković, Z. Sanitary aspects of outdoor farming systems. In Proceedings of the Acta argiculturae Slovenica, Slovenia, Ljubljana, 10–12 October 2013; pp. 109–117.
125. Gerzova, L.; Babak, V.; Sedlar, K.; Faldynova, M.; Videnska, P.; Cejkova, D.; Jensen, A.N.; Denis, M.; Kerouanton, A.; Ricci, A.; et al. Characterization of Antibiotic Resistance Gene Abundance and Microbiota Composition in Feces of Organic and Conventional Pigs from Four EU Countries. *PLoS ONE* **2015**, *10*, e0132892. [CrossRef] [PubMed]
126. Lindgren, Y.; Lundeheim, N.; Boqvist, S.; Magnusson, U. Reproductive performance in pigs reared under organic conditions compared with conventionally reared pigs. *Acta Vet. Scand.* **2013**, *55*, 33. [CrossRef] [PubMed]
127. Hultén, F.; Dalin, A.-M.; Lundeheim, N.; Einarsson, S. Ovulation frequency among sows group-housed during late lactation. *Anim. Reprod. Sci.* **1995**, *39*, 223–233. [CrossRef]
128. Robledo, J.; Vargas, J.D.; González, F.; Prieto, L.; Andradas, J.A.; Aparicio, M.A. Animal welfare and production in the Iberian Pig. In Proceedings of the 6th International Symposium on the Mediterranean Pig, Messina—Capo d'Orlando (ME), Italy, 11–13 October 2007; Nanni Costa, L., Zambonelli, P., Russo, V., Eds.; L. Nanni Costa: Bologna, Italy, 2007; pp. 146–152.
129. Rangstrup-Christensen, L.; Schild, S.-L.A.; Pedersen, L.J.; Sørensen, J.T. Causes of preweaning mortality in organic outdoor sow herds. *Res. Vet. Sci.* **2018**, *118*, 171–180. [CrossRef] [PubMed]
130. Wallenbeck, A.; Gustafson, G.; Rydhmer, L. Sow performance and maternal behaviour in organic and conventional herds. *Acta Agric. Scand. A Anim. Sci.* **2009**, *59*, 181–191. [CrossRef]
131. Rousing, T. *Final Report for Project no. 1904. Prevention of Selected Diseases and Parasites in Organic Pig Hreds—by Means of HACCP Based Management and Surveillance Programme (CorePig)*; University of Aarhus: Aarhus, Denmark, 2011; pp. 1–25.

132. Kilbride, A.L.; Mendl, M.; Statham, P.; Held, S.; Harris, M.; Cooper, S.; Green, L.E. A cohort study of preweaning piglet mortality and farrowing accommodation on 112 commercial pig farms in England. *Prev. Vet. Med.* **2012**, *104*, 281–291. [CrossRef]
133. Lahrmann, H.K.; Bremermann, N.; Kaufmann, O.; Dahms, S. Health, growing performance and meat quality of pigs in indoor and outdoor housing -a controlled field trial. *DTW Dtsch. Tierarztl. Wochenschr.* **2004**, *111*, 205–208.
134. Karg, H.; Bilkei, G. Causes of sow mortality in Hungarian indoor and outdoor pig production units. *Berliner und Munchener Tierarztliche Wochenschrift* **2002**, *115*, 366–368.
135. Cvetnić, Z.; Spicić, S.; Toncić, J.; Majnarić, D.; Benić, M.; Albert, D.; Thiébaud, M.; Garin-Bastuji, B. *Brucella suis* infection in domestic pigs and wild boar in Croatia. *Rev. Off. Int. Epizoot.* **2009**, *28*, 1057–1067. [CrossRef]
136. Olsen, S.C.; Boggiatto, P.; Nol, P.; Samartino, L. Brucellosis. In *Disease of Swine*, 11th ed.; Jeffrey, J.Z., Lock, A.K., Ramirez, A., Kent, J.S., Gregory, W.S., Zhang, J., Eds.; John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2019; pp. 778–791.
137. Boqvist, S.; Eliasson-Selling, L.; Bergström, K.; Magnusson, U. The association between rainfall and seropositivity to *Leptospira* in outdoor reared pigs. *Vet. J.* **2012**, *193*, 135–139. [CrossRef]
138. Früh, B.; Bochicchio, D.; Edwards, S.; Hegelund, L.; Leeb, C.; Sundrum, A.; Werne, S.; Wiberg, S.; Prunier, A. Description of organic pig production in Europe. *Org. Agr.* **2018**, *4*, 149–161. [CrossRef]
139. Guy, J.H.; Rowlinson, P.; Chadwick, J.P.; Ellis, M. Health conditions of two genotypes of growing-finishing pig in three different housing systems: Implications for welfare. *Livest. Prod. Sci.* **2002**, *75*, 233–243. [CrossRef]
140. Bonde, M.; Toft, N.; Thomsen, P.T.; Sørensen, J.T. Evaluation of sensitivity and specificity of routine meat inspection of Danish slaughter pigs using Latent Class Analysis. *Prev. Vet. Med.* **2010**, *94*, 165–169. [CrossRef] [PubMed]
141. Bonde, M. Forskellige sundhedsproblemer hos økologiske henholdsvis konventionelle indendørs slagtesvin. *Forskningsnytt Om Oekologisk Landbruk i Norden* **2006**, *1*, 8–9.
142. Hansson, I.; Hamilton, C.; Ekman, T.; Forslund, K. Carcass Quality in Certified Organic Production Compared with Conventional Livestock Production. *J. Vet. Med. B* **2000**, *47*, 111–120. [CrossRef] [PubMed]
143. Yaeger, M.J.; Van Alstine, M.G. Respiratory System. In *Disease of Swine*, 11th ed.; Jeffrey, J.Z., Lock, A.K., Ramirez, A., Kent, J.S., Gregory, W.S., Zhang, J., Eds.; John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2019; pp. 393–407.
144. Maes, D.; Deluyker, H.; Verdonck, M.; Castryck, F.; Miry, C.; Vrijens, B.; de Kruif, A. Risk Indicators for the Seroprevalence of *Mycoplasma hyopneumoniae*, Porcine Influenza Viruses and Aujeszky's Disease Virus in Slaughter Pigs from Fattening Pig Herds. *J. Vet. Med. B* **1999**, *46*, 341–352. [CrossRef]
145. Fablet, C.; Dorenlor, V.; Eono, F.; Eveno, E.; Jolly, J.P.; Portier, F.; Bidan, F.; Madec, F.; Rose, N. Noninfectious factors associated with pneumonia and pleuritis in slaughtered pigs from 143 farrow-to-finish pig farms. *Prev. Vet. Med.* **2012**, *104*, 271–280. [CrossRef]
146. Stärk, K.D.; Pfeiffer, D.U.; Morris, R.S. Risk factors for respiratory diseases in New Zealand pig herds. *N. Z. Vet. J.* **1998**, *46*, 3–10. [CrossRef]
147. Pluske, J.R.; Williams, I.H.; Aherne, F.X. Maintenance of villous height and crypt depth in piglets by providing continuous nutrition after weaning. *Anim. Sci.* **1996**, *62*, 131–144. [CrossRef]
148. Hovi, M.; Sundrum, A.; Thamsborg, S.M. Animal health and welfare in organic livestock production in Europe: Current state and future challenges. *Livest. Prod. Sci.* **2003**, *80*, 41–53. [CrossRef]
149. Lund, V.; Algers, B. Research on animal health and welfare in organic farming—A literature review. *Livest. Prod. Sci.* **2003**, *80*, 55–68. [CrossRef]
150. Spoolder, H.A. Animal welfare in organic farming systems. *J. Sci. Food Agric.* **2007**, *87*, 2741–2746. [CrossRef]
151. Vannucci, F.A.; Gebhart, C.J.; McOrist, S. Bacterial Diseases—Proliferative Enteropathy. In *Disease of Swine*, 11th ed.; Jeffrey, J.Z., Lock, A.K., Ramirez, A., Kent, J.S., Gregory, W.S., Zhang, J., Eds.; John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2019; pp. 898–911.
152. Nansen, P.; Roepstorff, A. Parasitic helminths of the pig: Factors influencing transmission and infection levels. *Int. J. Parasitol.* **1999**, *29*, 877–891. [CrossRef]
153. Eijck, I.A.J.M.; Borgsteede, F.H.M. A Survey of Gastrointestinal Pig Parasites on Free-range, Organic and Conventional Pig Farms in The Netherlands. *Vet. Res. Commun.* **2005**, *29*, 407–414. [CrossRef]
154. Baumgartner, J.; Leeb, T.; Gruber, T.; Tiefenbacher, R. Husbandry and animal health on organic pig farms in Austria. *Anim. Welf.* **2003**, *12*, 631–635.

155. Carstensen, L.; Vaarst, M.; Roepstorff, A. Helminth infections in Danish organic swine herds. *Vet. Parasitol.* **2002**, *106*, 253–264. [CrossRef]
156. Roepstorff, A.; Nansen, P. Epidemiology and control of helminth infections in pigs under intensive and non-intensive production systems. *Vet. Parasitol.* **1994**, *54*, 69–85. [CrossRef]
157. Prunier, A. Évaluation de la situation du parasitisme dans les élevages porcins biologiques. In Proceedings of the Prévention de la Santé des Porcs en élevages Biologiques, Rennes, France, 14 December 2010; pp. 45–54.
158. Brewer, M.T.; Greve, J.H. Internal Parasites. In *Disease of Swine*, 11th ed.; Jeffrey, J.Z., Lock, A.K., Ramirez, A., Kent, J.S., Gregory, W.S., Zhang, J., Eds.; John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2019; pp. 1028–1040.
159. Jolie, R.; Bâckström, L.; Pinckney, R.; Olson, L. Ascarid infection and respiratory health in feeder pigs raised on pasture or in confinement. *J. Swine Health Prod.* **1998**, *6*, 115–120.
160. Sanchez-Vazquez, M.J.; Smith, R.P.; Kang, S.; Lewis, F.; Nielen, M.; Gunn, G.J.; Edwards, S.A. 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.* **2010**, *173*, 271–279. [CrossRef]
161. Lindgren, K.; Gunnarsson, S.; Höglund, J.; Lindahl, C.; Roepstorff, A. Nematode parasite eggs in pasture soils and pigs on organic farms in Sweden. *Org. Agr.* **2019**. [CrossRef]
162. Roepstorff, A.; Murrell, K.D.; Boes, J.; Petkevicius, S. Ecological influences on transmission rates of *Ascaris suum* to pigs on pastures. *Vet. Parasitol.* **2001**, *101*, 143–153. [CrossRef]
163. Damriyasa, I.M.; Failing, K.; Volmer, R.; Zahner, H.; Bauer, C. Prevalence, risk factors and economic importance of infestations with *Sarcoptes scabiei* and *Haematopinus suis* in sows of pig breeding farms in Hesse, Germany. *Med. Vet. Entomol.* **2004**, *18*, 361–367. [CrossRef] [PubMed]
164. Knage-Rasmussen, K.M.; Houe, H.; Rousing, T.; Sørensen, J.T. Herd- and sow-related risk factors for lameness in organic and conventional sow herds. *Animal* **2014**, *8*, 121–127. [CrossRef] [PubMed]
165. Heinonen, M.; Oravainen, J.; Orro, T.; Seppä-Lassila, L.; Ala-Kurikka, E.; Virolainen, J.; Tast, A.; Peltoniemi, O.a.T. Lameness and fertility of sows and gilts in randomly selected loose-housed herds in Finland. *Vet. Rec.* **2006**, *159*, 383–387. [CrossRef]
166. Van Grevenhof, E.M.; Ott, S.; Hazeleger, W.; van Weeren, P.R.; Bijma, P.; Kemp, B. The effects of housing system and feeding level on the joint-specific prevalence of osteochondrosis in fattening pigs. *Livest. Sci.* **2011**, *135*, 53–61. [CrossRef]
167. Madson, D.M.; Madson, P.H.E.; Arruda, B.L. Nervous and Locomotor System. In *Disease of Swine*, 11th ed.; Jeffrey, J.Z., Lock, A.K., Ramirez, A., Kent, J.S., Gregory, W.S., Zhang, J., Eds.; John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2019; pp. 339–372.
168. Jørgensen, B. Influence of floor type and stocking density on leg weakness, osteochondrosis and claw disorders in slaughter pigs. *Anim. Sci.* **2003**, *77*, 439–449. [CrossRef]
169. Etterlin, P.E.; Ytrehus, B.; Lundeheim, N.; Heldmer, E.; Österberg, J.; Ekman, S. Effects of free-range and confined housing on joint health in a herd of fattening pigs. *BMC Vet. Res.* **2014**, *10*, 208. [CrossRef] [PubMed]
170. Etterlin, P.E.; Morrison, D.A.; Österberg, J.; Ytrehus, B.; Heldmer, E.; Ekman, S. Osteochondrosis, but not lameness, is more frequent among free-range pigs than confined herd-mates. *Acta Vet. Scand.* **2015**, *57*, 63. [CrossRef]
171. Cador, C.; Pol, F.; Hamoniaux, M.; Dorenlor, V.; Eveno, E.; Guyomarc'h, C.; Rose, N. 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.* **2014**, *116*, 102–110. [CrossRef]
172. Pu, Y.; Li, S.; Xiong, H.; Zhang, X.; Wang, Y.; Du, H. Iron Promotes Intestinal Development in Neonatal Piglets. *Nutrients* **2018**, *10*, 726. [CrossRef]
173. Svoboda, M.; Nechvatalova, K.; Krejci, J.; Drabek, J.; Ficek, R.; Faldyna, M. The absence of iron deficiency effect on the humoral immune response of piglets to tetanus toxoid. *Vet. Med. (Praha)* **2008**, *52*, 179–185. [CrossRef]
174. Kleinbeck, S.N.; McGlone, J.J. 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.* **1999**, *77*, 2384–2390. [CrossRef] [PubMed]
175. Szabo, P.; Bilkei, G. Iron Deficiency in Outdoor Pig Production. *J. Vet. Med. A* **2002**, *49*, 390–391. [CrossRef] [PubMed]
176. Heidbüchel, K.; Raabe, J.; Baldinger, L.; Hagmüller, W.; Bussemas, R. One Iron Injection Is Not Enough-Iron Status and Growth of Suckling Piglets on an Organic Farm. *Animals* **2019**, *9*, 651. [CrossRef] [PubMed]

177. Millet, S.; Cox, E.; Buyse, J.; Goddeeris, B.M.; Janssens, G.P.J. Immunocompetence of fattening pigs fed organic versus conventional diets in organic versus conventional housing. *Vet. J.* **2005**, *169*, 293–299. [CrossRef] [PubMed]
178. Diaz, D. *The Mycotoxin Blue Book*; Nottingham University Press: Nottingham, UK, 2005; ISBN 978-1-899043-52-1.
179. Pierron, A.; Alassane-Kpembi, I.; Oswald, I.P. Impact of mycotoxin on immune response and consequences for pig health. *Anim. Nutr.* **2016**, *2*, 63–68. [CrossRef]
180. Pussemier, L.; Larondelle, Y.; Van Peteghem, C.; Huyghebaert, A. Chemical safety of conventionally and organically produced foodstuffs: A tentative comparison under Belgian conditions. *Food Control* **2006**, *17*, 14–21. [CrossRef]
181. Chase, C.; Lunney, J.K. Immune system. In *Disease of Swine*, 11th ed.; Jeffrey, J.Z., Lock, A.K., Ramirez, A., Kent, J.S., Gregory, W.S., Zhang, J., Eds.; John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2019; pp. 264–291.
182. Hämeenoja, P. Animal Health and Welfare – Pig Production. *Acta Vet. Scand.* **2002**, *43*, S33. [CrossRef]
183. Kijlstra, A.; Eijck, I.A.J.M. Animal health in organic livestock production systems: A review. *NJAS Wagen. J. Life Sci.* **2006**, *54*, 77–94. [CrossRef]
184. Fosse, J.; Seegers, H.; Magras, C. Prevalence and Risk Factors for Bacterial Food-Borne Zoonotic Hazards in Slaughter Pigs: A Review. *Zoonoses Public Health* **2009**, *56*, 429–454. [CrossRef]
185. European Food Safety Authority and European Centre for Disease Prevention and Control (EFSA and ECDC). The European Union One Health 2018 Zoonoses Report. *EFSA J.* **2019**, *17*, e05926. [CrossRef]
186. Hoogenboom, L.A.P.; Bokhorst, J.G.; Northolt, M.D.; van de Vijver, L.P.L.; Broex, N.J.G.; Mevius, D.J.; Meijs, J.A.C.; der Roest, J.V. Contaminants and microorganisms in Dutch organic food products: A comparison with conventional products. *Food Addit. Contam.* **2008**, *25*, 1195–1207. [CrossRef] [PubMed]
187. Funk, J.; Wagstrom, E. Preharvest Food Safety, Zoonotic Diseases, and the Human Health Interface. In *Disease of Swine*, 11th ed.; Jeffrey, J.Z., Lock, A.K., Ramirez, A., Kent, J.S., Gregory, W.S., Zhang, J., Eds.; John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2019; pp. 197–210.
188. Kempf, I.; Kerouanton, A.; Bougeard, S.; Nagard, B.; Rose, V.; Mourand, G.; Osterberg, J.; Denis, M.; Bengtsson, B.O. *Campylobacter coli* in Organic and Conventional Pig Production in France and Sweden: Prevalence and Antimicrobial Resistance. *Front. Microbiol.* **2017**, *8*. [CrossRef] [PubMed]
189. Hellström, S.; Laukkanen, R.; Siekkinen, K.-M.; Ranta, J.; Maijala, R.; Korkeala, H. *Listeria monocytogenes* contamination in pork can originate from farms. *J. Food Prot.* **2010**, *73*, 641–648. [CrossRef]
190. Lariviére-Gauthier, G.; Letellier, A.; Kérouanton, A.; Bekal, S.; Quessy, S.; Fournaise, S.; Fravalo, P. Analysis of *Listeria monocytogenes* Strain Distribution in a Pork Slaughter and Cutting Plant in the Province of Quebec. *J. Food Prot.* **2014**, *77*, 2121–2128. [CrossRef]
191. Lorencova, A.; Babak, V.; Lamka, J. Serological Prevalence of Enteropathogenic *Yersinia* spp. in Pigs and Wild Boars from Different Production Systems in the Moravian Region, Czech Republic. *Foodborne Pathog. Dis.* **2016**, *13*, 275–279. [CrossRef] [PubMed]
192. Skjerve, E.; Lium, B.; Nielsen, B.; Nesbakken, T. Control of *Yersinia enterocolitica* in pigs at herd level. *Int. J. Food Microbiol.* **1998**, *45*, 195–203. [CrossRef]
193. Nowak, B.; Mueffling, T.V.; Caspari, K.; Hartung, J. Validation of a method for the detection of virulent *Yersinia enterocolitica* and their distribution in slaughter pigs from conventional and alternative housing systems. *Vet. Microbiol.* **2006**, *117*, 219–228. [CrossRef]
194. Virtanen, S.E.; Salonen, L.K.; Laukkanen, R.; Hakkinen, M.; Korkeala, H. Factors related to the prevalence of pathogenic *Yersinia enterocolitica* on pig farms. *Epidemiol. Infect.* **2011**, *139*, 1919–1927. [CrossRef]
195. Laukkanen, R.; Martínez, P.O.; Siekkinen, K.-M.; Ranta, J.; Maijala, R.; Korkeala, H. Contamination of Carcasses with Human Pathogenic *Yersinia enterocolitica* 4/O:3 Originates from Pigs Infected on Farms. *Foodborne Pathog. Dis.* **2009**, *6*, 681–688. [CrossRef]
196. Von Altrock, A.; Roesler, U.; Waldmann, K.-H. Herd Factors Associated with the Serological *Yersinia Prevalence* in Fattening Pig Herds. *Foodborne Pathog. Dis.* **2011**, *8*, 1249–1255. [CrossRef] [PubMed]
197. Davies, P.R. Intensive swine production and pork safety. *Foodborne Pathog. Dis.* **2011**, *8*, 189–201. [CrossRef] [PubMed]

198. Zheng, D.M.; Bonde, M.; Sørensen, J.T. 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.* **2007**, *106*, 189–199. [CrossRef]
199. Wingstrand, A.; Dahl, J.; Wong, D.L.F. *Salmonella*-prevalences in Danish organic, free-range, conventional and breeding herds. In Proceedings of the 3rd International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Washington, DC, USA, 5–7 August 1999; pp. 186–189.
200. Van der Wolf, P.J.; Elbers, A.R.W.; van der Heijden, H.M.J.F.; van Schie, F.W.; Hunneman, W.A.; Tielen, M.J.M. *Salmonella* seroprevalence at the population and herd level in pigs in The Netherlands. *Vet. Microbiol.* **2001**, *80*, 171–184. [CrossRef]
201. Gebreyes, W.A.; Bahnson, P.B.; Funk, J.A.; McKean, J.; Patchanee, P. Seroprevalence of *Trichinella*, *Toxoplasma*, and *Salmonella* in Antimicrobial-Free and Conventional Swine Production Systems. *Foodborne Pathog. Dis.* **2008**, *5*, 199–203. [CrossRef] [PubMed]
202. 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. 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.* **2015**, *178*, 119–124. [CrossRef]
203. Nollet, N.; Maes, D.; De Zutter, L.; Duchateau, L.; Houf, K.; Huysmans, K.; Imberechts, H.; Geers, R.; de Kruif, A.; Van Hoof, J. Risk factors for the herd-level bacteriologic prevalence of *Salmonella* in Belgian slaughter pigs. *Prev. Vet. Med.* **2004**, *65*, 63–75. [CrossRef]
204. Jensen, A.N.; Dalsgaard, A.; Stockmarr, A.; Nielsen, E.M.; Baggesen, D.L. Survival and Transmission of *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium in an Outdoor Organic Pig Farming Environment. *Appl. Environ. Microbiol.* **2006**, *72*, 1833–1842. [CrossRef]
205. Callaway, T.R.; Morrow, J.L.; Johnson, A.K.; Dailey, J.W.; Wallace, F.M.; Wagstrom, E.A.; McGlone, J.J.; Lewis, A.R.; Dowd, S.E.; Poole, T.L.; et al. Environmental Prevalence and Persistence of *Salmonella* spp. in Outdoor Swine Wallows. *Foodborne Pathog. Dis.* **2005**, *2*, 263–273. [CrossRef]
206. De Lucia, A.; Rabie, A.; Smith, R.P.; Davies, R.; Ostanello, F.; Ajayi, D.; Petrovska, L.; Martelli, F. Role of wild birds and environmental contamination in the epidemiology of *Salmonella* infection in an outdoor pig farm. *Vet. Microbiol.* **2018**, *227*, 148–154. [CrossRef]
207. Murrell, K.D. The dynamics of *Trichinella spiralis* epidemiology: Out to pasture? *Vet. Parasitol.* **2016**, *231*, 92–96. [CrossRef] [PubMed]
208. Van der Giessen, J.; Fonville, M.; Bouwknegt, M.; Langelaar, M.; Vollema, A. Seroprevalence of *Trichinella spiralis* and *Toxoplasma gondii* in pigs from different housing systems in The Netherlands. *Vet. Parasitol.* **2007**, *148*, 371–374. [CrossRef] [PubMed]
209. Ribicich, M.; Gamble, H.R.; Bolpe, J.; Sommerfelt, I.; Cardillo, N.; Scialfa, E.; Gimenez, R.; Pasqualetti, M.; Pascual, G.; Franco, A.; et al. Evaluation of the risk of transmission of *Trichinella* in pork production systems in Argentina. *Vet. Parasitol.* **2009**, *159*, 350–353. [CrossRef] [PubMed]
210. García-Bocanegra, I.; Dubey, J.P.; Simon-Grifé, M.; Cabezón, O.; Casal, J.; Allepuz, A.; Napp, S.; Almería, S. Seroprevalence and risk factors associated with *Toxoplasma gondii* infection in pig farms from Catalonia, north-eastern Spain. *Res. Vet. Sci.* **2010**, *89*, 85–87. [CrossRef] [PubMed]
211. Wallander, C.; Frössling, J.; Dórea, F.C.; Uggla, A.; Vågsholm, I.; Lundén, A. Pasture is a risk factor for *Toxoplasma gondii* infection in fattening pigs. *Vet. Parasitol.* **2016**, *224*, 27–32. [CrossRef]
212. Djokic, V.; Blaga, R.; Aubert, D.; Durand, B.; Perret, C.; Geers, R.; Ducry, T.; Vallee, I.; Djakovic, O.D.; Mzabi, A.; et al. *Toxoplasma gondii* infection in pork produced in France. *Parasitology* **2016**, *143*, 557–567. [CrossRef]
213. Assadi-Rad, A.M.; New, J.C.; Patton, S. Risk factors associated with transmission of *Toxoplasma gondii* to sows kept in different management systems in Tennessee. *Vet. Parasitol.* **1995**, *57*, 289–297. [CrossRef]
214. Pablos-Tanarro, A.; Ortega-Mora, L.M.; Palomo, A.; Casasola, F.; Ferre, I. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* in Iberian pig sows. *Parasitol. Res.* **2018**, *117*, 1419–1424. [CrossRef]
215. Kofoed, K.G.; Vorslund-Kiær, M.; Nielsen, H.V.; Alban, L.; Johansen, M.V. Sero-prevalence of *Toxoplasma gondii* in Danish pigs. *Vet. Parasitol. Reg. Stud. Reports* **2017**, *10*, 136–138. [CrossRef]
216. Walachowski, S.; Dorenlor, V.; Lefevre, J.; Lunazzi, A.; Eono, F.; Merbah, T.; Eveno, E.; Pavio, N.; Rose, N. Risk factors associated with the presence of hepatitis E virus in livers and seroprevalence in slaughter-age pigs: A retrospective study of 90 swine farms in France. *Epidemiol. Infect.* **2014**, *142*, 1934–1944. [CrossRef]

217. Rutjes, S.A.; Bouwknegt, M.; van der Giessen, J.W.; de Roda Husman, A.M.; Reusken, C.B.E.M. Seroprevalence of Hepatitis E Virus in Pigs from Different Farming Systems in The Netherlands. *J. Food Prot.* **2014**, *77*, 640–642. [CrossRef] [PubMed]
218. Fernández-Barredo, S.; Galiana, C.; García, A.; Vega, S.; Gómez, M.T.; Pérez-Gracia, M.T. Detection of Hepatitis E Virus Shedding in Feces of Pigs at Different Stages of Production Using Reverse Transcription-Polymerase Chain Reaction. *J. Vet. Diagn. Invest.* **2006**, *18*, 462–465. [CrossRef] [PubMed]
219. Kruse, A.B.; Kristensen, C.S.; Lavlund, U.; Stege, H. 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.* **2019**, *15*, 218. [CrossRef] [PubMed]
220. Thanner, S.; Drissner, D.; Walsh, F. Antimicrobial Resistance in Agriculture. *mBio* **2016**, *7*. [CrossRef] [PubMed]
221. Österberg, J.; Wingstrand, A.; Nygaard Jensen, A.; Kerouanton, A.; Cibin, V.; Barco, L.; Denis, M.; Aabo, S.; Bengtsson, B. Antibiotic Resistance in Escherichia coli from Pigs in Organic and Conventional Farming in Four European Countries. *PLoS ONE* **2016**, *11*, e0157049. [CrossRef] [PubMed]
222. Zwonitzer, M.R.; Soupir, M.L.; Jarboe, L.R.; Smith, D.R. Quantifying Attachment and Antibiotic Resistance of from Conventional and Organic Swine Manure. *J. Environ. Qual.* **2016**, *45*, 609–617. [CrossRef] [PubMed]

© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Journal of Parasitology 2022 108(4) 306–321
© American Society of Parasitologists 2022

Published 25 July 2022

DOI: 10.1645/21-126

Contents and archives available through www.bioone.org or www.jstor.org

Journal of Parasitology

journal homepage: www.journalofparasitology.org

DESCRIPTIVE EPIDEMIOLOGY OF THE MAIN INTERNAL PARASITES ON ALTERNATIVE PIG FARMS IN FRANCE

Maxime Delsart[1], Christelle Fablet[2], Nicolas Rose[2], Jean-Michel Répérant[2], Radu Blaga[3], Barbara Dufour[1], and Françoise Pol[4]

[1] ANSES, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Laboratoire de Santé Animale USC EPIMAI, 7 avenue du Général de Gaulle, F-94700, Maisons-Alfort, France.
[2] ANSES, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, BP 53, 22440 Ploufragan, France.
[3] ANSES, INRAE, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Laboratoire de Santé Animale, BIPAR, Maisons-Alfort, F-94700, France.
[4] ONIRIS, 101 Rte de Gachet, 44300 Nantes, France.
Correspondence should be sent to Maxime Delsart (https://orcid.org/0000-0002-2324-2024) at: *maxime.delsart@vet-alfort.fr*

KEY WORDS

Helminths
Coccidia
Toxoplasma gondii
Outdoor
Litter
Bedding
Pig
Epidemiology

ABSTRACT

Alternative pig farms, which do not raise animals in closed buildings with slatted and/or concrete floors, have critical points that need particular attention. Internal parasitism is one, as the farming conditions in such structures are more favorable to the development and survival of parasites. The objectives of this study, carried out on 70 alternative farms in continental France, were to (i) estimate the frequency and level of infestation by the main internal parasites on these farms, and (ii) define their typology according to the level of parasitism. For this purpose, fecal samples were taken for coprological analysis from 10 sows, 10 pigs aged 10–12 wk, and 10 pigs at the end of the fattening period. Blood samples were also taken for serological analysis (targeting *Ascaris suum* and *Toxoplasma gondii*) from 10 sows and 10 pigs at the end of the fattening period. Of the 70 farms, only 5 had no helminth egg or coccidian oocyst. Coccidia oocysts were observed in 79% of the farms, while eggs of *Oesophagostomum* spp./*Hyostrongylus rubidus*, *Ascaris suum*, and *Trichuris suis* were found in 47%, 16%, and 36% of the farms, respectively. On each infested farm, an average of 56.8% of sows, 23.8% of grower pigs, and 38.9% of finisher pigs were parasitized. At least 1 *Ascaris suum*-seropositive finisher pig was found on 91% of the farms, and at least 1 *Toxoplasma gondii*-seropositive finisher pig or sow on 60% of the farms. Data on housing, animal management, and health management (particularly parasite control) were collected to characterize the typology of farms according to their level of parasitism. The variables defining these farm typologies differed according to the parasites. Access to the outdoors for breeding stock was a characteristic of the farms most heavily infested with helminths or *T. gondii*. Conversely, the farms with the lowest frequency of coccidia oocyst infestation were characterized by free-range farrowing facilities and also by the presence of slatted floors, mostly plastic in our study, rather than straw bedding in the farrowing rooms. The level of biosecurity concerning the storage of straw for pig bedding was another discriminating factor for parasitism level of helminths and *T. gondii*. Farms with the highest levels of helminth parasitism were more likely not to practice an all-in-all-out postweaning system and to deworm their grower/finisher pigs less frequently than farms with the lowest levels of helminth parasitism.

Internal parasites are common pests of swine worldwide (Brewer and Greve, 2019). Among the most frequently isolated internal parasites in the pig production sector in temperate countries are protozoa such as coccidia or *Toxoplasma gondii*, or helminths such as *Ascaris suum*, *Trichuris suis*, and the strongylate nematode species *Oesophagostomum* sp. and *Hyostrongylus rubidus*, the eggs of which are morphologically indistinguishable. In addition to the food safety significance of *Toxoplasma gondii* for consumers, infection with these parasites is an acknowledged contributor to production losses due to poor growth and feed conversion performance (Ózsvári, 2018). It can also be a risk factor for other digestive tract diseases such as *Lawsonia intracellularis* infection (Pearce, 1999) or intestinal *Salmonella* carriage (Steenhard et al., 2002). Finally, it can interfere with vaccination uptake, as shown previously for *A. suum* and *Mycoplasma hyopneumoniae* vaccination (Steenhard et al., 2009).

The presence of internal parasites and the intensity of infestations are strongly influenced by the production system

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

Table I. Criteria for inclusion.

Geographical location	Continental France
Type of farm	Farrow-to-finishers
	Breeders
	Fatteners
	Using alternative housing for at least 18 mo
Livestock size	If presence of a farrowing unit ≥20 sows
	If presence of a fattening unit ≥100 grower/finisher pigs
Type of housing	
Sows	Gestating sows in semi-open buildings* on bedding + Farrowing units in closed buildings
	Pregnant sows with outdoor courtyards or free-range + Farrowing units in closed buildings
	Pregnant sows with litter or outdoor courtyards or free-range + outdoor farrowing units
Fattening unit	Post-weaning and/or fattening in semi-open buildings* with bedding
	Post-weaning and/or fattening with outdoor access and concrete floor (outdoor courtyard)
	Post-weaning and/or fattening with outdoor access and natural floor

* Non-hermetic building, open on at least 1 side (at least with a windbreaking system).

(Nansen and Roepstorff, 1999). Although a decrease in the number of parasite species and infestation pressure has been observed with slatted floors (Nansen and Roepstorff, 1999), internal parasitism remains a major preoccupation in systems with bedding and/or outdoor access (Yaeger et al., 2009; Rousing, 2011; Delsart and Houlbert, 2012; Früh et al., 2018; Delsart et al., 2020). These rearing conditions are more favorable to the development and survival of oocysts or eggs of parasites in the environment (Salajpal et al., 2013). Soil type is an important parameter that affects parasitism depending on whether manure is removed from the enclosure or not, by limiting the contact time with potentially infected excreta.

The term "alternative farms" can have several meanings. In the remainder of this paper, we define as "alternative" any farming system that does not raise all the pigs in closed buildings on slatted and/or concrete floors, i.e., that differs from the predominant contemporary structures (Guy and Edwards, 2006). Alternative production systems vary widely. There are (i) free-range systems, which allow pigs to have access to the outdoors and to be in contact with the ground and plants (Honeyman et al., 2001), and (ii) bedded systems (straw, sawdust, hay, etc.). Popular with consumers (Sato et al., 2017), alternative systems generally attach great importance to animal welfare and product quality (Bonneau et al., 2011). Their numbers are currently growing (Honeyman, 2005; Willer and Lernoud, 2017). There are few numerical data on alternative livestock production, especially in France, where rearing on litter is estimated to represent about 5% of pig farms (Boulestreau-Boulay et al., 2012) and organic production 1.7% of the sow population (FNAB, 2020).

In many studies, the diversity of parasites isolated from alternative pig farms is often limited, with 3 helminths (*A. suum*, *Oesophagostomum* spp., and *T. suis*) and coccidia most frequently identified (Carstensen et al., 2002; Baumgartner et al., 2003; Eijck and Borgsteede, 2005), although other species such as *H. rubidus*, *Metastrongylus* spp., *Strongyloides ransomi* or *Stephanurus dendatus* have also been observed (Roepstorff and Nansen, 1994; Carstensen et al., 2002; Prunier, 2010). Together with coccidia, *A. suum* is the most frequently isolated endoparasite according to Eijck and Borgsteede (2005) (63% and 60% of the alternative farms studied, respectively), followed by *T. suis* (37% of the farms) and *Oesophagostomum* spp. (25%). Most of the descriptive studies on the subject of parasitism in alternative farms offer only a partial view by focusing on only 1 production phase of the pigs, including only a few farms, or by ignoring their diversity. These studies generally only include coprological analyses, without using new tools such as serological tests that can detect antibodies against *A. suum* or *T. gondii*, whose seroprevalence has been estimated at 7.9% in pigs from alternative farms in Sweden (Wallander et al., 2016).

The objectives of the present study were to (i) estimate the frequency and level of infestation by the most common internal parasites (Strongyles, *A. suum*, *T. suis*, coccidia genus *Eimeria* and *Cystoisospora*, *T. gondii*) in pigs of different stages (sows, growers, and finishers) from a sample of 70 alternative farms in France, and (ii) describe the typology of farms according to their level of parasitism, characteristics, and management.

MATERIALS AND METHODS

Study sample and herd selection

This study was carried out in continental France on pig farms using bedding housing and/or with access to the outdoors (outdoor courtyard, free-range). Farms had to produce pigs under an alternative system for at least 18 mo to be included (Table I). If the farm included a farrowing section (farrow-to-finishers or breeders), at minimum 20 sows were required. If the farm included a fattening section (farrow-to-finishers or fatteners), at minimum 100 pigs were required. All or part of the farm had to offer the animals an alternative rearing system. In the case of farrow-to-finish farms, the alternative system had to concern all or part of the sows and at least 1 growing stage (post-weaning and/or fattening).

Twenty-six breeders' organizations or associations and veterinary offices were contacted. Fourteen of these organizations participated by contacting the farmers in their files who could be included in the study. Out of these files, 70 farms were contacted and agreed to take part in the study.

Data collection and sampling on farms

Each farm was visited once (cross-sectional study between June 2020 and June 2021). During this visit, a questionnaire was filled in with the farmer concerning the description, technical and health management of the farm, and the use of anthelmintics. At the same time, observations and measurements of the farm and the animals were carried out by other investigators (2–4), and samples were taken from the animals.

On each farm, according to the categories of animals present, 10 sows, 10 piglets between 10- and 12-wk of age (grower pigs), and 10 pigs over 22 wk of age (finisher pigs) were selected.

A blood sample was taken from each finisher pig or sow by a jugular vein puncture, using evacuated tubes without an additive (Vacuette, Dutscher SAS, Brumath, France).

Fresh fecal samples were taken at random, if possible from the selected animals, or directly from the ground immediately after defecation, to limit the risk of sampling the same animal several times. These samples were individually placed in 180 ml polypropylene coprology jars.

Transportation of samples

The samples were individually identified and sent to the laboratory for processing. The feces were transported between the farm and the laboratory at a temperature of +4 C to +6 C. Serum was obtained by centrifugation for 10 min at 3,500 *g* and stored at −20 C until further analysis.

Laboratory analyses

Coprology: Three operators were previously trained with the aid of samples, photographs, and an ocular micrometer. The fecal samples, refrigerated at 5 C until examination, were analyzed individually. After homogenization with a spatula, 3 g of each sample were mixed for 5 min with 42 ml of saturated sodium chloride solution. The chamber of a McMaster cell was then filled with the supernatant. After 10 min, the contents of the McMaster cell chamber were observed at ×100 magnification. In case of uncertainty about the observed elements, an observation was made at ×200 magnification, especially for coccidia oocysts. In the event of detection and identification, the number of coccidia oocysts or eggs of strongyles, *T. suis,* or *A. suum* were counted per species in the filled McMaster cell chamber. The number of oocysts or eggs per gram of feces was obtained by multiplying the number of oocysts or eggs counted in a McMaster chamber by 100. If there were too many eggs or oocysts to count properly, 9 ml of saline solution was added to 1 ml of the first mixture to obtain a second dilution to 1:10. The number of oocysts or eggs per gram of feces was then obtained by multiplying the number of oocysts or eggs counted in 1 chamber of the McMaster cell by 1,000.

Serological tests

Ascaris suum: an individual serological analysis for antibodies to *A. suum* was carried out on all blood samples taken from the finisher pigs. After centrifuging the samples, the sera were sent to Ghent University. The total IgG antibodies for *A. suum* were detected using the SERASCA® ELISA, as described by Vlaminck et al. (2012), using the purified hemoglobin antigen of *A. suum*. This test can detect antibodies from 6 to 8 wk after infestation and has a higher sensitivity for the diagnosis of *A. suum* infestation than a fecal examination (Vlaminck et al., 2014). The analytical sensitivity and specificity of this test in experimentally-infested pigs are estimated to be 99.5% and 100%, respectively (Vlaminck et al., 2012).

Toxoplasma gondii: An individual serological analysis was carried out on each of the blood samples taken from the sows and finisher pigs. Pigs' sera were analyzed by the Modified Agglutination Test (MAT) designed to detect *T. gondii*-specific immunoglobulin (IgG) using an antigen prepared from formalin-fixed whole RH tachyzoites as described by Dubey and Desmonts (1987). This was provided by the National Reference Centre for Toxoplasmosis in Reims, France (Villena et al., 2012). Serum samples were diluted 2-fold starting at a 1:6 dilution until 1:12,288 dilution. The threshold dilution was 1:6. This is a species-independent serological test, considered to be the gold standard for the detection of anti-*T. gondii* antibodies in animals and meat (Klun et al., 2006; Forbes et al., 2012; Pardini et al., 2012; Villena et al., 2012).

Statistical analysis

Description of parasitism: The status of each farm (infested or non-infested) for helminths (strongyles, *A. suum*, *T. suis*) and coccidia was determined from the examination of fecal samples. A farm was considered infested if at least 1 helminth egg or coccidia oocyst was observed. Similarly, the status of each animal category (sows, grower pigs, finisher pigs) was defined for each farm. The percentages of infected animals were calculated, the distributions of the quantities of parasites observed per gram of feces studied, and the position parameters determined in each category for each parasite and each farm.

A farm was considered serologically positive for *A. suum* if at least 1 of the 10 samples taken was positive. Similarly, a farm was considered serologically positive for *T. gondii* if at least 1 of the animals sampled was positive. In the case of *T. gondii*, positivity was defined at the farm level, but also by the category of animal (sows and finisher pigs). In addition, the distributions of positive results, as well as the Optical Density ratios (ODr) of the ELISA test for *A. suum* and the MAT titers for *T. gondii*, were studied.

The descriptive analysis of the results was performed using the free software R (R Development Core Team, 2008).

Relationship between parasites: Associations between the percentages of animals infested with at least 1 egg of strongyles, *A. suum*, *T. suis*, at least 1 coccidia oocyst in each category of each farm and the seropositivity rate for *T. gondii* and *A. suum* were investigated by principal component analysis (Rstudio® (RStudio Team, 2020), FactoMineR (Lê et al., 2008), and Factoshiny packages (Vaissie et al., 2021)). The diversity of farm types led us to carry out this work successively on 3 subpopulations: a study of the relationships (i) among farms with sows (breeders and farrow-to-finish farms), (ii) among farms with grower/finisher pigs (fatteners and farrow-to-finish farms) and finally (iii) among farms with both sows and grower/finisher pigs (farrow-to-finish farms only).

Three hierarchical ascending classifications (Rstudio® (RStudio Team, 2020), FactoMineR (Lê et al., 2008), and Factoshiny packages (Vaissie et al., 2021)) were performed to group farms with both sows and grower/finisher pigs into clusters according to their status concerning (i) helminths, (ii) coccidia, or (iii) *T. gondii*.

Relationship between parasitism, farm characteristics, and management: For each classification, each farm was assigned to a cluster describing the level of parasitism. We then compared these clusters with the variables describing the type of farm (5 variables), housing modalities (27 variables), animal management (3 variables), health management (8 variables), and control of parasites (10 variables). The comparison was performed using a Chi^2 test or Fisher's exact test if the conditions for application of

Table II. Proportion of farms per production phase according to housing type (70 farms). Please note that the sum of the percentage may be higher than 100% per column, as a farm may have several different types of housing per rearing stage.

Building and floor types	Farrowing rooms, 57 farms (%)	Mating, 47 farms (%)	Pregnant sows, 57 farms (%)	Nursery, 65 farms (%)	Fattening phase, 65 farms (%)	Quarantine, 41 farms (%)
Closed building	54	28	16	44	26	39
On slatted floor	18	13	2	8	6	9
On litter	36	15	14	35	20	30
Semi-open building WITHOUT outdoor access	5	21	19	24	23	24
On slatted floor	0	2	0	0	0	0
On litter	5	19	19	24	23	24
Semi-open building WITH outdoor access	12	38	28	37	49	15
Open building WITH outdoor access	0	2	2	0	2	0
Concrete floor	0	2	0	0	2	0
Natural floor	0	0	2	0	0	0
Outdoors	35	11	40	2	6	24

the Chi^2 test were not met. Items with a *P*-value for this test below 25% were retained for multivariate analysis. The collinearity between the selected items was then tested ($P < 0.05$). When variables were too redundant, we kept those that best described the set of variables involved. Relationships between these selected items and parasite status were then investigated by multiple correspondence analysis (MCA) (Rstudio® (RStudio Team, 2020), FactoMineR (Lê et al., 2008), and Factoshiny packages (Vaissie et al., 2021)) taking the cluster variable (level of parasitism) as a supplementary variable.

RESULTS

Description of farms

The sample of farms studied, whose geographical distribution is shown in Figure 1, included 52 farrow-to-finish farms, 5 breeders, and 13 fatteners. Of these 70 farms, 68 produced animals under officially certified schemes identifying quality and origin: 45 under organic production, 5 under the French "Label Rouge" and 10 under the "Label Rouge Fermier" programs. The rest produced animals under other quality specifications.

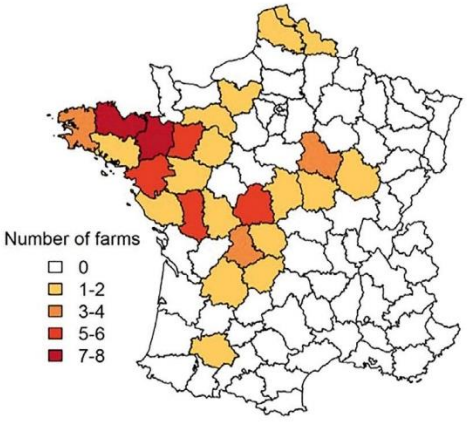


Figure 1. Geographical distribution of the 70 farms included in the study. Color version available online.

The average size of the breeding stock was 118, with a median of 72 sows ($\sigma = 141$; min = 24; max = 882). The average age at weaning was 37.2 days ($\sigma = 7.2$; min = 21; max = 49). An average of 697 grower/finisher pigs were present on the day of the visit in the farrow-to-finisher or fattener structures (median = 602; σ = 513; min = 53; max = 3,160).

The grower pigs sampled (feces) were on average 10.8 wk old ($\sigma = 0.9$; min = 10; max = 13), while finisher pigs (serology and feces) were 25.4 wk old ($\sigma = 4.0$; min = 21; max = 52).

At least some of the sows were kept outdoors in 40% of the farms, while this was the case in only 6% of the farms for grower/finisher pigs. Table II describes the distribution of housing according to animal categories.

Deworming was practiced on 62 of the 70 farms, on at least 1 category of pig. Only 19% of farms did not deworm sows and 17% did not deworm grower pigs (Table III). The molecules most often used were benzimidazoles, although unweaned piglets were treated mainly with an oral or injectable anticoccidian (toltrazuril) (Table IV).

Table III. Distribution of farms according to the number of treatments against internal parasites and physiological stages (70 farms).

	No deworming (%)	Number of internal deworming treatments (annual for breeding stock and per animal for piglets and pigs)		
		1 (%)	2 (%)	≥3 (%)
Gilts in quarantine (57 farms)	58	33	9	0
Sows (57 farms)	19	4	70	7
Boars (57 farms)	35	12	49	4
Unweaned piglets (57 farms)	82	18	0	0
Growing pigs (after weaning, 65 farms)	17	23	35	25

Table IV. Distribution of molecules used to control internal parasites by production phase (65 farms).

	Gilts in quarantine, 22 farms (%)	Sows, 46 farms (%)	Boars, 37 farms (%)	Unweaned piglets, 10 farms (%)	Grower/finisher pigs (after weaning), 54 farms (%)
Fenbendazole	36	39	43	0	40
Flubendazole	50	52	49	10	26
Ivermectin	9	4	5	0	0
Levamisole	5	2	3	0	35
Toltrazuril	0	0	0	90	0
Phytotherapy	0	2	0	0	0

Very few farms used alternative approaches to antiparasitic treatments (homeopathy, phytotherapy). Only 1 farm used a specialty based on plant extracts on sows to control coccidiosis in piglets.

Coprological analyses

Of the 70 farms, only 5 had neither helminth eggs nor coccidia oocysts. Coccidia oocysts were found in 79% of the farms, while eggs of *Oesophagostomum* spp./*H. rubidus* (hereafter referred to as strongyles), *A. suum*, and *T. suis* were observed in 47%, 16%, and 36% of the farms, respectively. The proportion of farms infested per parasite and per production phase is detailed in Figure 2. Other parasites observed included *Strongyloides* spp. eggs in the grower pigs of 1 farm, and eggs of unidentified parasites on another farm.

All the coccidia oocysts observed were of the genus *Eimeria*. No *Cystoisospora* oocysts were observed in the samples. At least 2 different species of coccidia oocysts were found on 47% of the farms (32%, 15%, and 29% of the farms for sows, grower pigs, and finisher pigs, respectively).

On each infested farm, on average 56.8% of sows, 23.8% of grower pigs, and 38.9% of finisher pigs were parasitized. Table V details all these results, parasite by parasite. Helminth eggs were found in greater quantities in infested sow samples (Fig. 3), while coccidia oocysts were more numerous on average in the infested feces of finisher pigs.

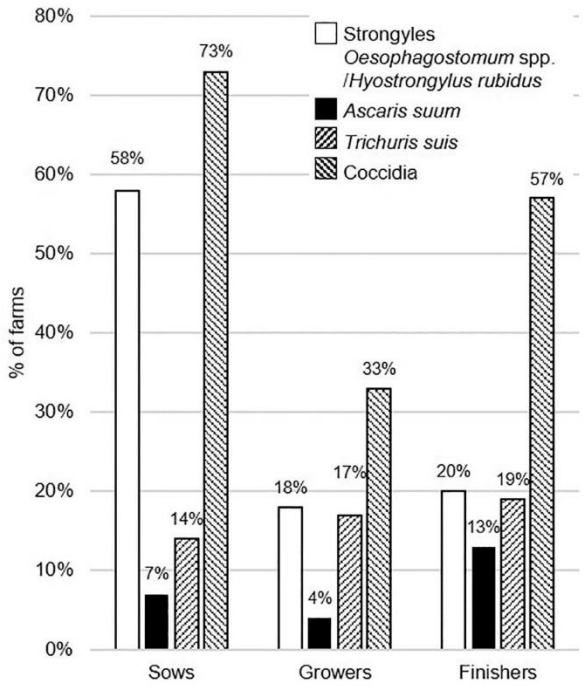


Figure 2. The proportion of farms infested per parasite and per production phase (70 farms, 57 with sows, and 65 with fattening pigs).

Ascaris suum serological results

The SERASCA® serological test was carried out on pigs from 65 farrow-to-finish or fattener farms. Forty-three percent of the ODr (optical density ratio) results were above 0.5 (cut-off). Ninety-one percent of farms had at least 1 positive sample, with

Table V. Rate of infested animals per farm, per parasite and per production phase (70 farms, 57 with sows and 65 with grower/finisher pigs).

	Rate of infested animals on the farm (%)			
	Mean	Median	Min	Max
All parasites included				
Sows*	56.8	60	0	100
Growers†	23.8	10	0	100
Finishers†	38.9	20	0	100
Oesophagostomum spp./*Hyostrongylus rubidus*				
Sows*	35.3	10	0	100
Growers†	7.1	0	0	100
Finishers†	10.0	0	0	100
Ascaris suum				
Sows*	1.8	0	0	60
Growers†	0.5	0	0	10
Finishers†	2.9	0	0	60
Trichuris suis				
Sows*	2.6	0	0	20
Growers†	5.1	0	0	80
Finishers†	4.9	0	0	70
Coccidia				
Sows*	29.1	20	0	100
Growers†	14.2	0	0	100
Finishers†	31.2	10	0	100

* Fifty-seven farms.
† Sixty-five farms.

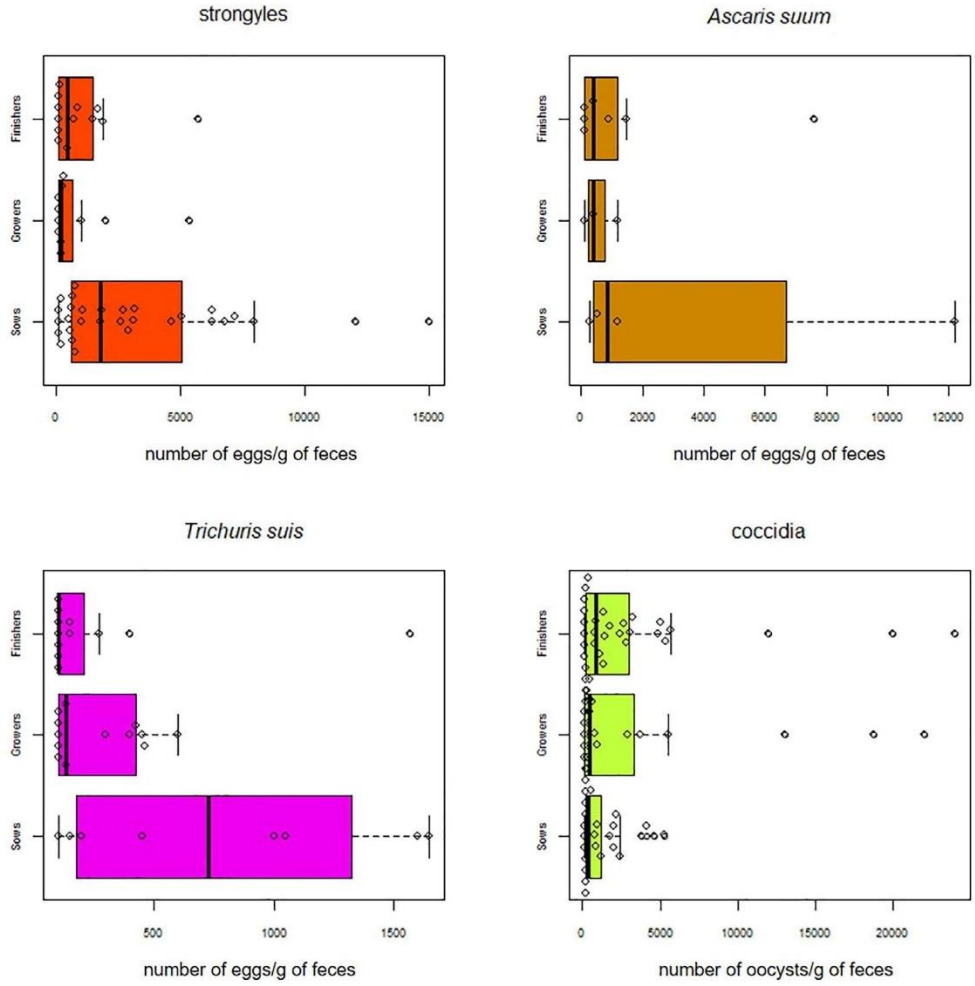


Figure 3. Distributions of average parasite quantities in infested samples per farm and per production phase (n = 65 farms). Strongyles = *Oesophagostomum* spp./*Hyostrongylus rubidus*. Color version available online.

an average of 43.0% [35.8;52.2]$_{95\%}$ seropositive animals per farm. Forty-five percent of the farms had an average ODr value of more than 0.5. The distribution of serological values per farm is shown in Suppl. Figure S1.

Toxoplasma gondii serological results

Serological tests for *T. gondii* were carried out on both sows (57 breeder or farrow-to-finish farms) and grower pigs (65 breeder or post-farrow-to-finish farms). Forty-two of the 70 farms (60%) had at least 1 seropositive animal. At least 1 sow was seropositive in 63% of the breeder and farrow-to-finish farms, while at least 1 pig was seropositive in 26% of the farrow-to-finish and fattener farms.

The average percentage of seropositive animals per farm was 11.9% [8.1; 15.8]$_{95\%}$, with a maximum of 70%. On average, 21.9% [15.4; 28.5]$_{95\%}$ of sows and 4.5% [1.7; 7.3]$_{95\%}$ of pigs were seropositive per farm (with a maximum of 80% and 70%, respectively). The distribution of positivity rates per farm is shown in Figure 4.

The serological titers of positive samples ranged from 1:6 to 1:12,288, with a modal value of 1:24, and a median of 1:36 (1:48 and 1:24 for sows and finishers, respectively). The distribution of serological titers per animal type is shown in Figure 5, and per farm and animal type in Figure S2.

Relationships between parasites

Principal component analysis was performed on 3 populations. On the 57 farms with breeding stock, 3 main groups of associations between variables describing infestation frequencies per farm were revealed (Fig. 6A). One group of positively correlated variables (GrpS1, upper right corner of the map) included the percentage of sows with a coprology result positive for *T. suis* and strongyles. The second group of positively-correlated variables, located in the lower right part of the map

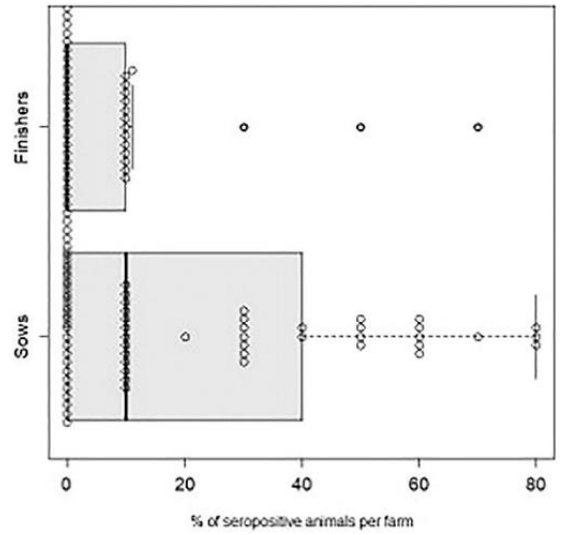


Figure 4. Rate of *Toxoplasma gondii*-positive animals per farm and production phase (70 farms, 57 with sows, and 65 with finishers). The Modified Agglutination Test was used to define these rates.

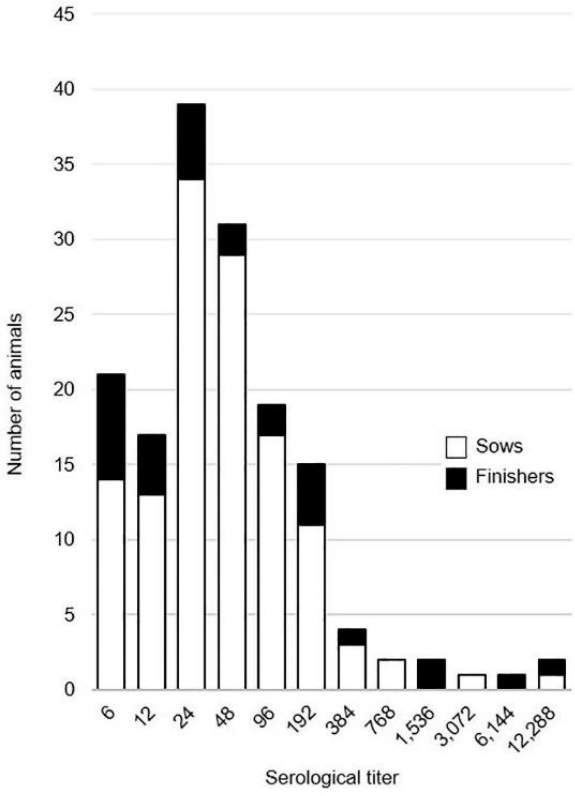


Figure 5. Distribution of serological titers for *Toxoplasma gondii* for all samples (70 farms, 57 with sows, and 65 with finishers). The Modified Agglutination Test was used to define these rates.

(GrpS2), was related to the percentage of sows infected with coccidia and the percentage of sows seropositive for *T. gondii*. Finally, the variable related to the percentage of sows infected with *A. suum* was not correlated with any of the variables in the first 2 groups (GrpS3).

The second analysis performed on the 65 farms with grower/finisher pigs (Fig. 6B) also showed 3 main groups of associations. The bottom right group (GrpP1) included variables highlighting a higher percentage of animals infested late (after 22 wk of age) for strongyles, *T. suis*, and coccidia, as well as the percentage of piglets infected with coccidia at 10–12 wk of age, and to a lesser degree the percentage of *A. suum*-seropositive animals at the end of fattening. A second group, top right (GrpP2), included variables associated with a higher percentage of animals infested earlier (at 10–12 wk of age) for *A. suum*, *T. suis*, and, to a lesser degree, strongyles. These variables were also positively correlated with the percentage of *T. gondii*-seropositive finisher pigs. The variable associated with the percentage of pigs with a coprology result positive for *A. suum* at the end of fattening was not correlated with either of these 2 groups (GrpP3).

The same groups of associations between variables were found in the third analysis, performed on the 52 farms with both sows and grower/finisher pigs (Fig. 6C). Here the variables in groups GrpS1, GrpS2, and GrpS3 were correlated with the variables in groups GrpP1, GrpP2, and GrpP3, respectively.

Relationship between parasitism, farm characteristics, and management

Helminths: The hierarchical ascending classification used to group farms according to their helminth parasite status revealed 2 groups of farms (Table VI). The first group of 37 farms was characterized by a lower level of parasitism concerning strongyles and *T. suis* than the second group of 15 farms, both in sows (average percentage of sows infested by strongyles or *T. suis*, respectively, 20.3 and 1.4% in group 1 vs. 75.3 and 5.3% in group 2), as well as in piglets of 10–12 wk of age (average percentage of animals infected by strongyles or *T. suis*, respectively, of 1.4 and 1.6% in group 1 vs. 25.3 and 14.7% in group 2) or on finishers (average percentages of animals infested by strongyles or *T. suis*, respectively, of 0.5 and 1.6% in group 1 vs. 40.7 and 14.7% in group 2).

The result of the multiple correspondence analysis related to helminth parasite pressure, including the descriptive elements of the farm characteristics, is presented in Figure 7. The distribution of farms is shown in Figure S3. The first 2 dimensions explain 39.8% (23.3 and 16.5%, respectively) of spatial variation in the data. The variables that contributed most to the variability in dimension 1 were the type of farm (22.9%), outdoor gestation (17.3%), outdoor quarantine (20.9%), and the number of parasite treatments performed during the growth phase after weaning (18.3%). Those that contributed most to the variability of dimension 2 were all-in-all-out (AI-AO) management in post-weaning rooms (27.4%), indoor mating and pregnancy (10.6%), and proper storage of the litter in terms of biosecurity (28.4%).

The farms with a higher level of helminth parasitism (cluster H_2) appear to be associated with the presence of outdoor quarantine and gestation, with the absence of a building for the mating-gestating phase. They also appear to be associated with the absence of AI-A0 management in the post-weaning period

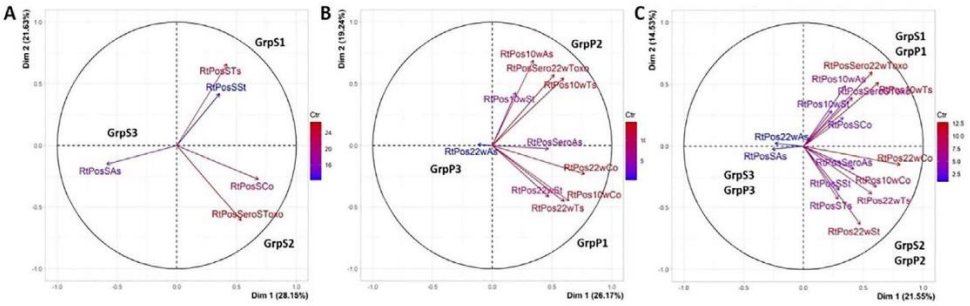


Figure 6. Results of principal component analysis describing associations between infestation percentages of *Ascaris suum*, *Oesophagostomum* spp./*Hyostrongylus rubidus*, *Trichuris suis*, *Toxoplasma gondii*, or (**A**) coccidia oocysts in the 57 farms with sows, (**B**) the 65 farms with grower/finisher pigs, and (**C**) the 52 farrow-to-finish farms. Abbreviations: RtPosSSt, positivity rate of sows for *Oesophagostomum* spp. or *H. rubidus*; RtPos10wSt, positivity rate of piglets aged 10–12 wk for *Oesophagostomum* spp. or *H. rubidus*; RtPos22wSt, positivity rate of pigs aged 22 wk or older for *Oesophagostomum* spp. or *H. rubidus*; RtPosSAs, positivity rate of sows for *A. suum*; RtPos10wAs, positivity rate of piglets aged 10–12 wk for *A. suum*; RtPos22wAs, positivity rate of pigs aged at least 22 wk for *A. suum*; RtPosSTs, positivity rate of sows for *T. suis*; RtPos10wTs, positivity rate of piglets aged 10–12 wk for *T. suis*; RtPos22wTs, positivity rate of pigs aged at least 22 wk for *T. suis*; RtPosSCo, positivity rate of sows for coccidia; RtPos10wCo, positivity rate of piglets aged 10–12 wk for coccidia; RtPos22wCo, positivity rate of pigs aged at least 22 wk for coccidia; RtPosSeroAs, seropositivity rate of pigs aged at least 22 wk for *A. suum*; RtPosSeroSToxo, seropositivity rate of sows for *T. gondii*; RtPosSero22wToxo, seropositivity rate of pigs aged at least 22 wk for *T. gondii*; GrpS, groups of variables associated with positivity rates in sows; GrpP, groups of variables associated with positivity rates in grower/finisher pigs. Color version available online.

and with poor biosecurity management in terms of litter storage. These farms do not fatten all of their animals (partial farrow-to-finish farms) and apply fewer than 3 antiparasitic treatments to their animals after weaning, contrary to what appears to be the case for the farms in cluster H_1, in which there is a smaller proportion of animals infected by helminth eggs.

Coccidia: Following the hierarchical ascending classification used to group the farms according to their parasitic status regarding coccidia, 2 groups of farms were identified (Table VII). The first group of 37 farms (Cluster Co_1) was characterized by lower percentages of animals with coccidia oocysts in their feces, whether in sows, grower, or finisher pigs (respectively, 19.7%, 1.6%, and 7.0% of positive animals on average on these farms vs. 41.3%, 50.7% and 78.7% in the second group of 15 farms (Cluster Co_2)).

The result of the multiple correspondence analysis related to the percentages of animals infested with coccidia oocysts, including the descriptive elements of the farm, is presented in Figure 8. The distribution of farms is shown in Figure S4. The first 2 dimensions explain 75.2% (54.6 and 20.6%, respectively) of spatial variation in the data. The presence of litter in farrowing pens, the systematic washing of the farrowing room between batches, the

Table VI. Description of the variables related to helminths that characterized the 2 clusters obtained by hierarchical ascending classification (52 farrow-to-finish farms). The italic type represents the variable that did not characterize the cluster. The bold type represents the variable that did characterize the cluster.

	General sample		Cluster H_1		Cluster H_2	
	52 herds		37 herds		15 herds	
Variable	Mean	SD*	Mean	SD	Mean	SD
Ascaris suum						
Percentage of positive sows (coprology)	*1.9*	*8.8*	*2.4*	*10.2*	*0.7*	*2.5*
Percentage of positive grower pigs (coprology)	*0.6*	*2.3*	*0.3*	*1.6*	*1.3*	*3.4*
Percentage of positive finisher pig (coprology)	*3.5*	*12.2*	*4.6*	*14.3*	*0.7*	*2.5*
Percentage of seropositive pigs at 22 wk of age	*41.5*	*30.9*	*36.6*	*26.5*	*53.3*	*37.2*
Oesophagostomum spp./*Hyostrongylus rubidus* (coprology)						
Percentage of positive sows	**36.2**	**42.3**	**20.3**	**35.7**	**75.3**	**20.3**
Percentage of positive grower pigs	**8.3**	**21.3**	**1.4**	**4.7**	**25.3**	**1.4**
Percentage of positive finisher pigs	**12.1**	**27.5**	**0.5**	**3.2**	**40.7**	**0.5**
Trichuris suis (coprology)						
Percentage of positive sows	**2.5**	**6.5**	**1.4**	**4.7**	**5.3**	**8.8**
Percentage of positive grower pigs	**5.4**	**14.2**	**1.6**	**4.4**	**14.7**	**23.1**
Percentage of positive finisher pigs	**5.4**	**14.3**	**1.6**	**4.4**	**14.7**	**23.3**

* SD, standard deviation.

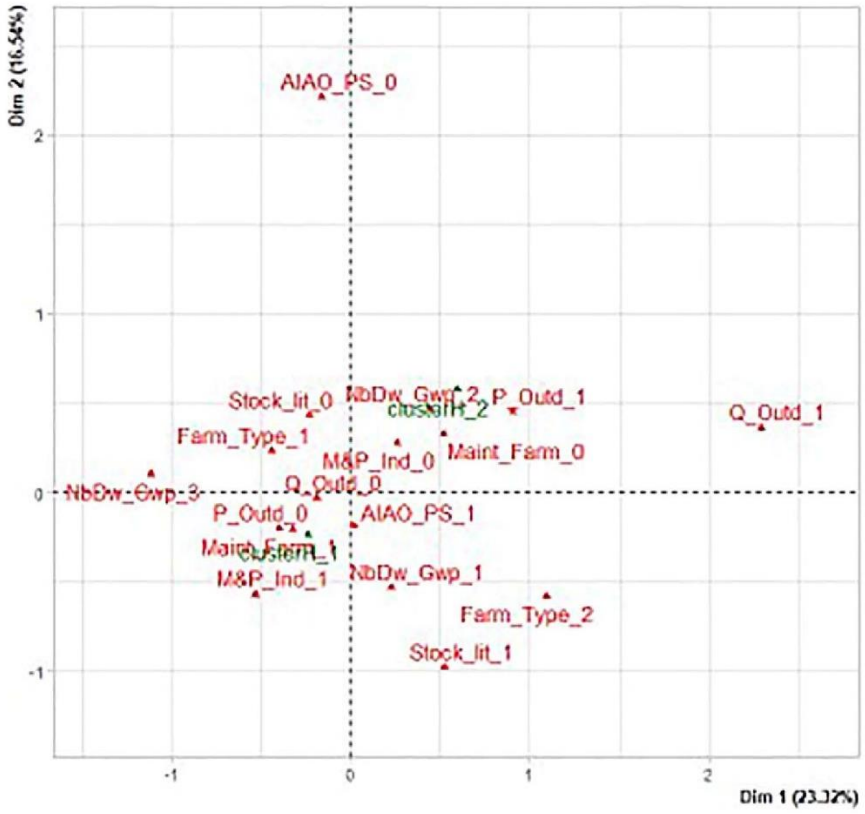


Figure 7. Graphical representation of the results of the multiple correspondence analysis of the descriptive variables of the farm, including housing, animal management, and health and antiparasitic management, and the classification of the farms according to the proportion of animals infected by helminth eggs or seropositive for *Ascaris suum* on 52 farrow-to-finish farms. Abbreviations: Farm-Type, Type of farm (1, Farrow-to-finish; 2, Partial farrow-to-finish); M&P_Ind, indoor mating and pregnancy (0, No; 1, Yes); P_Outd, Pregnancy outdoors (0, No; 1, Yes); Q_Outd, quarantine outdoors (0, No; 1, Yes); AIAO_PS, all-in-all-out management in post-weaning rooms (27.4%); Stock_lit, correct condition of litter storage in terms of biosecurity (0, No; 1, Yes); Maint_Farm, correct maintenance of farm building (0, No; 1, Yes); NbDw_Gwp, number of deworming treatments on grower/finisher pigs (1, ≤1; 2, >1 and ≤2; 3, ≥3). Color version available online.

interval between batches, and the number of sows per Man Work Unit (MWU) contributed to the construction of dimension 1 (respectively, 34.8%, 26.5%, 18.9%, and 19.8%). The variables related to the number of sows per MWU, the systematic washing of the farrowing room between batches and the interval between batches contributed to the construction of dimension 2 (38.1%, 38.0%, and 18.1%, respectively).

The clusters of farms were mainly projected on dimension 1. Farms with a higher frequency of feces infected with coccidia oocysts (cluster Co_2) appear to be associated with the presence of straw in the farrowing pens but also with systematic washing of the farrowing room between batches. Farms with long intervals between batches (>6 wk) or where there are fewer than 50 sows per MWU appear to be associated with a higher frequency of animals carrying coccidia oocysts.

Toxoplasma gondii: The hierarchical ascending classification used to group farms according to their serological status regarding *T. gondii* revealed 3 groups of farms (Table VIII). The first group of 32 farms (Cluster Tx_1) is characterized by a lower average seroprevalence level in both sows (4.4%) and finisher pigs (1.9%). The second group (Cluster Tx_2) has few seropositive finisher pigs on average (2.9%), but a high average percentage of seropositive sows (45.9%), while the third group (Cluster Tx_3) is characterized by a high average seroprevalence in both sows and finisher pigs (76.7% and 50.0%, respectively).

The result of the multiple correspondence analysis linked to the percentages of *T. gondii*-seropositive animals, including the

Table VII. Description of the variables related to coccidia that characterized the 2 clusters obtained by hierarchical ascending classification (52 farrow-to-finish farms). The variable (bold) characterized the cluster. Coprology is the diagnostic test used.

	General sample		Cluster Co _1		Cluster Co_2	
	52 herds		37 herds		15 herds	
Variable (coprology)	Mean	SD*	Mean	SD	Mean	SD
Percentage of positive sows	**26.0**	**28.8**	**19.7**	**24.1**	**41.3**	**33.4**
Percentage of positive grower pigs	**15.8**	**29.3**	**1.6**	**6.8**	**50.7**	**34.0**
Percentage of positive finisher pigs	**27.7**	**36.2**	**7.0**	**12.3**	**78.7**	**23.1**

* SD, standard deviation.

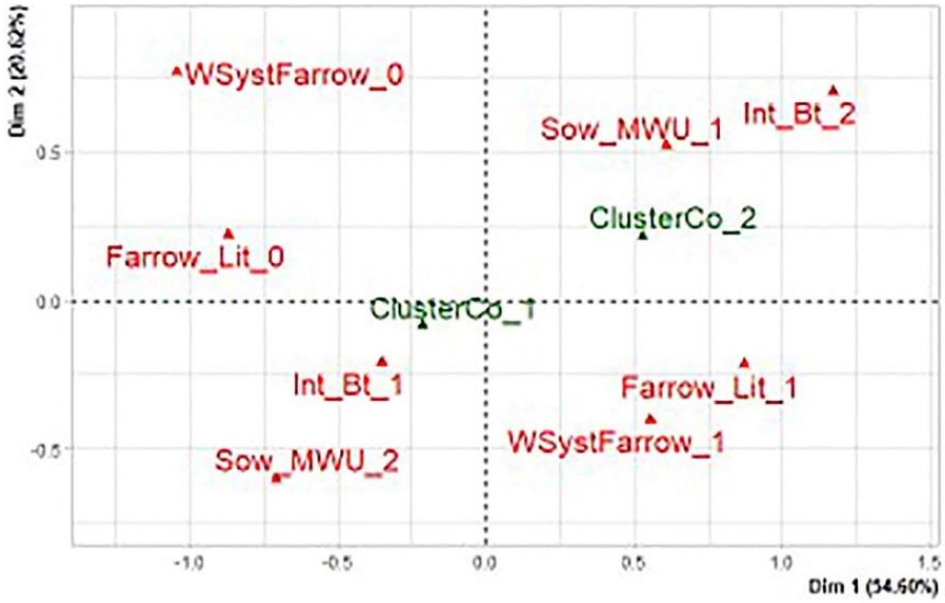


Figure 8. Graphical representation of the results of the multiple correspondence analysis of the descriptive variables of the farm, including housing, animal management, and health and antiparasitic management, and the classification of the farms according to the proportion of animals infected by coccidia oocysts on 52 farrow-to-finish farms. Abbreviations: WSystFarrow, farrowing rooms washed systematically between each batch (0, No; 1, Yes); Farrow_Lit, presence of litter in farrowing pens (0, No; 1, Yes); Int_Bt, interval in weeks between batches of animals (1, ≤6; 2, >6); Sow_MWU, number of sows per man work unit (MWU) (1, ≤50; 2, >50). Color version available online.

descriptive elements of the farm, is presented in Figure 9. The distribution of farms is shown in Figure S5. The first 2 dimensions explain 48.7% (30.7 and 18.0%, respectively) of spatial variation in the data.

The variables that contributed the most to the variability of dimension 1 were the type of housing in the farrowing room (indoor, outdoor, indoor with outdoor courtyard) (34.9%), the systematic washing of the farrowing room between batches (33.3%), outdoor quarantine (16.4%), and the presence of an outdoor courtyard in mating and pregnancy pens. It was mainly the variables related to safe litter storage (34.6%), type of housing in the farrowing room (33.9%), and size of the farm (21.7%) that contributed to the construction of dimension 2. The farms with lower seroprevalences in both sows and finisher pigs (Cluster Tx_1) appear to be associated with the absence of outdoor farrowing and quarantine units, but with the presence of an outdoor courtyard in mating and pregnancy pens. It appears that these farms are of medium size (between 50 and 100 sows), with systematic washing of the farrowing rooms between batches and proper storage of the litter in terms of biosecurity. In contrast, the farms in Cluster Tx_2 with higher seroprevalences in sows appear to farm with outdoor farrowing and quarantine units. The absence of an outdoor courtyard in mating and pregnancy pens on these farms may indicate the presence of either exclusively indoor or strictly outdoor mating and pregnancy pens. These farms are quite small (<50 sows) and appear to be associated with poor litter storage in terms of biosecurity. Unlike Cluster Tx_2 farms, Cluster Tx_3 farms appear to be larger (≥100 sows), and litter is stored properly. As with Cluster Tx_2, they appear to be associated with the implementation of outdoor quarantine and the absence of an outdoor courtyard in mating and pregnancy pens. They appear to have either outdoor farrowing pens (dimension 1) or an outdoor courtyard in farrowing units (dimension 2).

Table VIII. Description of the variables (bold) related to *Toxoplasma gondii* that characterized the 3 clusters obtained by hierarchical ascending classification (52 farrow-to-finish farms).

	General sample		Cluster Tx_1		Cluster Tx_2		Cluster Tx_3	
	52 herds		32 herds		27 herds		3 herds	
Variable	Mean	SD*	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Percentage of seropositive sows	**22.1**	**25.4**	**4.4**	**5.6**	**45.9**	**15.4**	**76.7**	**4.7**
Percentage of seropositive finisher pigs	**5.0**	**12.5**	**1.9**	**3.9**	**2.9**	**4.6**	**50.0**	**16.3**

* SD, standard deviation.

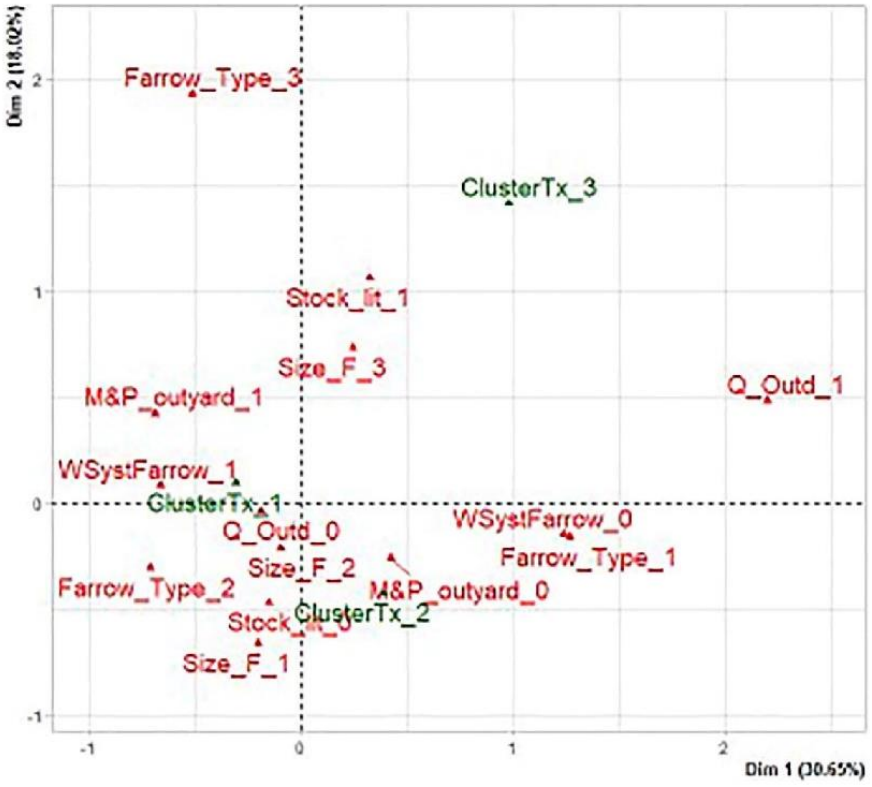


Figure 9. Graphical representation of the results of the multiple correspondence analysis of the descriptive variables of the farm, including housing, animal management, and health and antiparasitic management, and the classification of the farms according to seroconversion for *Toxoplasma gondii* on 52 farrow-to-finish farms. Abbreviations: Size_F, farm size (1, ≤50 sows; 2, >50 and ≤100 sows; 3, ≥100 sows); Farrow_Type, type of farrowing room (1, Outdoor; 2, Closed building; 3, Indoor with outdoor courtyard); WSystFarrow, farrowing rooms washed systematically between each batch (0, No; 1, Yes); M&P_outyard, mating and pregnancy indoors with an outdoor courtyard (0, No; 1, Yes); Q_Outd, quarantine outdoors (0, No; 1, Yes); Stock_lit, litter stored properly in terms of biosecurity (0, No; 1, Yes). Color version available online.

DISCUSSION

Internal parasitism remains a major concern in alternative farming systems, including non-organic farms (Rousing, 2011; Delsart et al., 2020). Other studies have already investigated parasitism in alternative pig farms (Carstensen et al., 2002; Baumgartner et al., 2003; Eijck and Borgsteede, 2005), but this study is the first to our knowledge to include so many pig farms in alternative systems (organic and non-organic) and to use both coprological and serological analyses. Another originality is the inclusion of serological investigations into *T. gondii*, a parasite whose infections are usually fully asymptomatic in pigs, but whose zoonotic impact can be significant (Lindsay et al., 2019). However, we did not search for other parasites of zoonotic interest, such as *Trichinella spiralis*. Given the epidemiological situation in France concerning this parasite, research was not warranted. Indeed, according to European regulations, all pigs with outdoor access are tested for *Trichinella* spp. at the slaughterhouse. There has been no evidence of the parasite in pig carcasses since 2007 in continental France (Vallée et al., 2019).

The large number of structures to which the selected farms belonged, as well as their diversity, ensured variability. A total of 70 farms were visited, which was the maximum number of farms that could be included during the study period (June 2020 to June 2021). There are few numerical data on alternative farms in France. However, in 2018, 721 French pig farms were adhering to organic agriculture specifications (FNAB, 2018). Forty-five were included in our study, their geographical distribution being very close to that of organic pig production in France as a whole (FNAB, 2018).

To be included in the study, the farm had to have at least 20 sows and/or 100 grower/finisher pigs. This selection criterion was imposed by the protocol, which required 10 samples from breeding stock and 20 grower/finisher pigs (10 grower pigs and 10 finisher pigs). At minimum 20 sows were therefore needed to be able to perform all the samples during a single visit, without having to sample animals in critical periods (farrowing, beginning, and end of gestation). Without having guaranteed its representativeness through random selection, our sample is globally close to the nationwide population of French alternative farms with more than 20 sows and/or more than 100 grower/finisher pigs, according to the different elements available (FNAB, 2018).

According to the categories of animals present, 10 sows, 10 grower pigs, and 10 finisher pigs were sampled on each farm to detect a parasitic infestation with a minimum prevalence of 26% ($\alpha = 0.05$) within each category of animals sampled and for each type of sample, for a test with an assumed sensitivity of 100%. For the farrow-to-finish farms (52 farms), 30 fecal samples were taken to detect a parasitic infestation with a minimum prevalence of 10% ($\alpha = 0.05$). Concerning serological analyses, 10 animals were sampled per farm for *A. suum* and a maximum of 20 for *T. gondii*. The minimum prevalence for detecting *T. gondii* infestation at the farm level was 14% ($\alpha = 0.05$) for farrow-to-finish farms. Given the results obtained, our numbers appear to be sufficient for detecting strongyles and coccidia (at least for sows

for strongyles and finisher pigs for coccidia) as well as for detecting antibodies to *A. suum* (43% seropositive animals on average). On the other hand, the average rates of infested animals per farm are much lower than the prevalence limits, i.e., the prevalence detection thresholds for *A. suum* and *T. suis*, but also for *T. gondii*-seropositive pigs at the end of the fattening period, which may have led to an underestimation in the rate of farms infested by these parasites.

This is especially true because the tests used are not perfectly sensitive. This is particularly the case for coprology (Roepstorff and Nansen, 1998; Vlaminck et al., 2012), the sensitivity of which is difficult to estimate because it depends on both the number of parasite eggs or oocysts excreted (sensitivity of 100 eggs per gram of feces (Pereckiene et al., 2007)) and the type of parasite: sensitivity decreases with the length of the parasite's prepatent period (Roepstorff and Nansen, 1998).

Of the 70 farms, only 5 had neither helminth eggs nor coccidia oocysts, confirming that internal parasitism is nearly omnipresent in alternative systems, especially production systems with outdoor access (Baumgartner et al., 2003; Rousing, 2011; Früh et al., 2018). Furthermore, the diversity of parasites found in our study is consistent with previous studies (Carstensen et al., 2002; Baumgartner et al., 2003; Eijck and Borgsteede, 2005), which mainly identified the eggs of strongyles, *A. suum*, *T. suis*, and *Strongyloides* spp., as well as coccidia oocysts.

Coccidia oocysts were found in almost 4 out of 5 farms (79%). Proportionally more farms with sows were found to have coccidia oocysts than farms with grower/finisher pigs. The rate of positive animals was slightly lower in sows (29.1%) than in finisher pigs (31.2%), but still significantly higher than in grower pigs (14.2%). These levels may be related to the animals' greater exposure to the parasite with age, due to their rearing conditions. The reduction in the number of oocysts per gram of feces could be explained by a stronger immunity in sows induced by more frequent and numerous contacts with coccidia.

In our study, all the coccidia oocysts observed belonged to the genus *Eimeria*, as described in many other studies (Carstensen et al., 2002; Eijck and Borgsteede, 2005; Prunier, 2010). The real role of *Eimeria* spp. coccidia remains to be evaluated, but several studies suggest that some species of *Eimeria*, such as *Eimeria debliecki* or *Eimeria spinosa*, may be responsible for digestive disorders or even mortality in growing or breeding pigs (Lindsay et al., 2002; Yaeger et al., 2003). Clinical coccidiosis can occur in finishing animals and breeding stock exposed to contaminated facilities (Lindsay et al., 2019). In our study, *Eimeria* species were not defined, but at least 2 different species coexisted (based on the morphology and size of oocysts) in at least 1 sample, on nearly 1 farm out of 2.

The eggs of strongyles are represented by *Oesophagostomum* spp./*H. rubidus*, and were found in a large proportion of farms (47%). The similarity of *Oesophagostomum* spp. eggs to *H. rubidus* eggs makes differentiation difficult. The proportion of infested farms, the proportion of infected animals, and the average number of strongyles eggs per infested sample increases with the age of the animals, in accordance with what is observed in many studies (Carstensen et al., 2002; Baumgartner et al., 2003; Eijck and Borgsteede, 2005; Prunier, 2010).

Trichuris suis was the second most common helminth in terms of the proportion of farms infested. At least 1 fecal sample contained a *T. suis* egg on 36% of farms. These results are close to those of Eijck and Borgsteede (2005), who observed *T. suis* eggs in 10 (37%) out of the 27 alternative farms in their study, but are slightly lower than those obtained by Carstensen et al. (2002), who isolated *T. suis* eggs from 6 out of the 9 farms studied. Within-farm prevalence was generally low. The rate of infected animals decreased with age, as already shown in a previous study in France on 20 organic farms (Prunier, 2010). This seems logical, as pigs develop strong protective immunity against whipworms (Thamsborg et al., 1999). However, other studies show different results with higher prevalence in older animals (Carstensen et al., 2002; Eijck and Borgsteede, 2005). In conventional farming, this parasite is only present quite sporadically and without preference for a specific age group (Roepstorff and Nansen, 1994).

Ascaris suum eggs were found on 16% of farms, which is significantly lower than results from other studies (Baumgartner et al., 2003; Eijck and Borgsteede, 2005). In our study, sows and finisher pigs were predominantly infested, which is in line with the observations of Eijck and Borgsteede (2005). As with *T. suis*, the within-farm prevalence was extremely low, averaging less than 3% in any animal category. Again, as with *T. suis*, infested sows had the highest quantities of *A. suum* eggs per gram of feces.

To complement the coprology results, blood samples were taken from finisher pigs to test for antibodies to *A. suum*. Forty-three percent of the animals sampled were positive, and 91% of the farms had at least 1 positive sample. In many studies, the average titer of the ODr is calculated to define the level of infestation pressure. A mean titer greater than 0.5 characterizes a medium to high infestation pressure. In our study, 45% of the farms had an average ODr value greater than 0.5. To our knowledge, these are the first data obtained specifically for alternative pig farms. However, their range of values is quite close to those available for conventional farms (Vandekerckhove et al., 2014; Martínez-Pérez et al., 2017).

Coprology and serology results were thus significantly different for *A. suum*, whose eggs were found on only 16% of the farms, while 91% of them had at least 1 positive serology result. Other studies have previously shown that more animals were positive for *A. suum* when considering their serological rather than their coprological status (Roepstorff, 1998; Vlaminck et al., 2012). Egg counts, therefore, appear to underestimate the proportion and number of pigs exposed to *A. suum*. The SERASCA® test is used to detect antibodies to *A. suum* hemoglobin. It can thus determine whether a pig has been infested with larval or adult forms of the parasite, whereas coprology tests focus on parasite eggs in feces (Vlaminck et al., 2014). Boes et al. (1997) showed that *A. suum* eggs may not be observed in coprological samples despite the presence of adult worms in the gut. This can be observed when the adult worms infesting the pig are of the same sex. Furthermore, this can also be the case in the event of infestation by immature larvae, which do not produce eggs (Roepstorff and Nansen, 1998). In addition, in the event of a parasitic infestation, there is an immune response with a possible decrease in egg production (Roepstorff and Nansen, 1998). Still, serology has some limitations, such as the time to seroconversion, which is at least 6 wk (Vlaminck et al., 2012). Furthermore, the presence of antibodies at the end of fattening does not mean that the pig is still parasitized, but that it has been in contact with *A. suum* (larval or adult stage) during its life. Conversely, the presence of *A. suum* eggs in a coprological sample indicates the presence of adult females.

Toxoplasma gondii antibodies were detected using MAT, which is considered the gold standard test in animals (Djokic et al., 2016b). The sensitivity and specificity of this test were estimated to be 82.9 and 90.3%, respectively (Dubey et al., 1995). The proportion of farms with at least 1 seropositive animal (60%) is higher than that described in the study by Van der Giessen et al. (2007). However, in this study, only finisher pigs were sampled. Considering only the results obtained in our study on this category of animals, we obtained data of the same order of magnitude in terms of the frequency of positive farms. In terms of within-farm prevalence, our results are close to those of Djokic et al. (2016a) obtained on conventional farms.

We studied the relationships between the levels of parasitism on the investigated farms. For both sows and grower/finisher pigs, it is difficult to find a common rationale in the associations between variables related to coccidia positivity rates, *T. gondii* seroprevalences, and variables associated with helminth positivity rates. Given these results, it appeared difficult to characterize a farm based on its parasitism in general. This is why we tried to characterize the farms separately according to (i) coprology and serology results for helminths, (ii) coprology results for coccidia, and (iii) seroprevalences for *T. gondii*.

The multivariate analysis was performed on the 52 farrow-to-finish farms to have all the descriptive data of the farms, including housing, animal management, and health and antiparasitic management. The advantage of analyzing the farrow-to-finish farms lies in being able to couple the results from sows and grower-finisher pigs.

Among these 52 farms, 15 did not raise all their animals after weaning (partial farrow-to-finish farms). These 15 farms would appear to have a higher level of helminth parasitism. This result is probably related to the association observed between the number of anthelmintic treatments given after weaning and the higher level of helminth parasitism. Indeed, partial farrow-to-finish farms tended to deworm their pigs less frequently after weaning (1.3 anthelmintic treatments per animal for partial farrow-to-finish farms versus 2.1 treatments for other farrow-to-finish farms). Since current anthelmintic drugs do not have a persistent effect (Vandekerckhove, 2018), re-infestations are therefore possible after treatment through the absorption of new eggs still present on the farm.

The results of our study show that access to the outdoors for sows, and more specifically free-range livestock, is a characteristic of farms with the greatest helminth or *T. gondii* infestations. It is complicated in outdoor facilities to decontaminate the soil and break the parasite cycle (Carstensen et al., 2002; Lindgren et al., 2019). The persistence of helminth eggs in the environment facilitates infestation of animals from successive batches in the paddocks. For *T. gondii* in particular, access to outdoor facilities may promote contact with cats and/or rodents, increasing the probability of pigs ingesting oocysts and tissue cysts. Numerous studies have identified the presence of cats as a risk factor for *T. gondii* seropositivity (Assadi-Rad et al., 1995; García-Bocanegra et al., 2010; Pablos-Tanarro et al., 2018). Although the outdoor housing of gilts in quarantine, or sows and piglets in farrowing facilities, characterized the farms with the highest *T. gondii* infestation in our study, the presence of outdoor courtyards in mating and pregnancy pens characterized farms with the lowest proportions of *T. gondii*-seropositive animals. The presence of outdoor courtyards in mating and pregnancy pens is statistically related in our study to other variables, in particular to the systematic washing of farrowing facilities between batches. It has already been shown by Veronesi et al. (2011) that washing and disinfecting pens between batches can reduce the seroprevalence of *T. gondii*.

Descriptive parameters of the hygiene of farrowing and post-weaning rooms also contribute to defining the typology of farms according to their level of parasitism by helminths or coccidia. The farms with the highest levels of helminth parasitism in our study were more likely not to use an all-in-all-out postweaning system than those with the lowest levels of helminth parasitism, confirming the observations of Kochanowski et al. (2017). With such a continuous flow system, the rooms or pens cannot be systematically washed and decontaminated between batches, which could increase parasite pressure. Inter-batch contamination between pigs of different infestation and immune statuses is also more likely in this type of management, thus facilitating the intra-farm contamination cycle. Conversely, the absence of systematic washing of farrowing facilities between batches characterizes the farms with the lowest frequencies of feces infected with coccidia oocysts. Among the farms that do not systematically wash the farrowing units between batches, 17/18 have outdoor farrowing units. Outdoors, conditions are less favorable for sporulation of coccidia oocysts than indoors, which provides optimal conditions around farrowing for sporulation of some *Eimeria* (Graat et al., 1994). Oocysts are more susceptible to destruction when in the unsporulated state and during sporulation (Lindsay et al., 2019).

Regarding the housing conditions of animals in the farrowing unit, the presence of straw bedding rather than slatted floors characterizes farms where feces are more frequently infected with coccidia oocysts. Compared to bedding, a slatted floor allows for more rapid evacuation of feces and thus reduces the duration of exposure of pigs to the parasite by limiting the contact time with potentially infected excreta. The effect of soil type on the infection cycle of other pathogens has been previously described (Andres and Davies, 2015). The type of slatted floor is probably also important. It is generally accepted that concrete flooring tends to be porous and therefore difficult to clean. In our study, 10 farms had farrowing rooms with fully slatted floors. Slatted flooring material varied little from farm to farm, and often combinations of materials were used in the same pen. Molded plastic was present in all farrowing pens, combined with metal bars on 9 farms, stainless steel slats on 2 farms, and concrete on only 1 farm. The lack of diversity did not allow us to identify differences between types of slatted floors in our study.

One of the original outcomes of our study is how it shows that the level of biosecurity concerning the storage of straw used as bedding for pigs is another factor that discriminates among farms as it affects the level of parasitism by helminths and *T. gondii*. Storing straw under good biosecurity conditions could limit the possibility of it becoming contaminated with helminth eggs via mechanical or biological vectors, or—in the case of *T. gondii*—by dead rats, mice, or even birds that may be carrying the parasite (Dubey, 2002; Kijlstra et al., 2008). Good storage conditions thus limit the exposure of pigs to these pathogens via litter contaminated during storage.

Variables describing general farm characteristics such as farm size, number of sows per farmer, and the interval between batches also contribute to the characterization of the farms studied concerning their level of parasitism by *T. gondii* or coccidia. The

interval between batches and the number of sows per farmer is correlated with the size of the farm: in our study, a long interval between batches and a few sows per farmer is generally frequent on farms with a small number of pigs. The size of the farm determines many factors related to management, biosecurity practices, and measures as well as animal and human flows not considered here. Farm size should be considered in this work as a more general descriptor of a set of other unmeasured parameters that contribute more specifically to maintaining the cycle of contamination between animals.

In conclusion, this observational study confirms that parasitism is frequent on alternative farms. A specific study including even more farms and considering all risk factors could be useful to try to better understand the typologies described in this study, and to propose to farmers and veterinarians alike better ways of controlling parasitism on alternative farms. Finally, our study shows major differences in the results obtained for *A. suum* depending on whether the search is performed by coprology or serology.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to the farmers and related farm organizations for their help. They wish to thank Chantal Benoit, Amandine Blaizot, Édouard Boudin, Virginie Dorenlor, Florent Eono, Eric Eveno, Stéphane Kerphérique, Gilles Poulain, and Martine Thomas-Hénaff for their technical assistance during the farm visits, preparation and analysis of the samples as well as data entry. They would like to thank Marie Souquière for her committed involvement in the project, especially in finding farms, coordinating the survey, and organizing both the logistics and farm visits as well as managing data entry. They are also indebted to Avril nutrition animale SAS, Cooperl, FranceAgriMer, Herta, Inaporc, Sofral le Gouessant, and Zoetis France for their financial support, together with Institut Carnot AgriFood Transition.

LITERATURE CITED

Andres, V. M., and R. H. Davies. 2015. Biosecurity measures to control *Salmonella* and other infectious agents in pig farms: A review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 14: 317–335.

Assadi-Rad, A. M., J. C. New, and S. Patton. 1995. Risk factors associated with transmission of *Toxoplasma gondii* to sows kept in different management systems in Tennessee. Veterinary Parasitology 57: 289–297.

Baumgartner, J., T. Leeb, T. Gruber, and R. Tiefenbacher. 2003. Husbandry and animal health on organic pig farms in Austria. Animal Welfare 12: 631–635.

Boes, J., P. Nansen, and L. S. Stephenson. 1997. False-positive *Ascaris suum* egg counts in pigs. International Journal for Parasitology 27: 833–838.

Bonneau, M., E. Antoine-Ilari, C. Phatsara, D. Brinkmann, M. Hviid, M. G. Christiansen, E. Fàbrega, P. Rodríguez, L. Rydhmer, K. Enting, et al. 2011. Diversity of pig production systems at farm level in Europe. Journal on Chain and Network Science 11: 115–135.

Boulestreau-Boulay, A. L., A. Dubois, N. Guingand, M. Hassouna, J. Y. Jégou, S. Lagadec, Y. Ramonet, and P. Robin. 2012. Elever des porcs sur litière Comprendre les fonctionnements, améliorer les résultats. Chambres d'agriculture de Bretagne et des Pays de la Loire, Ifip, Inra. Available at: https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01461143. Accessed 1 July 2020.

Brewer, M. T., and J. H. Greve. 2019. Internal parasites. *In* Diseases of Swine, 11th ed., J. J. Zimmerman, L. A. Karriker, A. Ramirez, K. J. Schwartz, G. W. Stevenson, and J. Zhang (eds.). John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, p. 1028–1040.

Carstensen, L., M. Vaarst, and A. Roepstorff. 2002. Helminth infections in Danish organic swine herds. Veterinary Parasitology 106: 253–264.

Delsart, M., and J. Houlbert. 2012. L'élevage de porcs plein air. Bulletin des GTV 66: 27–35.

Delsart, M., F. Pol, B. Dufour, N. Rose, and C. Fablet. 2020. Pig farming in alternative systems: Strengths and challenges in terms of animal welfare, biosecurity, animal health and pork safety. Agriculture 10: 261. doi:10.3390/agriculture10070261.

Djokic, V., R. Blaga, D. Aubert, B. Durand, C. Perret, R. Geers, T. Ducry, I. Vallee, O. D. Djakovic, A. Mzabi, et al. 2016a. *Toxoplasma gondii* infection in pork produced in France. Parasitology 143: 557–567.

Djokic, V., C. Fablet, R. Blaga, N. Rose, C. Perret, O. Djurkovic-Djakovic, P. Boireau, and B. Durand. 2016b. Factors associated with *Toxoplasma gondii* infection in confined farrow-to-finish pig herds in western France: An exploratory study in 60 herds. Parasites & Vectors 9: 466. doi:10.1017/S0031182015001870.

Dubey, J. P. 2002. A review of toxoplasmosis in wild birds. Veterinary Parasitology 106: 121–153.

Dubey, J. P., and G. Desmonts. 1987. Serological responses of equids fed *Toxoplasma gondii* oocysts. Equine Veterinary Journal 19: 337–339.

Dubey, J. P., P. Thulliez, R. M. Weigel, C. D. Andrews, P. Lind, and E. C. Powell. 1995. Sensitivity and specificity of various serologic tests for detection of *Toxoplasma gondii* infection in naturally infected sows. American Journal of Veterinary Research 56: 1030–1036.

Eijck, I. A. J. M., and F. H. M. Borgsteede. 2005. A survey of gastrointestinal pig parasites on free-range, organic and conventional pig farms in The Netherlands. Veterinary Research Communications 29: 407–414.

FNAB (Fédération Nationale d'Agriculture Biologique des régions de France). 2018. Elever des porcs en bio. Available at: http://www.produire-bio.fr/wp-content/uploads/2018/09/FNAB_2018_porcs_bio_WEB_page_a_page.pdf. Accessed 11 October 2021.

FNAB (Fédération Nationale d'Agriculture Biologique des régions de France). 2020. La filière porcs bio. produire bio. Available at: https://www.produire-bio.fr/filiere-porcs-bio/. Accessed 23 June 2021.

Forbes, L. B., S. E. Parker, and A. A. Gajadhar. 2012. Performance of commercial ELISA and agglutination test kits for the detection of anti-*Toxoplasma gondii* antibodies in serum and muscle fluid of swine infected with 100, 300, 500 or 1000 oocysts. Veterinary Parasitology 190: 362–367.

Früh, B., D. Bochicchio, S. Edwards, L. Hegelund, C. Leeb, A. Sundrum, S. Werne, S. Wiberg, and A. Prunier. 2018. Description of organic pig production in Europe. Organic Agriculture 4: 149–161.

García-Bocanegra, I., J. P. Dubey, M. Simon-Grifé, O. Cabezón, J. Casal, A. Allepuz, S. Napp, and S. Almería. 2010. Seroprevalence and risk factors associated with *Toxoplasma gondii* infection in pig farms from Catalonia, northeastern Spain. Research in Veterinary Science 89: 85–87.

Graat, E. A. M., A. M. Henken, H. W. Ploeger, J. P. T. M. Noordhuizen, and M. H. Vertommen. 1994. Rate and course of sporulation of oocysts of *Eimeria acervulina* under different environmental conditions. Parasitology 108: 497–502.

Guy, J. H., and S. Edwards. 2006. Alternative production systems. *In* Livestock Production and Society, R. Geers and F. Madec (eds.). Wageningen Academic Pub, Wageningen, The Netherlands, p. 273–286.

Honeyman, M. S. 2005. Extensive bedded indoor and outdoor pig production systems in USA: Current trends and effects on animal care and product quality. Livestock Production Science, Product Quality and Livestock Systems 94: 15–24.

Honeyman, M., J. J. McGlone, J. Kliebenstein, and B. Larson. 2001. Outdoor pig production. *In* Pork Industry Handbook, Purdue University, West Lafayette, Indiana, p. 1–10.

Kijlstra, A., B. G. Meerburg, J. B. W. J. Cornelissen, S. de Craeye, P. F. G. Vereijken, and E. Jongert. 2008. The role of rodents and shrews in the transmission of *Toxoplasma gondii* to pigs. Veterinary Parasitology 156: 183–190.

Klun, I., O. Djurković-Djaković, S. Katić-Radivojević, and A. Nikolić. 2006. Cross-sectional survey on *Toxoplasma gondii* infection in cattle, sheep and pigs in Serbia: Seroprevalence and risk factors. Veterinary Parasitology 135: 121–131.

Kochanowski, M., J. Karamon, J. Dabrowska, A. Dors, E. Czyzewska-Dors, and T. Cencek. 2017. Occurrence of intestinal parasites in pigs in Poland—The influence of factors related to the production system. Journal of Veterinary Research 61: 459–466.

Lê, S., J. Josse, and F. Husson. 2008. FactoMineR: A package for multivariate analysis. Journal of Statistical Software 25: 1–18. doi:10.18637/jss.v025.i01.

Lindgren, K., S. Gunnarsson, J. Höglund, C. Lindahl, and A. Roepstorff. 2019. Nematode parasite eggs in pasture soils and pigs on organic farms in Sweden. Organic Agriculture. doi.org/10.1007/s13165-019-00273-3.

Lindsay, D. S., J. P. Dubey, and M. Santín-Durán. 2019. Coccidia and other protozoa. *In* Diseases of Swine, 11th ed., J. J. Zimmerman, L. A. Karriker, A. Ramirez, K. J. Schwartz, G. W. Stevenson, and J. Zhang (eds.). John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, p. 1015–1027.

Lindsay, D. S., R. Neiger, and M. Hildreth. 2002. Porcine enteritis associated with *Eimeria spinosa* Henry, 1931 Infection. Journal of Parasitology 88: 1262–1263.

Martínez-Pérez, J. M., E. Vandekerckhove, J. Vlaminck, P. Geldhof, and M. Martínez-Valladares. 2017. Serological detection of *Ascaris suum* at fattening pig farms is linked with performance and management indices. Veterinary Parasitology 248: 33–38.

Nansen, P., and A. Roepstorff. 1999. Parasitic helminths of the pig: factors influencing transmission and infection levels. International Journal for Parasitology 29: 877–891.

Ózsvári, L. 2018. Production impact of parasitisms and coccidiosis in swine. Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research 7: 217–222.

Pablos-Tanarro, A., L. M. Ortega-Mora, A. Palomo, F. Casasola, and I. Ferre. 2018. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* in Iberian pig sows. Parasitology Research 117: 1419–1424.

Pardini, L., P. Maksimov, D. C. Herrmann, D. Bacigalupe, M. Rambeaud, M. Machuca, G. Moré, W. Basso, G. Schares, and M. C. Venturini. 2012. Evaluation of an in-house TgSAG1 (P30) IgG ELISA for diagnosis of naturally acquired *Toxoplasma gondii* infection in pigs. Veterinary Parasitology 189: 204–210.

Pearce, G. P. 1999. Interactions between dietary fibre, endoparasites and *Lawsonia intracellularis* bacteria in grower–finisher pigs. Veterinary Parasitology 87: 51–61.

Pereckiene, A., V. Kaziūnaite, A. Vyšniauskas, S. Petkevičius, A. Malakauskas, M. Šarkūnas, and M. A. Taylor. 2007. A comparison of modifications of the McMaster method for the enumeration of *Ascaris suum* eggs in pig faecal samples. Veterinary Parasitology, Special section: Food-borne Parasitic Zoonosis 149: 111–116.

Prunier, A. 2010. Évaluation de la situation du parasitisme dans les élevages porcins biologiques. *In* Prévention de la santé des porcs en élevages biologiques. Rennes, France, p. 45–54.

R Development Core Team. 2008. R: A language and environment for statistical computing. 2008. Available at: http://www.R-project.org. Accessed 17 May 2021.

Roepstorff, A. 1998. Natural *Ascaris suum* infections in swine diagnosed by coprological and serological (ELISA) methods. Parasitology Research 84: 537–543.

Roepstorff, A., and P. Nansen. 1994. Epidemiology and control of helminth infections in pigs under intensive and non-intensive production systems. Veterinary Parasitology, Special Issue: 14th W.A.A.V.P. Conference 54: 69–85.

Roepstorff, A., and P. Nansen. 1998. Epidemiology, Diagnosis and Control of Helminth Parasites of Swine. FAO Animal Health Manual, no. 3. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 161 p.

Rousing, T. 2011. Final Report for Project No. 1904. Prevention of selected diseases and parasites in organic pig herds—By means of HACCP based management and surveillance programme (CorePig). University of Aarhus, Aarhus, Denmark, 25 p.

RStudio Team. 2020. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, Massachusetts. Available at: http://www.rstudio.com/. Accessed 31 August 2020.

Salajpal, K., D. Karolyi, and Z. Luković. 2013. Sanitary aspects of outdoor farming systems. *In* 8th International Symposium on the Mediterranean Pig, Ljubljana, Slovenia, p. 109–117.

Sato, P., M. J. Hötzel, and M. A. G. von Keyserlingk. 2017. American citizens' views of an ideal pig farm. Animals 7: 64. doi:10.3390/ani7080064.

Steenhard, N. R., T. K. Jensen, D. L. Baggesen, A. Roepstorff, and K. Møller. 2002. Excretion in feces and mucosal persistence of *Salmonella* ser. Typhimurium in pigs subclinically infected with *Oesophagostomum* spp. American Journal of Veterinary Research 63: 130–136.

Steenhard, N. R., G. Jungersen, B. Kokotovic, E. Beshah, H. D. Dawson, J. F. Urban, A. Roepstorff, and S. M. Thamsborg. 2009. *Ascaris suum* infection negatively affects the response to a *Mycoplasma hyopneumoniae* vaccination

and subsequent challenge infection in pigs. Vaccine 27: 5161–5169.

Thamsborg, S. M., A. Roepstorff, and M. Larsen. 1999. Integrated and biological control of parasites in organic and conventional production systems. Veterinary Parasitology 84: 169–186.

Vaissie, P., A. Monge, and F. Husson. 2021. Package 'Factoshiny' Perform Factorial Analysis from 'FactoMineR' with a Shiny Application. Available at: https://cran.r-project.org/web/packages/Factoshiny/Factoshiny.pdf. Accessed 15 October 2020.

Vallée, I., G. Zanella, M. Goulinet, J. Laborieux, and P. Boireau. 2019. Bilan de surveillance de *Trichinella* spp. chez les animaux de boucherie en 2016. Bulletin Épidémiologique Santé Animale—Alimentation 89: 26–28.

Van der Giessen, J., M. Fonville, M. Bouwknegt, M. Langelaar, and A. Vollema. 2007. Seroprevalence of *Trichinella spiralis* and *Toxoplasma gondii* in pigs from different housing systems in The Netherlands. Veterinary Parasitology 148: 371–374.

Vandekerckhove, E. 2018. The use of serology in the control of *Ascaris suum* infections in pigs. D.M.V. Thesis. Universiteit Gent, Gent, Belgium, 109 p.

Vandekerckhove, E., J. Vlaminck, J. Vercruysse, and P. Geldhof. 2014. Study on the relationship between seroprevalence of *Ascaris suum* in fatteners, farm management factors and production parameters. *In* Proceeding of 6th European Symposium of Porcine Health Management, Sorrento, Italy, p. 187.

Veronesi, F., D. Ranucci, R. Branciari, D. Miraglia, R. Mammoli, and D. P. Fioretti. 2011. Seroprevalence and risk factors for *Toxoplasma gondii* infection on finishing swine reared in the Umbria Region, Central Italy. Zoonoses and Public Health 58: 178–184. doi.org/10.1111/j.1863-2378.2010.01336.x.

Villena, I., B. Durand, D. Aubert, R. Blaga, R. Geers, M. Thomas, C. Perret, A. Alliot, S. Escotte-Binet, A. Thébault, et al. 2012. New strategy for the survey of *Toxoplasma gondii* in meat for human consumption. Veterinary Parasitology 183: 203–208.

Vlaminck, J., B. Levecke, J. Vercruysse, and P. Geldhof. 2014. Advances in the diagnosis of *Ascaris suum* infections in pigs and their possible applications in humans. Parasitology 141: 1–8.

Vlaminck, J., P. Nejsum, F. Vangroenweghe, S. Milan Thamsborg, J. Vercruysse, and P. Geldhof. 2012. Evaluation of a serodiagnostic test using *Ascaris suum* haemoglobin for the detection of roundworm infections in pig populations. Veterinary Parasitology 189: 267–273.

Wallander, C., J. Frössling, F. C. Dórea, A. Uggla, I. Vågsholm, and A. Lundén. 2016. Pasture is a risk factor for *Toxoplasma gondii* infection in fattening pigs. Veterinary Parasitology 224: 27–32.

Willer, H., and J. Lernoud. 2017. The World of Organic Agriculture—Statistics and Emerging Trends 2017. Frick and Bonn: FiBL & IFOAM - Organics International, Bonn, Germany, 336 p.

Yaeger, M. J., A. Holtcamp, and J. A. Jarvinen. 2003. Clinical coccidiosis in a boar stud. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation 15: 387–389.

Yaeger, M., L. Karriker, L. Layman, P. Halbur, G. Huber, and K. Van Hulzen. 2009. Survey of disease pressures in twenty-six niche herds in the midwestern United States. Journal of Swine Health and Production 17: 256–263.

Annexe 2- Questionnaire « éleveur ».

Questionnaire **éleveur**

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _

Date de réalisation de ce questionnaire : ……./……./……..

Nom de l'administrateur .....

Nom de l'exploitation : ……

Adresse de l'exploitation (adresse, CP, Ville) : ……
……

Informations des personnes / droits d'accès aux données

Conformément à l'article 32 de la loi informatique et libertés, en tant que participant à l'enquête, vous pourrez exercer un droit d'accès aux données afin de connaître la nature des informations vous concernant, pour en vérifier l'exactitude, en demander la rectification (si elles sont inexactes), les compléter (si elles sont incomplètes ou équivoques), les mettre à jour (si elles sont périmées) ou les effacer.

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _

I- Généralités sur l'exploitation

Nombre d'U.T.H., tout atelier confondu, sur l'exploitation : .....

Quels sont les autres ateliers présents sur l'exploitation ?

- Culture : non ☐ / oui ☐ ***Si oui, …*** SAU (ha) : .....
- Bovins lait : non ☐ / oui ☐
- Bovins viande (allaitantes, taurillons, bœufs) non ☐ / oui ☐
- Equidés : non ☐ / oui ☐
- Ovins : non ☐ / oui ☐
- Caprins : non ☐ / oui ☐
- Volailles
  - ✓ En bâtiments fermés : non ☐ / oui ☐

    Si oui, … préciser :

    - la ou les espèces : .....
  - ✓ En plein air : non ☐ / oui ☐

    Si oui, … préciser :

    - la ou les espèces : .....
  - ✓ De "basse-cours" : non ☐ / oui ☐
  - ✓ Si présence de volaille, la ou les personne(s) soignant les volailles s'occupe-t-elle aussi de l'atelier porc ? : non ☐ / oui ☐
- Autres activités :
  - ✓ Camping à la ferme non ☐ / oui ☐
  - ✓ Gite non ☐ / oui ☐
  - ✓ Chambre d'hôtes non ☐ / oui ☐
  - ✓ Vente de produits à la ferme non ☐ / oui ☐
  - ✓ Panneaux photovoltaïques non ☐ / oui ☐

    Si oui, panneaux placés sur des bâtiments d'élevage non ☐ / oui ☐
  - ✓ Autre .....

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _

II- Descriptif de l'atelier porc de l'exploitation

Type d'élevage

- Naisseur (Vente Au Sevrage) ☐
- Naisseur - Post-Sevreur (Vente à 25-30 Kg) ☐
- Engraisseur ☐
- Naisseur – Engraisseur ☐
- Naisseur - Engraisseur Partiel ☐
  - Si Oui : % de porcelets vendus à 25-30 Kg .....
  - Si Oui : % de porcelets vendus au Sevrage .....
- Post-Sevreur – Engraisseur ☐
- Post-Sevreur ☐
- Autre (Préciser) : .....

Situation dans la pyramide de production

- Sélectionneur non ☐ / oui ☐
- Multiplicateur non ☐ / oui ☐
- Producteur non ☐ / oui ☐
- Autre (Préciser) .....

Signes d'identification de la qualité et de l'origine

- Production conventionnelle non ☐ / oui ☐
- Agriculture Biologique non ☐ / oui ☐
- Label Rouge non ☐ / oui ☐
- Label Rouge fermier non ☐ / oui ☐
- Autre (préciser) .....

Pratiquez-vous de la vente directe (vente en circuit court) non ☐ / oui ☐

- Si oui, en 2019,

	Nombre d'animaux vendus par an
○ Porcelets < 10 kg	.....
○ Porcelets entre 10 et 25 kg	.....
○ Porcs entre 25 et 100 kg	.....
○ Porcs entre 100 et 150 kg	.....
○ Porcs de plus de 150 kg	.....

Conduite en bandes : non ☐ / oui ☐

Si oui,

- Nombre de bandes de truies .....
- Intervalle entre bandes (en semaines) .....
- Nombre de truies par bande .....
- Age au sevrage (en jours) .....
- Nombre de bandes en post sevrage .....
- Nombre de bandes en engraissement .....

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _

Lors de la visite :

Nombre d'animaux conduits **en**		**Quarantaine**	**Truies**			**Porcelets**		**Porcs charcutiers (> 30 kg)**
			en verraterie	**gestantes**	**allaitantes**	**non sevrés**	**en post-sevrage (< 30 kg)**	
bâtiment fermé	**sur caillebotis**							
	sur litière*							
bâtiment **semi-ouvert, SANS accès extérieur**	**sur caillebotis**							
	sur litière*							
bâtiment **semi-ouvert, AVEC accès extérieur**	**sur caillebotis**							
	sur litière*							
bâtiment **ouvert / accès extérieur**	**bétonné**							
	sol naturel							
plein air								
*** ↳ Si litière :**	**Nature du sol sous la litière**	Béton ☐ Terre battue ☐ Autre ____	Béton ☐ Terre battue ☐ Autre ____	Béton ☐ Terre battue ☐ Autre ____	Béton ☐ Terre battue ☐ Autre ____	Béton ☐ Terre battue ☐ Autre ____	Béton ☐ Terre battue ☐ Autre ____	Béton ☐ Terre battue ☐ Autre ____
	Type de litière	Paille ☐ Sciure ☐ Foin ☐ Autre ____	Paille ☐ Sciure ☐ Foin ☐ Autre ____	Paille ☐ Sciure ☐ Foin ☐ Autre ____	Paille ☐ Sciure ☐ Foin ☐ Autre ____	Paille ☐ Sciure ☐ Foin ☐ Autre ____	Paille ☐ Sciure ☐ Foin ☐ Autre ____	Paille ☐ Sciure ☐ Foin ☐ Autre ____

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _

III- Organisation du travail de l'atelier porc

Nombre d'U.T.H. dans l'atelier porc de l'exploitation :

Nombre de ces personnes en contact avec d'autres élevages de porcs :

Nombre de ces personnes en contact avec des sangliers (chasse, élevages) :

	En maternité	En post-sevrage	En engraissement	En verraterie	En gestante	En quarantaine
L'ensemble des animaux est-il observé quotidiennement	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐

La journée de travail "classique" de chacune des personnes travaillant dans l'élevage de porc est décrite dans le tableau ci-dessous. Merci de préciser dans quel ordre les différents secteurs de l'élevage sont visités pour effectuer le travail quotidien. :

Personne 1	Personne 2	Personne 3	Personne 4	Personne 5	Personne 6
qualité :	qualité :	qualité :	qualité :	qualité :	qualité :
Ordre du travail :	Ordre du travail :	Ordre du travail :	Ordre du travail :	Ordre du travail :	Ordre du travail :
1-	1-	1-	1-	1-	1-
2-	2-	2-	2-	2-	2-
3-	3-	3-	3-	3-	3-
4-	4-	4-	4-	4-	4-
5-	5-	5-	5-	5-	5-
6-	6-	6-	6-	6-	6-
7-	7-	7-	7-	7-	7-

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _

IV- Environnement de l'exploitation

L'enquêteur indique à l'éleveur que ce paragraphe est relatif à la concentration porcine autour de l'exploitation.

Combien y a-t-il d'élevage(s) de porcs dans un rayon de 2 km autour de l'exploitation ? (D'après l'éleveur)

- Nombre de naisseurs : ____
- Nombre de naisseurs-engraisseurs (producteurs) : ____
- Nombre d'engraisseurs ou post-sevreur-engraisseurs : ____
- Nombre de multiplicateurs : ____
- Nombre de sélectionneurs : ____
- Négociants en porcs : ____

Parmi votre voisinage direct, y a-t-il des éleveurs ? non ☐ / oui ☐

- Si oui, Combien d'éleveurs
- de volailles ____
- de bovins ____
- Autres : espèces : ____ Nombre d'exploitations: ____

Plan de masse de l'élevage

(sur photo Google Map)

Faire notamment figurer dans le cadre, page suivante

Les vents dominants ☐ .
Maternité ☐
PS ☐
Engraissement ☐
Gestante ☐
Quarantaine ☐
Infirmerie ☐
Les différents silos d'aliments ☐
Le(s) bac(s) ou zone(s) d'équarrissage ☐
Les fosses à lisier ☐
Forêts ☐
Prairies ☐

Faire figurer distinctement sur le plan de masse le zonage de l'élevage :

- Zone publique
- Zone professionnelle
- Zone d'élevage

(sur photo Google Map)

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _

V- Performances de l'atelier porc

- Techniques

Réalisation d'une GTTT et/ou GTE ? non ☐/oui ☐

↳**Si oui, l'éleveur donne-t-il son accord pour obtenir ces données par la structure qui les réalise ?** non ☐/oui ☐

↳ **Si oui, à qui s'adresser pour les obtenir ?**

Nom, prénom : ……

Mel …… Téléphone ……

Si pas d'autorisation d'accès par le groupement ou réalisation par l'éleveur lui-même, merci de compléter ci-dessous à partir des données disponibles à l'élevage

Les données ci-dessous sont issues d'une GTTT non ☐ / oui ☐

Les données ci-dessous sont issues d'une GTE non ☐ / oui ☐

GTTT

	Année 2019
- Nombre de porcelets sevrés/truie productive/an	
- Nombre de porcelets nés totaux /portée	
- Nombre de morts nés / portée	
- Nombre de porcelets sevréE/Portée	
- Pourcentage de pertes sur nés vifs	
- ISSF (jours)	
- Taux de fécondation en saillie 1ère (%)	
- Taux de mise bas (%)	
- Nombre d'avortements	
- Taux de mortalité annuel de truies	
- Taux de renouvellement annuel (%)	
- Numéro de cycle des femelles à la réforme	

GTE

- Indice de consommation économique global (Naisseur-Engraisseur)	
- Age standardisé à 30 kg (en j)	
- Age standardisé à 115 kg (en j)	
- GMQ technique 8-30 kg (en g)	
- Taux de pertes en post-sevrage (%)	
- IC technique 8-30 kg	
- Consommation d'aliment porcelet /jour en post sevrage (en kg)	
- GMQ technique 30-115 kg (en g)	
- Taux de pertes en engraissement (%)	
- IC technique 30-115 kg	
- Consommation d'aliment porc /jour en engraissement (en kg)	
- Consommation d'aliment /truie présente/an (en kg)	
- Poids moyen en carcasse (en kg)	
- Dépense de santé :	
○ Par truie et par an (naisseurs et naisseurs engraisseurs)	
○ Par porc produit (post-sevreurs engraisseurs)	

- Économiques

A compléter à partir des données comptables de l'atelier PORC de l'exploitation sur un exercice de 12 mois, si possible en 2019.

↳ ***Possibilité de récupérer ces données au centre de gestion si l'éleveur donne son accord :*** *non ☐/oui ☐*

↳ ***Si oui, à qui s'adresser pour les obtenir ?***

Nom, prénom : ……
Mel ……
Téléphone ……

▪ Marge brute/truie (€)	
▪ Nombre de porcs produits/truie	
▪ Indice de consommation économique	
▪ Cout d'aliment/kg vif (€)	
▪ Marge brute par porc vendu (€)	
▪ Nombre de porcs produits	
▪ Nombre de porcs produits/truie en kg vifs	
▪ Poids des porcs produits en kg vifs (kg)	
▪ Cout d'aliment + véto/kg vif (€)	
▪ Charges opérationnelles/truie (€)	

- Résultats d'abattage

L'éleveur donne-t-il son accord pour obtenir ces données par la structure qui les réalise ? non ☐/oui ☐

↳ **Si oui, à qui s'adresser pour les obtenir ?**

Nom, prénom : ……
Mel ……
Téléphone ……
Code UNIPORC de l'élevage : ……

Données de saisies abattoir pour l'année 2019

- % d'animaux avec saisies partielles ……
- Motifs principaux
  - Troubles respiratoires (coffre) non ☐ / oui ☐
  - Troubles locomoteurs (arthrites, pied, jarret…) non ☐ / oui ☐
  - Autre ……
- % de porcs avec saisie totale ……
- Motifs principaux
  - Troubles respiratoires (pleurésie) non ☐ / oui ☐
  - Troubles locomoteurs (polyarthrites) non ☐ / oui ☐
  - Abcès non ☐ / oui ☐
  - Rouget non ☐ / oui ☐
  - Autre ……

VI- Génétique

Quel est le type génétique des reproductrices

Type génétique		% d'animaux de ce type parmi les reproductrices
Large White	non ☐ / oui ☐	
Landrace	non ☐ / oui ☐	
Large White X Landrace	non ☐ / oui ☐	
Piétrain	non ☐ / oui ☐	
Large White X Piétrain	non ☐ / oui ☐	
Large White X Landrace X Piétrain	non ☐ / oui ☐	
Duroc	non ☐ / oui ☐	
Large White X Duroc	non ☐ / oui ☐	
Large White X Duroc X Piétrain	non ☐ / oui ☐	
Large White X Landrace X Race chinoise	non ☐ / oui ☐	
Race locale Si oui, laquelle	non ☐ / oui ☐	
Autre	.....	

Quel est le type génétique des mâles reproducteurs qui inséminent les truies

Type génétique		% d'animaux de ce type parmi les verrats
Large White	non ☐ / oui ☐	
Landrace	non ☐ / oui ☐	
Large White X Landrace	non ☐ / oui ☐	
Piétrain	non ☐ / oui ☐	
Large White X Piétrain	non ☐ / oui ☐	
Large White X Landrace X Piétrain	non ☐ / oui ☐	
Duroc	non ☐ / oui ☐	
Piétrain X Duroc	non ☐ / oui ☐	
Large White X Duroc	non ☐ / oui ☐	
Large White X Duroc X Piétrain	non ☐ / oui ☐	
Large White X Landrace X Race chinoise	non ☐ / oui ☐	
Race locale Si oui, laquelle	non ☐ / oui ☐	
Autre	.....	

Ne pas oublier les verrats utilisés pour un éventuel autorenouvellement

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _ _

VII-Bâtiment

	Maternité	Verraterie	Gestante	Post-sevrage	Engraissement	Quarantaine
Sans objet	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Nombre de bâtiments						
Nombre de salles						
Année de construction -bâtiment 1 -bâtiment 2 -bâtiment 3 -bâtiment 4						
Présence d'un programme lumineux	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
Si oui, quelle est la durée d'éclairement / jour (en h)						
Présence de matériaux manipulables	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
Ces matériaux sont-ils lavés entre chaque bande : - Pieuvre en bois - Chaine - Jouet - Tuyaux - Ballon - Autre (exemple paille)	non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ Type si autre :	non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ Type si autre :	non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ Type si autre :	non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ Type si autre :	non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ Type si autre :	non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ Type si autre :

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _

	Maternité	Verraterie	Gestante	Post-sevrage	Engraissement	Quarantaine
Ces matériaux sont-ils remplacés entre chaque bande : - Paille en litière - Paille hachée en libre accès - Paille longue, foin ou autre fourrage en livre accès - Toile de jute - Carton, papier déchiqueté - Corde naturelle - Bois - Autre	non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ Type si autre :	non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ Type si autre :	non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ Type si autre :	non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ Type si autre :	non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ non ☐ / oui ☐ / SO ☐ Type si autre :
A quelle fréquence ces matériaux sont remplacés (en semaines) - Toile de jute - Pieuvre en bois - Chaine - Jouet - Tuyaux - Ballon - Autre	Type si autre :	Type si autre :	Type si autre :	Type si autre :	Type si autre :	Type si autre :

SO = sans objet

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _

VIII- Parcours plein air

	En maternité	En verraterie	En gestante	En post-sevrage	En engraissement	En quarantaine
Sans objet	☐	☐	☐	☐	☐	☐
L'ensemble des rotations est inclus dans la zone d'élevage	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
Quelle est la composition variétale de la pâture						
Quel est l'âge de la clôture extérieure (ans)						
Quel est l'âge de la clôture intérieure (ans)						
Comment est réalisé le désherbage autour de la clôture électrique :						
- Désherbage chimique	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
- Désherbage mécanique (tondeuse, fil…)	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
- Désherbage manuel (sécateur, binette…)	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
- Autres						

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _

	En maternité	En verraterie	En gestante	En post-sevrage	En engraissement	En quarantaine
A quelle fréquence est réalisé le **désherbage** autour des fils électriques - En hiver (nb / saison) - Au printemps (nb / saison) - En été (nb / saison) - En automne (nb / saison)						
Présence de bauges dans les parcs (au moins l'été)	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
Présence d'un système de brumisation ou d'aspersion d'eau pour rafraîchir les animaux (au moins l'été)	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
Fréquence de **rotation** des parcs (en mois)						
Quelle est la durée des vides sanitaires entre 2 rotations (en mois)						
Combien de temps (en jours) les animaux restent-ils dans les parcs (sur un cycle)						
Durée de vide pour les cabanes et les parcs entre 2 bandes						

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _

	En maternité	En verraterie	En gestante	En post-sevrage	En engraissement	En quarantaine
Les cabanes sont-elles déplacées entre 2 bandes	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
Les cabanes sont-elles **lavées** entre chaque bande	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
Si non, quelle est la fréquence de lavage des cabanes (en mois)	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Entre 2 rotations, le parc est -il labouré durant vide sanitaire *(pas entre 2 bandes)*	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
Entre 2 rotations, le parc est-il chaulé durant vide sanitaire *(pas entre 2 bandes)*	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐

	En maternité	En verraterie	En gestante	En post-sevrage	En engraissement	En quarantaine
Les cabanes sont-elles **désinfectées** entre chaque bande	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
Si non, quelle est la fréquence de désinfection des cabanes (en mois)	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Modalité de désinfection : -Désinfectant -UV -Autre	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ .....
Si désinfectant, nom du produit	.....	.....	.....	.....	.....	.....

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _

IX- Aliment

Y-a-t 'il une fabrique d'aliment sur l'exploitation non ☐ / oui ☐

Si oui :

- Quels sont les aliments fabriqués sur l'exploitation
  - Truie gestante ☐
  - Truie allaitante ☐
  - Jeune reproducteur ☐
  - Préparation mise bas ☐
  - Aliment sous la mère ☐
  - Aliment 1er âge ☐
  - Aliment 2ème âge ☐
  - Aliment nourrain ☐
  - Aliment croissance (ou aliment unique d'engraissement) ☐
  - Aliment finition ☐
- Recalculez-vous la composition de l'aliment à chaque changement de matière première non ☐ / oui ☐
- Analysez-vous vos matières premières pour la matière azotée non ☐ / oui ☐
- Avez-vous l'assistance d'un conseiller pour formuler vos aliments non ☐ / oui ☐
- Nettoyage des silos contenant les matières premières au moins une fois par an non ☐ / oui ☐
- Utilisation d'un antifongique au stockage des matières premières non ☐ / oui ☐
- Utilisation d'un conservateur au stockage des matières premières non ☐ / oui ☐
- Faites-vous des analyses régulières de recherche de mycotoxines non ☐ / oui ☐
  - Si oui, fréquence (X/an)
    ☐ .....
- Utilisation d'un fixateur de mycotoxines dans les aliments non ☐ / oui ☐
  - Si oui, lequel .....

Les matières premières sont stockées : SO ☐

- Dans des silos étanches non ☐ / oui ☐
- Dans des silos ou des cellules ouverts sur la partie supérieure, sans protection non ☐ / oui ☐
- Dans des silos ou des cellules ouverts sur la partie supérieure, avec filet de protection non ☐ / oui ☐
- Dans des travées, au sol, dans un bâtiment non ☐ / oui ☐
- Dans des travées couloirs à l'extérieur, avec clôture étanche non ☐ / oui ☐
- Dans des travées couloirs à l'extérieur, sans clôture étanche non ☐ / oui ☐
- En sacs non ☐ / oui ☐
- Autre .....

Les aliments sont stockés :

- Dans des silos étanches non ☐ / oui ☐
- Dans des silos ou des cellules ouverts sur la partie supérieure, sans protection non ☐ / oui ☐
- Dans des silos ou des cellules ouverts sur la partie supérieure, avec filet de protection non ☐ / oui ☐
- Dans des travées, au sol, dans un bâtiment non ☐ / oui ☐
- Dans des travées couloirs à l'extérieur, avec clôture étanche non ☐ / oui ☐
- Dans des travées couloirs à l'extérieur, sans clôture étanche non ☐ / oui ☐
- En sacs non ☐ / oui ☐
- Autre .....
- Nettoyage des silos d'aliment au moins une fois par an non ☐ / oui ☐

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _

Quels sont les différents types d'aliment utilisés pour les porcs en croissance et leurs principales modalités de distribution ?

	Starter	1er âge	2ème âge	Nourrain	Croissance ou aliment unique engr.	Finition	Autre aliment
Age de début de distribution (jours)							
Transition avec l'aliment précédent		non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
Si oui, durée de la transition							
Age de fin de distribution (jours)							
Fabrication de l'aliment	A la ferme ☐ En usine ☐	A la ferme ☐ En usine ☐	A la ferme ☐ En usine ☐	A la ferme ☐ En usine ☐	A la ferme ☐ En usine ☐	A la ferme ☐ En usine ☐	A la ferme ☐ En usine ☐
Mode de distribution	Sec ☐ Soupe ☐	Sec ☐ Soupe ☐	Sec ☐ Soupe ☐	Sec ☐ Soupe ☐	Sec ☐ Soupe ☐	Sec ☐ Soupe ☐	Sec ☐ Soupe ☐
Présentation de l'aliment sec	Granulé ☐ Miette ☐ Farine ☐ Autre :	Granulé ☐ Miette ☐ Farine ☐ Autre :	Granulé ☐ Miette ☐ Farine ☐ Autre :	Granulé ☐ Miette ☐ Farine ☐ Autre :	Granulé ☐ Miette ☐ Farine ☐ Autre :	Granulé ☐ Miette ☐ Farine ☐ Autre :	Granulé ☐ Miette ☐ Farine ☐ Autre :

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _

Quels sont les différents types d'aliment utilisés pour les reproducteurs et leurs principales modalités de distribution ?

	Aliment gestante	Aliment mixte	Aliment péri-mise-bas	Aliment allaitante	Aliment jeune-reproducteur	Autre aliment
Fabrication de l'aliment	A la ferme ☐ En usine ☐	A la ferme ☐ En usine ☐	A la ferme ☐ En usine ☐	A la ferme ☐ En usine ☐	A la ferme ☐ En usine ☐	A la ferme ☐ En usine ☐
Mode de distribution	Sec ☐ Soupe ☐	Sec ☐ Soupe ☐	Sec ☐ Soupe ☐	Sec ☐ Soupe ☐	Sec ☐ Soupe ☐	Sec ☐ Soupe ☐
Présentation de l'aliment sec **(si soupe avant fabrication du mélange)**	Granulé ☐ Miette ☐ Farine ☐ Autre :	Granulé ☐ Miette ☐ Farine ☐ Autre :	Granulé ☐ Miette ☐ Farine ☐ Autre :	Granulé ☐ Miette ☐ Farine ☐ Autre :	Granulé ☐ Miette ☐ Farine ☐ Autre :	Granulé ☐ Miette ☐ Farine ☐ Autre :

	En maternité		En verraterie	En gestante	En post-sevrage	En engraissement	En quarantaine
	Truies	Porcelets					
Disponibilité de l'alimentation -*Ad libitum* -Repas	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐
Si repas, nombre de repas par jour							
Si soupe, fréquence de nettoyage de la soupière (nb / mois)							

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _ _

X- Eau de boisson

	En maternité	En verraterie	En gestante	En post-sevrage	En engraissement	En quarantaine
Origine de l'eau : -Réseau -Eau de surface -Forage -Puits -Eau de pluie -Autre (précisez)	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ _____	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ _____	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ _____	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ _____	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ _____	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ _____
Si forage ou puits : -Distance de l'élevage (m) -Age du forage	_____ _____	_____ _____	_____ _____	_____ _____	_____ _____	_____ _____
Eau à volonté	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
Si non : ✓ Avez-vous une idée des quantités distribuées *(seulement si oui à la ligne précédente)* ✓ Sur quoi vous basez vous ✓ Quantité d'eau distribuée par jour (*pour les élevages nourrissant les animaux avec de la soupe, ne pas tenir compte de l'eau de dilution de la soupe*)	non ☐ / oui ☐ _____ Avant mise bas _____ En début de lactation _____ En fin de lactation _____	non ☐ / oui ☐ _____ _____	non ☐ / oui ☐ _____ En début de gestation _____ En milieu de gestation _____ En fin de gestation _____	non ☐ / oui ☐ _____ En début des post-sevrage _____ En fin de post sevrage _____	non ☐ / oui ☐ _____ En début d'engraissement _____ En début d'engraissement _____	non ☐ / oui ☐ _____ _____
Analyse annuelle de l'eau (sur l'élevage)	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
Si oui :	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _

Eau potable (bactériologie)						
Eau potable (chimie)	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
Traitement de l'eau	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
Si oui : Système de traitement de l'eau						
-Chlore	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
-Peroxyde	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
-Acidification	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
-UV	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
-Ionisation	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
-Déferrisation	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
-Démanganisation	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
-Adoucissement	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
-Autre	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Si chloration :						
- existe-t-il un bac de contact	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
l'eau est-elle filtrée ?	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
Le traitement est-il fait en continu au cours de l'année	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
Si non, préciser la période de traitement	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _

XI- Identification des porcs pour l'abattage

À quel âge les animaux sont-ils identifiés pour l'abattoir (en j)		
Comment les animaux sont-ils identifiés pour l'abattoir avec :	**Porcifrappre**	non ☐ / oui ☐
	Tatoueur pneumatique	non ☐ / oui ☐
	Autre	
Le matériel d'identification est-il lavé ?		non ☐ / oui ☐
- Si, oui, à quelle fréquence ? (en semaines)		
Le matériel d'identification est-il désinfecté ?		non ☐ / oui ☐
- Si, oui, à quelle fréquence ? (en semaines)		

XII-Protocoles de décontamination

Protocole de nettoyage désinfection des bâtiments

- **Intervenants pour la réalisation du protocole**

	En maternité	En verraterie	En gestante	En post-sevrage	En engraissement	En quarantaine
Le nettoyage des salles est réalisé par : - Le personnel de l'exploitation - Par une entreprise extérieure - Autre	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ .....
La désinfection des salles est réalisée par : - Le personnel de l'exploitation - Par une entreprise extérieure - Autre	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ .....
Si le nettoyage et/ou la désinfection est réalisée par une entreprise extérieure, le matériel est fourni par l'exploitation	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐

- **Étapes du protocole**

	En maternité	En verraterie	En gestante	En post-sevrage	En engraissement	En quarantaine
Après départ des animaux,						
- les bâtiments sont-ils détrempés	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐
- les bâtiments sont-ils lavés	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐
- Utilisez-vous un détergent	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐
- Si oui, quel est le temps de contact avant rinçage (en h)	.....	.....	.....	.....	.....	.....
- les bâtiments sont-ils désinfectés	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐
- Si oui, avec quel produit	.....	.....	.....	.....	.....	.....
- Si oui, le désinfectant est-il rincé	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐	non ☐ / oui ☐ Pas systématique ☐
- Si oui, quel est le temps de contact du désinfectant avant rinçage	.....		.....	.....	.....	.....
Durée du vide sanitaire (en jours)	.....		.....	.....	.....	.....

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _

	En maternité	En verraterie	En gestante	En post-sevrage	En engraissement	En quarantaine
Présence de pédiluves ou de pédichaux à l'entrée du secteur	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
Si oui, fréquence de renouvellement du pédiluve	3 x / sem. ☐ 2 x / sem. ☐ 1 x / sem. ☐ Autre	3 x / sem. ☐ 2 x / sem. ☐ 1 x / sem. ☐ Autre	3 x / sem. ☐ 2 x / sem. ☐ 1 x / sem. ☐ Autre	3 x / sem. ☐ 2 x / sem. ☐ 1 x / sem. ☐ Autre	3 x / sem. ☐ 2 x / sem. ☐ 1 x / sem. ☐ Autre	3 x / sem. ☐ 2 x / sem. ☐ 1 x / sem. ☐ Autre .....
Si bâtiment sur litière : - Litière raclée et changée à chaque bande - Sinon, quel est l'intervalle entre 2 curages complets (en semaines)	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ .....
- Le curage de la litière est-il fait avant l'opération de détrempage	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
- Si non, le curage de la litière est-il fait avant l'opération de lavage	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
Si bâtiment sur caillebotis, le lisier est vidangé - Entre chaque bande - En cours de bande - Autre fréquence	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐ non ☐ / oui ☐ .....

Le ou les couloirs de passage des porcs lors des déplacements sont-ils nettoyés spécifiquement ?

	Avant de déplacer les animaux	Après les déplacements
Pour passer de maternité en post-sevrage	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
Pour passer de post-sevrage en engraissement	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐

Existe-t-il du matériel commun entre secteurs de l'élevage

- Si oui,

Proposer des idées : fourches, manitou, panneau de manipulation, pistolets d'injection …

Lesquels	Fréquence de lavage	Fréquence de désinfection
1-	A chaque changement de secteur ☐ 1 x / j ☐ 1 x / sem. ☐ 1 x / mois ☐ Jamais ☐ Autre	A chaque changement de secteur ☐ 1 x / j ☐ 1 x / sem. ☐ 1 x / mois ☐ Jamais ☐ Autre .....
2-	A chaque changement de secteur ☐ 1 x / j ☐ 1 x / sem. ☐ 1 x / mois ☐ Jamais ☐ Autre	A chaque changement de secteur ☐ 1 x / j ☐ 1 x / sem. ☐ 1 x / mois ☐ Jamais ☐ Autre .....
3-	A chaque changement de secteur ☐ 1 x / j ☐ 1 x / sem. ☐ 1 x / mois ☐ Jamais ☐ Autre	A chaque changement de secteur ☐ 1 x / j ☐ 1 x / sem. ☐ 1 x / mois ☐ Jamais ☐ Autre .....
4-	A chaque changement de secteur ☐ 1 x / j ☐ 1 x / sem. ☐ 1 x / mois ☐ Jamais ☐ Autre	A chaque changement de secteur ☐ 1 x / j ☐ 1 x / sem. ☐ 1 x / mois ☐ Jamais ☐ Autre .....
5-	A chaque changement de secteur ☐ 1 x / j ☐ 1 x / sem. ☐ 1 x / mois ☐ Jamais ☐ Autre	A chaque changement de secteur ☐ 1 x / j ☐ 1 x / sem. ☐ 1 x / mois ☐ Jamais ☐ Autre .....

Protocole concernant les équipements du personnel

Lors de chaque journée de travail, le personnel de l'élevage de porcs porte-t-il une cotte non ☐ / oui ☐

- Si oui, cette cotte est … :
  - spécifique de l'exploitation, servant à tous les ateliers y compris les cultures : ☐
  - spécifique de l'atelier porc UNIQUEMENT : ☐
- Le personnel change-t-il de cottes entre chaque secteur de l'élevage ou existe-t-il des cottes spécifiques à chaque secteur non ☐ / oui ☐
- Si seulement c'est le cas pour seulement certains secteurs, indiquer lesquels .....
- Avec quelle fréquence les cottes sont-elles changées ?
  - tous les jours : ☐
  - plus d'une fois par semaine : ☐
  - une fois par semaine : ☐
  - moins d'une fois par semaine : ☐
  - moins souvent : ☐

Lors de chaque journée de travail, le personnel de l'élevage de porcs porte-t-il des bottes non ☐ / oui ☐

- Si oui, ces bottes sont :
  - spécifiques de l'exploitation, servant à tous les ateliers y compris les cultures : ☐
  - spécifiques de l'atelier porc UNIQUEMENT : ☐
- Le personnel change-t-il de bottes entre chaque secteur de l'élevage ou existe-t-il des bottes spécifiques à chaque secteur non ☐ / oui ☐
- Si seulement c'est le cas pour seulement certains secteurs, indiquer lesquels

- Avec quelle fréquence les bottes sont-elles lavées ?
  - tous les jours : ☐
  - plus d'une fois par semaine : ☐
  - une fois par semaine : ☐
  - moins d'une fois par semaine : ☐
  - moins souvent : ☐

- A quelle fréquence les bottes sont-elles désinfectées ?
  - tous les jours : ☐
  - plus d'une fois par semaine : ☐
  - une fois par semaine : ☐
  - moins d'une fois par semaine : ☐
  - moins souvent : ☐

XIII- Biosécurité

Des restes de repas, des déchets de cuisine ou alimentation humaine à base de porc sont utilisés pour nourrir les porcs non ☐ / oui ☐

- si oui, à quelle fréquence ? .....

Tracteurs/Manitou spécifiques à l'élevage (pas commun à d'autres exploitations) non ☐ / oui ☐

Tonne à lisier spécifique à l'élevage (pas commun à d'autres exploitations) SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Remorque ou épandeur servant au transport de fumier spécifique à l'élevage (pas commun à d'autres exploitations) SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Y a-t-il du matériel en commun avec d'autres élevages de porcs (échographes, brasseur à lisier, ELD…) non ☐ / oui ☐

Si oui, préciser le type de matériel	Nettoyé avant chaque entrée dans la zone d'élevage	Désinfecté avant chaque entrée dans la zone d'élevage
1-	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
2-	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
3-	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
4-	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
5-	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐

Présence d'un quai d'embarquement pour le départ/réception des animaux non ☐ / oui ☐

Pour les plein-air : présence d'une aire d'embarquement SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Lors des chargements de porcs, le chauffeur pénètre dans les bâtiments d'élevage non ☐ / oui ☐

Si oui :

- il rentre dans le couloir non ☐ / oui ☐
  - Si oui, à quelle fréquence ? .....
- il rentre dans les salles non ☐ / oui ☐
  - Si oui, à quelle fréquence ? .....

L'aire de stockage est-elle nettoyée après chaque départ ou livraison non ☐ / oui ☐

L'aire de stockage est-elle désinfectée après chaque départ ou livraison (ou chaulée pour les plein-air) non ☐ / oui ☐

Le quai d'embarquement est-il nettoyé après chaque départ non ☐ / oui ☐

Le quai d'embarquement est-il désinfecté après chaque départ ou livraison (ou chaulée pour les plein-air) non ☐ / oui ☐

L'opérateur change-t-il de tenue après décontamination de l'aire de stockage et du quai d'embarquement non ☐ / oui ☐

La zone de stationnement du camion est-elle chaulée non ☐ / oui ☐

Si oui, fréquence :

- Après chaque départ ☐
- Après chaque livraison ☐
- Autre (nombre de fois par mois) .....

Transport d'animaux par l'éleveur avec une bétaillère non ☐ / oui ☐

Si oui :

- Quels types d'animaux sont transportés :
  - Cochettes ☐
  - Truies ☐
  - Verrat ☐
  - Porcelets au sevrage ☐
  - Porcelets de 25-30 kg ☐
  - Porcs charcutiers ☐
- Les animaux sont-ils mélangés dans la bétaillère (stades ou âges différents) non ☐ / oui ☐
- Si oui, nombre d'animaux d'âges différents dans le convoi : .....
- Bétaillère lavée après tout transport d'animaux non ☐ / oui ☐
- Bétaillère désinfectée après tout transport d'animaux non ☐ / oui ☐
- Matériel de chargement (panneaux, plaquettes) lavés après chaque transport d'animaux non ☐ / oui ☐
- Matériel de chargement (panneaux, plaquettes) désinfectés après chaque transport d'animaux non ☐ / oui ☐

Présence d'une aire d'équarrissage non ☐ / oui ☐

En attente du passage de l'équarrisseur, les animaux morts sont placés

. dans un bac équarrissage non ☐ / oui ☐
. dans un congélateur non ☐ / oui ☐
. sur une dalle bétonnée et recouverts d'une cloche non ☐ / oui ☐
. sur une dalle bétonnée sans couvrir les cadavres non ☐ / oui ☐
. sur le sol non ☐ / oui ☐
. autre dispositif (préciser) .....

Fréquence de lavage du bac d'équarrissage

- Jamais non ☐ / oui ☐
- Après chaque enlèvement non ☐ / oui ☐
- Autre (nombre de fois par mois) .....

Fréquence de désinfection du bac d'équarrissage

- Jamais non ☐ / oui ☐
- Après chaque enlèvement non ☐ / oui ☐
- Autre (nombre de fois par mois) .....

Fréquence de lavage de l'aire d'équarrissage (chaux pour les sols stabilisés)

- Jamais non ☐ / oui ☐
- Après chaque enlèvement non ☐ / oui ☐
- Autre (nombre de fois par mois) .....

Fréquence de désinfection de l'aire d'équarrissage (chaux pour les sols stabilisés)

- Jamais non ☐ / oui ☐
- Après chaque enlèvement non ☐ / oui ☐
- Autre (nombre de fois par mois) .....

Lavage des mains systématique après manipulation des cadavres ou port de gants jetables
non ☐ / oui ☐

Utilisation de bottes dédiées pour la zone d'équarrissage ou nettoyage-désinfection des bottes ou surbottes jetables
non ☐ / oui ☐

Observez-vous la présence de sangliers sauvages à proximité de l'élevage non ☐ / oui ☐ / nsp ☐

- Si oui,
- A quelle fréquence : ≤ 1 X / an ☐ 2-3 X / an ☐ > 3 X / an ☐
- Entrent-ils en contact avec les porcs non ☐ / oui ☐

Avez-vous déjà observé la naissance de sanglochons / cochongliers dans votre élevage
SO ☐ / non ☐ / oui ☐

- Si oui, depuis moins d'un an ? non ☐ / oui ☐
- Nombre d'animaux concernés .....

Pour les porcs qui peuvent être en contact avec l'extérieur (en plein air/ dans des bâtiments ouverts sur l'extérieur), avez-vous constaté ou suspectez-vous des contacts avec de la faune sauvage autre que des sangliers (renards, blaireaux, lièvres, chevreuils …) / hors oiseaux

		Faune sauvage observées ou suspectée	**Fréquence d'observation**			
			≤1 X / an	2-3 X / an	> 3 X / an	Ne sait pas
Cochettes	non ☐ / oui ☐	....	☐	☐	☐	☐
Truies en verraterie	non ☐ / oui ☐	....	☐	☐	☐	☐
Truies gestantes	non ☐ / oui ☐	....	☐	☐	☐	☐
Truies allaitantes	non ☐ / oui ☐	....	☐	☐	☐	☐
Porcelets non sevrés	non ☐ / oui ☐	....	☐	☐	☐	☐
Porcelets en PS	non ☐ / oui ☐	....	☐	☐	☐	☐
Porcs charcutiers	non ☐ / oui ☐	....	☐	☐	☐	☐

Un plan de dératisation est-il réalisé ? non ☐ / oui ☐

Si oui par :

- un professionnel sous contrat ☐
- l'éleveur ☐
- les deux (professionnel + éleveur) ☐

Le plan de dératisation concerne-t-il :

- maternité SO ☐ / non ☐ / oui ☐
- post sevrage SO ☐ / non ☐ / oui ☐
- engraissement SO ☐ / non ☐ / oui ☐
- verraterie SO ☐ / non ☐ / oui ☐
- gestante SO ☐ / non ☐ / oui ☐

- quarantaine SO ☐ / non ☐ / oui ☐
- la FAF SO ☐ / non ☐ / oui ☐
- les abords SO ☐ / non ☐ / oui ☐
- les annexes SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Un plan de désinsectisation est-il entrepris ? non ☐ / oui ☐

Si oui, à quel stade ?

- en maternité SO ☐ / non ☐ / oui ☐
- en post sevrage SO ☐ / non ☐ / oui ☐
- en engraissement SO ☐ / non ☐ / oui ☐
- en verraterie SO ☐ / non ☐ / oui ☐
- en gestante SO ☐ / non ☐ / oui ☐
- en quarantaine SO ☐ / non ☐ / oui ☐
- dans la FAF SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Si utilisation de paille

- Origine de la paille : Exploitation ☐ achat extérieur ☐
- Paille issue de l'agriculture biologique non ☐ / oui ☐, si oui proportion de paille AB : .....

Si fabrique d'aliment à la ferme, les effluents épandus sur les céréales destinées à l'alimentation des porcs proviennent :

- De l'élevage non ☐ / oui ☐
- D'un autre élevage de porcs non ☐ / oui ☐
- D'autres espèces (ex : bovin, volailles…) non ☐ / oui ☐
- Si oui, préciser l'espèce .....

Pour les élevages plein-air :

Système de protection contre les corvidés ou autres prédateurs volants en place non ☐ / oui ☐

Si oui

- Corbetière non ☐ / oui ☐
- Epouvantail non ☐ / oui ☐
- Cerf-volant non ☐ / oui ☐
- Effaroucheur (canon à gaz ou autre) non ☐ / oui ☐
- Produit répulsif non ☐ / oui ☐
- Autre .....

Système de protection contre les renards ou autres prédateurs terrestres en place non ☐ / oui ☐

Si oui

- Grillage Ursus progressif non ☐ / oui ☐
- Grillage maille resserrée non ☐ / oui ☐
- Effaroucheur non ☐ / oui ☐
- Produit répulsif non ☐ / oui ☐
- Piégeage non ☐ / oui ☐
- Autre .....

XIV- Traitement et vaccination

Vaccinez-vous les porcs contre	Cochettes SO ☐	Truies SO ☐	Verrat SO ☐	Porcs en croissance SO ☐
La parvovirose	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
- Si oui, nom du vaccin				
- Depuis quand				
Le rouget	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
- Si oui, nom du vaccin				
- Depuis quand				
La leptospirose	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
- Si oui, nom du vaccin				
- Depuis quand				
Le PCV2	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
- Si oui, nom du vaccin				
- Depuis quand				
Mycoplasma hyopneumoniae	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
- Si oui, nom du vaccin				
- Depuis quand				
Le SDRP	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
- Si oui, nom du vaccin				
- Depuis quand				
La colibacillose	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
- Si oui, nom du vaccin				
- Depuis quand				
Clostridium perfringens	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
- Si oui, nom du vaccin				
- Depuis quand				
La rhinite atrophique	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
- Si oui, nom du vaccin				
- Depuis quand				
La grippe	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
- Si oui, nom du vaccin				
- Depuis quand				
La maladie de l'œdème	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
- Si oui, nom du vaccin				
- Depuis quand				
Haemophilus parasuis*	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
- Si oui, nom du vaccin				
- Depuis quand				
Lawsonia intracellularis	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐

- Si oui, nom du vaccin				
- Depuis quand				
Autovaccin	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐	non ☐ / oui ☐
- Si oui, quel pathogène				
- Depuis quand				

*A la question depuis quand, renseigner **l'année de mise en place***

** Glaesserella parasuis*

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV / _ _ _ _ _

Indiquer dans la frise ci-dessous, les différentes injections vaccinales réalisées sur les <u>cochettes / verrats</u> en quarantaine : SO ☐

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10

Indiquer dans la frise ci-dessous, les différentes injections vaccinales réalisées sur les <u>cochettes / verrats</u> avant et après la première mise-bas: SO ☐

MB –12S	MB –11S	MB –10S	MB –9S	MB –8S	MB –7S	MB –6S	MB –5S	MB –4S	MB –3S	MB –2S	MB –1S ↓ MB	MB +1S	MB +2S	MB +3S	MB +4S	MB +5S	MB +6S	MB +7S

Y-a-t 'il des vaccinations de masse (vaccination blitz) sur les reproducteurs (truies et verrat) SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Indiquer dans la frise ci-dessous, les différentes injections vaccinales réalisées sur les <u>truies</u> avant et après la première mise-bas et verrat : SO ☐

MB –12S	MB –11S	MB –10S	MB –9S	MB –8S	MB –7S	MB –6S	MB –5S	MB –4S	MB –3S	MB –2S	MB –1S ↓ MB	MB +1S	MB +2S	MB +3S	MB +4S	MB +5S	MB +6S	MB +7S

Y-a-t 'il des vaccinations de masse (vaccination blitz) sur les reproducteurs (truies et verrat) SO ☐ / non ☐ / oui ☐

- Si oui,

Nom du vaccin	Fréquence (nb/an)

Indiquer dans le tableau ci-dessous, les différentes injections vaccinales réalisées sur les porcs en croissance : SO ☐

Age des animaux en semaine	Vaccin N°1	Vaccin N°2	Vaccin N°3
semaine 1			
semaine 2			
semaine 3			
semaine 4			
semaine 5			
semaine 6			
semaine 7			
semaine 8			
semaine 9			
semaine 10			
semaine 11			
semaine 12			
semaine 13			
semaine 14			
semaine 15			
semaine 16			
semaine 17			
semaine 18			
semaine 19			
semaine 20			
semaine 21			
semaine 22			
semaine 23			
semaine 24			
semaine 25			
semaine 26			
semaine 27			

Y-a-t 'il des vaccinations de masse (vaccination blitz) sur les porcs en croissance SO ☐ / non ☐ / oui ☐

- Si oui,

Nom du vaccin	Fréquence (nb/an)

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _ _

	Utilisez-vous un prolongateur pour vacciner :	**Utilisez-vous un prolongateur pour les autres injections sur** :
Les truies	SO ☐ / non ☐ / oui ☐	SO ☐ / non ☐ / oui ☐
Les porcelets en maternité	SO ☐ / non ☐ / oui ☐	SO ☐ / non ☐ / oui ☐
Les porcelets en post-sevrage	SO ☐ / non ☐ / oui ☐	SO ☐ / non ☐ / oui ☐
Les porcs charcutiers	SO ☐ / non ☐ / oui ☐	SO ☐ / non ☐ / oui ☐
Les cochettes	SO ☐ / non ☐ / oui ☐	SO ☐ / non ☐ / oui ☐

	Combien d'animaux vaccinez-vous avec une seule aiguille	**Combien d'animaux piquez-vous avec une seule aiguille** *(hors vaccin)*
Nombre de truies		
Nombre de porcelets en maternité		
Nombre de porcelets en post-sevrage		
Nombre de porcs charcutiers		
Nombre de cochettes		

Modalités de stockage des vaccins

	Tous les vaccins	**Certains vaccins**
Nom du vaccin		
Conservation des vaccins dans :		
-Un réfrigérateur	☐	☐
-Dans une armoire	☐	☐
-Autre, Préciser		
Avant de les utiliser les vaccins sont :		
-Réchauffés dans une pièce	☐	☐
-Réchauffés au bain Marie	☐	☐
-Pas réchauffés	☐	☐
Temps de réchauffement (heures)		

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _ _

Déparasitage

Pratiquez-vous un déparasitage <u>interne</u> systématique en quarantaine SO ☐ / non ☐ / oui ☐

- Si oui, quel produit est utilisé .....
- Combien de fois les cochettes sont-elles vermifugées en quarantaine .....
- Combien de jours après leur arrivée :
  - Traitement n° 1 .....
  - Traitement n° 2 .....
  - Traitement n° 3 .....

Pratiquez-vous un déparasitage <u>interne</u> systématique sur les truies SO ☐ / non ☐ / oui ☐

- Si oui, quel produit est utilisé .....
- Combien de fois les truies sont vermifugées par an .....
- Les truies sont-elles toutes vermifugées en même temps non ☐ / oui ☐
- Si non, à quel stade physiologique :
  - Au sevrage non ☐ / oui ☐
  - En maternité non ☐ / oui ☐
  - En gestante
    - Si en gestante, combien de temps avant l'entrée en maternité (en semaines) .....

Pratiquez-vous un déparasitage <u>interne</u> systématique des verrats SO ☐ / non ☐ / oui ☐

- Si oui, quel produit est utilisé .....
- Combien de fois les verrats sont vermifugés par an .....

Pratiquez-vous un déparasitage <u>interne</u> systématique des porcelets non sevrés *(la distribution d'un anticoccidien type Toltrazuril (Baycox, Cevazuril…) constitue un déparasitage)* SO ☐ / non ☐ / oui ☐

- Si oui, quel produit est utilisé .....
- À quel âge ? .....

Pratiquez-vous un déparasitage <u>interne</u> systématique durant la phase de croissance (post-sevrage et engraissement) SO ☐ / non ☐ / oui ☐

- Si oui, quel produit est utilisé .....
- Combien de fois les porcs sont-ils vermifugés durant la phase de croissance .....
- A quel(s) âge(s) (semaines) :
  - Traitement n° 1 .....
  - Traitement n° 2 .....
  - Traitement n° 3 .....
  - Traitement n° 4 .....
  - Traitement n° 5 .....

Pratiquez-vous un déparasitage <u>externe</u> systématique en quarantaine SO ☐ / non ☐ / oui ☐

- Si oui, quel produit est utilisé .....
- Combien de fois les cochettes sont-elles traitées contre les parasites externes en quarantaine .....
- Combien de jours après leur arrivée :
  - Traitement n° 1 .....
  - Traitement n° 2 .....
  - Traitement n° 3 .....

Pratiquez-vous un déparasitage <u>externe</u> systématique sur les truies SO ☐ / non ☐ / oui ☐

- Combien de fois les truies sont-elles traitées contre les parasites externes par an .....
- Les truies sont-elles toutes elles traitées contre les parasites externes en même temps non ☐ / oui ☐
- Si non, à quel stade physiologique :
  - Au sevrage non ☐ / oui ☐
  - En maternité non ☐ / oui ☐
  - En gestante
    - Si en gestante, combien de temps avant l'entrée en maternité (en semaines) .....

Pratiquez-vous un déparasitage <u>externe</u> systématique des verrats SO ☐ / non ☐ / oui ☐

- Si oui, quel produit est utilisé .....
- Combien de fois les verrats sont-elles traitées contre les parasites externes par an .....

Pratiquez-vous un déparasitage <u>externe</u> systématique des porcelets non sevrés SO ☐ / non ☐ / oui ☐

- Si oui, quel produit est utilisé .....
- A quel âge ? .....

Pratiquez-vous un déparasitage <u>externe</u> systématique durant la phase de croissance (post-sevrage et engraissement) SO ☐ / non ☐ / oui ☐

- Si oui, quel produit est utilisé
- Combien de fois les porcs sont-ils traités contre les parasites externes durant la phase de croissance .....
- A quel(s) âge(s) (semaines) :
  - Traitement n° 1 .....
  - Traitement n° 2 .....
  - Traitement n° 3 .....
  - Traitement n° 4 .....
  - Traitement n° 5 .....

XV- Contaminations et adaptations

Contamination des cochettes en quarantaine : Quelle est la "pratique de contamination" adoptée dans l'élevage ? :

		À partir de quand (jours après l'arrivée)	Fréquence (nb / semaine)	Combien de temps (nombre de semaines)
Aucune	☐			
Contact avec une truie de réforme	☐			
Distribution de fèces	☐			
Distribution de délivres	☐			
Distribution de porcelets, d'avortons ou "soupe anglaise"	☐			
Autre				

Y a-t-il distribution de matériel contaminant (ex : bouillie anglaise) aux truies durant la gestation ? :

		À quel stade de gestation (nb de semaines de gestation)			Combien de temps (nombre de jours de distribution)
		Distribution 1	***Distribution 2***	***Distribution 3***	
Aucune	☐				
Déjections de porcelets	☐				
Délivres de truies	☐				
Autre					

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _ _

XVI- Pratiques et conduite en maternité

Gestion en tout vide - tout plein de chaque salle de maternité SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Présence d'une maternité tampon ou de cases tampons SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Les truies sont-elles lavées avant l'entrée en maternité non ☐ / oui ☐

- Si oui :
- Avec de l'eau froide non ☐ / oui ☐
- Dans un endroit protégé des courants d'air non ☐ / oui ☐

Intervalle moyen entre l'entrée en maternité et la première mise bas (en j) _____

Température de consigne en maternité à la mise bas _____

Température de consigne de nid à la mise bas (°C) _____

Les truies sont-elles bloquées en maternité non ☐ / oui ☐

- Si oui, sont-elles libérées en cours de lactation non ☐ / oui ☐
- Si oui, combien de jours après la mise-bas _____

Distribution d'aliment gestante en maternité non ☐ / oui ☐

- Si oui, à partir de quand les truies reçoivent de l'aliment allaitant (en j après MB) _____

Rationnement des truies autour de la mise bas (MB) non ☐ / oui ☐

- Si oui, à partir de quand (nombre de jours avant MB) _____

Quelle quantité d'aliment est distribuée le jour de la MB (en kg) été _____

hiver _____

Quantité maximum d'aliment distribué aux truies en maternité (kg/truie/jour) _____

Les MB sont-elles déclenchées non ☐ / oui ☐

- Si oui, à quelle durée de gestation les truies sont-elles déclenchées (en j) _____
- Produit utilisé _____

Quel est le % de truies "fouillées" _____

Quel est le % de truies qui reçoivent une injection d'ocytocine ou analogue durant la MB _____

Quel est le % de truies qui reçoivent une injection de Monzal durant la MB _____

Quel est le % de truies recevant une injection de Calcium durant la MB _____

Quel est le % de truies recevant une injection de Sergotonine durant la MB _____

Les truies reçoivent-elles une injection de prostaglandine (Dinolytic, Enzaprost…) après MB non ☐ / oui ☐

- Si oui, combien de temps après la fin de la MB _____
- Quel est le % de truies recevant une prostaglandine après MB _____

Les délivres :

- Sont retirées des cases non ☐ / oui ☐
- Laissées dans les cases non ☐ / oui ☐
- Données à d'autres truies ou cochettes non ☐ / oui ☐

Les porcelets sont-ils séchés par l'éleveur à la naissance non ☐ / oui ☐

Le cordon ombilical est-il désinfecté à la naissance non ☐ / oui ☐

Les porcelets sont-ils castrés: non ☐ / oui ☐

Si oui :

- A quel âge (en jour) .....
- Sont-ils anesthésiés (hors bombe à froid) non ☐ / oui ☐
- Reçoivent t'ils un analgésique (meloxicam, ketoprofen) non ☐ / oui ☐
- Utilisation d'une bombe à froid non ☐ / oui ☐
- Si oui, avec quel produit : .....
- Les plaies sont-elles désinfectées non ☐ / oui ☐
- Si oui, avec quel produit : .....
- Quelle est le degré de pénibilité pour vous de la castration des porcelets ? (sur une échelle graduée de note 1 : tâche très peu pénible à note 10 : tâche extrêmement pénible) .....

Si porcs non castrés : pratiquez-vous l'immunocastration non ☐ / oui ☐

Si oui :

- depuis combien de temps ? (années) .....
- quels sont les avantages de l'élevage de mâles entiers **vaccinés** contre les odeurs sexuelles que vous avez constatés dans votre élevage ?
  - Amélioration du bien-être de vos porcelets non ☐ / oui ☐ / NSP ☐
  - Gestion efficace de l'odeur de verrat non ☐ / oui ☐ / NSP ☐
  - Augmentation du taux de muscle des pièces (TMP) non ☐ / oui ☐ / NSP ☐
  - Diminution de l'indice de consommation en engraissement non ☐ / oui ☐ / NSP ☐
  - Augmentation du GMQ en engraissement non ☐ / oui ☐ / NSP ☐
  - Amélioration de la qualité des carcasses non ☐ / oui ☐ / NSP ☐

Seriez-vous prêt à arrêter la castration ? non ☐ / oui ☐

Si oui, quelle méthode alternative à la castration des porcelets voudriez-vous mettre en place ?

- L'élevage de mâles entiers en utilisant la vaccination contre les odeurs sexuelles non ☐ / oui ☐
- L'élevage de mâles entiers non ☐ / oui ☐

Les animaux ont-ils la queue coupée non ☐ / oui ☐

- Si oui :
- À quel âge (en jours) .....
- Quel outil utilisez-vous ?
  - Pince non hémostatique non ☐ / oui ☐
  - Pince hémostatique non ☐ / oui ☐
  - Ciseaux non ☐ / oui ☐
  - Scalpel non ☐ / oui ☐
  - Coupe queue à gaz non ☐ / oui ☐
  - Coupe queue électrique non ☐ / oui ☐

- Sont-ils anesthésiés non ☐ / oui ☐
- Reçoivent t'ils un analgésique (meloxicam, ketoprofen) non ☐ / oui ☐
- Si oui, avec quel produit : .....
- Utilisation d'une bombe à froid non ☐ / oui ☐
- Les plaies sont-elles désinfectées non ☐ / oui ☐
- Si oui, avec quel produit : .....

Écourtez-vous les dents des animaux en maternité : non ☐ / oui ☐

Si oui :

- A quel âge (en jour) .....
- Quel outil utilisez-vous ?
  - Pince non ☐ / oui ☐
  - Meule non ☐ / oui ☐
- Reçoivent t'ils un analgésique (meloxicam, ketoprofen) non ☐ / oui ☐
- Si oui, avec quel produit : .....

Quelle est selon vous la pratique d'élevage la plus douloureuse dans votre élevage ?

- L'épointage des dents SO ☐ / non ☐ / oui ☐
- La castration des porcelets SO ☐ / non ☐ / oui ☐
- La coupe de la queue SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Quel est selon vous l'intensité de la douleur ressentie par le porcelet dans les différentes situations ci-dessous ? (sur une échelle graduée de note 1 : très peu douloureux à note 10 : extrêmement douloureux)

- L'épointage des dents .....
- La castration des porcelets .....
- La coupe de la queue .....

Pratiquez-vous des tétées alternées non ☐ / oui ☐

Faites-vous des adoptions non ☐ / oui ☐

Les adoptions sont réalisées pour :

- Adapter le nombre de porcelets au nombre de tétines de la mère non ☐ / oui ☐
- Homogénéiser le poids de animaux au sein de la portée non ☐ / oui ☐
- Soulager les jeunes mères non ☐ / oui ☐
- Soulager les mères âgées non ☐ / oui ☐

Les porcelets issus de primipares ne sont adoptés que par des primipares non ☐ / oui ☐

En cours de lactation, regroupez-vous tous les petits porcelets sous les mêmes truies non ☐ / oui ☐

- Si oui, les porcelets restent-ils dans leur bande au sevrage non ☐ / oui ☐
- Reçoivent-ils une supplémentation particulière non ☐ / oui ☐
  - Si oui, laquelle .....

Les petits porcelets d'une bande peuvent-ils être adoptés par des truies de la bande suivante non ☐ / oui ☐

Des truies de la bande précédente peuvent-elles être utilisées comme truie nourrice non ☐ / oui ☐

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _ _

Quelle est la proportion de porcelets adoptés (c'est-à-dire, changeant de mère) ☐

- À partir de quel âge (**en heures**) ☐
- Jusqu'à quel âge (**en jours**) ☐
- Respect des rangs de portée lors des adoptions non ☐ / oui ☐
- Autres remarques sur les pratiques d'adoption (réponse libre) :

Pour les élevages plein-air :

- présence de courettes extérieures pour les porcelets devant les cabanes SO ☐ / non ☐ / oui ☐
  - Si oui, à quel moment les courettes sont retirées (âge des porcelets en j) ☐
- Pensez-vous à l'avenir modifier votre conduite et faire mettre bas les truies en bâtiment non ☐ / oui ☐

Les porcelets reçoivent-ils une supplémentation en fer non ☐ / oui ☐

- Si oui comment : par injection ☐ / par supplémentation orale ☐

Y a-t-il des sevrages précoces non ☐ / oui ☐

- Si oui,
- À quel âge (j) ☐
- ces animaux sont placés :
  - dans une salle contenant des porcs d'autres bandes non ☐ / oui ☐
  - dans une case contenant des porcs d'autres bandes non ☐ / oui ☐
- ces animaux retrouvent-ils les porcelets de leur bande initiale au sevrage non ☐ / oui ☐

Observez-vous en maternité

- des diarrhées sur les porcelets avant 7 jours d'âge non ☐ / oui ☐
  - Si oui, à quelle fréquence :
    - À chaque bande non ☐ / oui ☐
    - Une bande sur 2 non ☐ / oui ☐
    - Autre ☐
  - Quel est le taux de portées concernées (%) ☐
- des diarrhées jaunes blanches (type mayonnaise) sur les porcelets après 10 j d'âge non ☐ / oui ☐
  - Si oui, à quelle fréquence :
    - À chaque bande non ☐ / oui ☐
    - Une bande sur 2 non ☐ / oui ☐
    - Autre ☐
  - Quel est le taux de portées concernées (%) ☐
- des constipations sur les truies autour de la mise bas non ☐ / oui ☐
  - Si oui, à quelle fréquence :
    - À chaque bande non ☐ / oui ☐
    - Une bande sur 2 non ☐ / oui ☐
    - Autre ☐
  - Quel est le taux de truies concernées (%) ☐
- des congestions mammaires sur les truies suite à la mise bas non ☐ / oui ☐

- Si oui, à quelle fréquence :
  - À chaque bande — non ☐ / oui ☐
  - Une bande sur 2 — non ☐ / oui ☐
  - Autre ☐
- Quel est le taux de truies concernées (%) ☐

- des mammites sur les truies suite à la mise bas — non ☐ / oui ☐
  - Si oui, à quelle fréquence :
    - A chaque bande — non ☐ / oui ☐
    - Une bande sur 2 — non ☐ / oui ☐
    - Autre ☐
  - Quel est le taux de truies concernées (%) ☐

Usage <u>systématique</u> d'antibiotique

- sur truies en maternité — non ☐ / oui ☐
  - Si oui, pour quelles indications :
    - Congestions mammaires — non ☐ / oui ☐
    - Mammites — non ☐ / oui ☐
    - Troubles urinaires — non ☐ / oui ☐
    - Fièvres — non ☐ / oui ☐
    - Autre : ☐
- sur porcelets non sevrés — non ☐ / oui ☐
  - Si oui, pour quelles indications
    - Diarrhées — non ☐ / oui ☐
    - Arthrites / troubles locomoteurs — non ☐ / oui ☐
    - Mortalités brutales — non ☐ / oui ☐
    - Autre : ☐

Usage d'antibiotique <u>en cas de besoin</u>

- sur truies en maternité — non ☐ / oui ☐
  - Si oui, pour quelles indications
    - Congestions mammaires — non ☐ / oui ☐
    - Mammites — non ☐ / oui ☐
    - Troubles urinaires — non ☐ / oui ☐
    - Troubles locomoteurs — non ☐ / oui ☐
    - Fièvres — non ☐ / oui ☐
    - Autre : ☐
- sur porcelets non sevrés — non ☐ / oui ☐
  - Si oui, pour quelles indications
    - Diarrhées — non ☐ / oui ☐
    - Arthrites / troubles locomoteurs — non ☐ / oui ☐
    - Mortalités brutales — non ☐ / oui ☐
    - Autre : ☐

Utilisation de phytothérapie non ☐ / oui ☐

- Si oui, pour quelle indication

Indication	Nom du produit	Posologie
1-		
2-		
3-		

Utilisation d'homéopathie non ☐ / oui ☐

- Si oui, pour quelle indication

Indication	Nom du produit	Posologie
1-		
2-		
3-		

XVII- Conduite et pratiques en post sevrage

Gestion en tout vide - tout plein de chaque salle de post-sevrages non ☐ / oui ☐

Y a-t-il des mélanges de bandes en PS : jamais ☐ / parfois ☐ / toujours ☐

- Si parfois, à quelle fréquence (% de bandes mélangées) .....

Lors du transfert des animaux en post-sevrage, les porcelets sont-ils amenés à traverser des salles occupées par des animaux plus âgés non ☐ / oui ☐

Des petits porcelets peuvent-ils changer de bande et rejoindre des animaux dont le poids serait plus proche du leur en début de post sevrage non ☐ / oui ☐

Des petits porcelets peuvent-ils changer de bande et rejoindre des animaux dont le poids serait plus proche du leur en fin de post sevrage non ☐ / oui ☐

Élevage naisseur-engraisseur ou naisseur post-sevreur :

En cas de sevrage précoce, ces porcelets sont-ils regroupés dans une même case SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Les cases d'animaux en post-sevrage sont constituées :

- En fonction du poids des animaux non ☐ / oui ☐
- En fonction du rang de portées des mères non ☐ / oui ☐

Combien de portées maximums peut il y avoir dans une seule case de post-sevrage .....

Ces portées avaient-elles été en contact en lactation ? non ☐ / oui ☐

Élevage post-sevreur-engraisseur : SO ☐

- Les porcelets sont-ils issus d'une maternité collective non ☐ / oui ☐
- Nombre d'élevages ayant fourni des porcelets au cours de l'année dernière ? .....
- Nombre d'origines dans l'élevage le jour de la visite .....
- Nombre d'origines de porcelets par livraison .....
- Nombre d'origines maximum par salle .....
- Nombre d'origines maximum par case .....

Les animaux sont-ils pesés au sevrage non ☐ / oui ☐

Y a-t-il pratique de tassage / détassage en post-sevrage non ☐ / oui ☐

Les PS sont-ils préchauffés avant l'entrée des animaux Occasionnellement ☐ / non ☐ / oui ☐

- Si oui, combien de temps avant l'entrée des animaux (heures) .....

Température de consigne de ventilation en début de PS (°C) SO ☐ .....

Plage de ventilation en début de PS (en °C) SO ☐ .....

Température de consigne de ventilation en fin de PS (°C) SO ☐ .....

Plage de ventilation en fin de PS (°C) SO ☐ .....

Présence de chauffage non ☐ / oui ☐

- Si oui : consigne de chauffage (°C) .....

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _ _

Les porcelets malades :

- Sont soignés dans leur case non ☐ / oui ☐
- Sont isolés dans le couloir non ☐ / oui ☐
- Sont placés en infirmerie non ☐ / oui ☐

Observez-vous en post-sevrage des manifestations de diarrhée

	En début de post sevrage non ☐ / oui ☐	En fin de post sevrage non ☐ / oui ☐
Si oui, à quelle fréquence	À chaque bande ☐ Une bande sur 2 ☐ Autre ☐	À chaque bande ☐ Une bande sur 2 ☐ Autre ☐
Quel est le taux de porcelets concernés (%)		

Observez-vous en post-sevrage des troubles nerveux non ☐ / oui ☐

- Si oui, à quelle fréquence :
  - À chaque bande ☐
  - Une bande sur 2 ☐
  - Autre ☐
- Quel est le taux de porcelets concernés (%) ☐

Si oui, pour quelle(s) indication(s)	**Usage systématique d'antibiotique en post-sevrage non ☐ / oui ☐**	**Usage d'antibiotique en cas de besoin en post-sevrage non ☐ / oui ☐**
Diarrhées	☐	☐
Arthrites / troubles locomoteurs	☐	☐
Méningite	☐	☐
Maladie de l'œdème	☐	☐
Toux	☐	☐
Éternuements	☐	☐
Blessures	☐	☐
Mortalités brutales	☐	☐
Autre	☐	☐

Utilisation de phytothérapie non ☐ / oui ☐

- Si oui, pour quelle indication

Indication	Nom du produit	Posologie
1-		
2-		
3-		

Utilisation d'homéopathie non ☐ / oui ☐

- Si oui, pour quelle indication

Indication	Nom du produit	Posologie
1-		
2-		
3-		

XVIII- Pratiques et conduite en engraissement

Gestion en tout vide - tout plein de chaque salle d'engraissement non ☐ / oui ☐

Lors du transfert des porcelets du post sevrage vers l'engraissement, les porcs passent-ils par des salles contenant des porcs plus âgés non ☐ / oui ☐

Y a-t-il des mélanges de bandes en engraissement : jamais ☐ / parfois ☐ / toujours ☐

- Si parfois, à quelle fréquence (% de bandes mélangées) .....

Y a-t-il des mélanges de cases de post-sevrage en engraissement jamais ☐ / parfois ☐ / toujours ☐

- Si parfois, à quelle fréquence (% de cases mélangées) .....

Élevages engraisseurs :

- Les porcelets sont-ils issus d'un post-sevrage collectif non ☐ / oui ☐
- Nombre d'élevages ayant fourni des porcelets au cours de l'année dernière ? .....
- Nombre d'origines dans l'élevage .....
- Nombre d'origines de porcelets par livraison .....
- Nombre d'origines maximum par salle .....
- Nombre d'origines maximum par case .....

Les animaux sont-ils pesés à l'entrée en engraissement non ☐ / oui ☐

Y a-t-il pratique de tassage / détassage en début d'engraissement non ☐ / oui ☐

Y a-t-il mélange de bandes en fin d'engraissement, après départ pour l'abattoir non ☐ / oui ☐

Quel est l'écart entre le 1er et le dernier départ à l'abattoir dans une bande (en jours) .....

Les engraissements sont-ils préchauffés avant l'entrée des animaux non ☐ / oui ☐

- Si oui, combien de temps avant l'entrée des animaux (heures) .....

Température de consigne de ventilation en début d'engraissement (°C) SO ☐ .....

Plage de ventilation en début d'engraissement (°C) SO ☐ .....

Température de consigne de ventilation en fin d'engraissement (°C) SO ☐ .....

Plage de ventilation en fin d'engraissement (en °C) SO ☐ .....

Présence de chauffage non ☐ / oui ☐

- Si oui : consigne de chauffage (°C) .....
- Le chauffage reste t'il durant toute la période d'engraissement non ☐ / oui ☐
  - Si non : combien de temps (en semaines) .....

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _ _

Les porcelets malades :

- Sont soignés dans leur case non ☐ / oui ☐
- Sont isolés dans le couloir non ☐ / oui ☐
- Sont placés en infirmerie non ☐ / oui ☐

Si oui, pour quelle(s) indication(s)	**Usage <u>systématique</u> d'antibiotique en engraissement** non ☐ / oui ☐	**Usage d'antibiotique <u>en cas de besoin</u> en engraissement** non ☐ / oui ☐
Diarrhées	☐	☐
Arthrites / troubles locomoteurs	☐	☐
Méningite	☐	☐
Toux	☐	☐
Blessures	☐	☐
Mortalités brutales	☐	☐
Autre	.....	.....

Utilisation de phytothérapie non ☐ / oui ☐

- Si oui, pour quelle indication

Indication	Nom du produit	Posologie
1-		
2-		
3-		

Utilisation d'homéopathie non ☐ / oui ☐

- Si oui, pour quelle indication

Indication	Nom du produit	Posologie
1-		
2-		
3-		

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _ _

XIX- Conduite et pratiques en verraterie-gestantes

Quelle est le type de conduite en gestante :

- Conduite statique (les truies sont conduites par bande) ☐
- Conduite dynamique (des bandes de truies sont mélangées) ☐

Allotez vous les truies par rang de portée ? non ☐ / oui ☐ / pas systématiquement ☐

Regroupez-vous les cochettes ensemble séparées des truies ? non ☐ / oui ☐ / pas systématiquement ☐

Allotez vous les truies par gabarit ? non ☐ / oui ☐ / pas systématiquement ☐

Les truies sont-elles bloquées en verraterie *? non ☐ / oui ☐

- Si oui, combien de jours après l'IA sont-elles remises en groupe .....

** Si les truies sont bloquées simplement pour réaliser les inséminations, on ne considèrera pas ici que les truies sont bloquées en verraterie*

Y a-t-il un flushing alimentaire sur les truies au sevrage non ☐ / oui ☐

- Si oui, quelle quantité d'aliment est distribuée par jour / truie .....
- Pendant combien de jours .....

Réalisez-vous des épaisseurs de lard dorsal (ELD) ?
non ☐ / oui à toutes les bandes ☐ / sur certaines bandes ☐

Les quantités d'aliment distribuées sont-elles constantes durant toute la gestation non ☐ / oui ☐

- Si non,
- Pratiquez-vous une courbe en U ? non ☐ / oui ☐
- Augmentez-vous la quantité d'aliment pour les truies maigres ? non ☐ / oui ☐

Les quantités d'aliment distribuées quotidiennement évoluent elles en fonction de la température ambiante non ☐ / oui ☐

Si oui :

- À partir de quelle température les rations sont-elles augmentées ? .....
- En dessous de ce seuil, quelle quantité d'aliment est distribuée en plus par truie par jour .....

Quelle est la fréquence de lavage du bâtiment gestante (nombre / an) .....

Les truies sont fécondées :

- Par saillie naturelle non ☐ / oui ☐
  - Si oui, % des truies saillies .....
- Par insémination artificielle non ☐ / oui ☐
  - Si oui, % des truies inséminées .....

  ↳ **Si insémination artificielle**
- Prélèvement de la semence à ferme non ☐ / oui ☐

  Si oui, % des doses prélevées à la ferme .....

  ↳ **Si semence prélevée à la ferme, contrôlez-vous la qualité de la semence ?** non ☐ / oui ☐
- Achat de doses non ☐ / oui ☐

  Si oui % de doses achetées .....

Si verraterie-gestante en plein air :

- Les verrats sont élevés en plein air — non ☐ / oui ☐
- Les verrats sont séparés des truies — non ☐ / oui ☐
- Si non, assurent t'ils les retours en chaleur (font ils les saillies des truies en retour ?) — non ☐ / oui ☐
- Nombre de truieE/Parc .....
- Surface du parc (m²) .....

Nombre de verrats présents dans l'élevage .....

Origine des verrats

- Achat extérieur — non ☐ / oui ☐
- Autoproduction — non ☐ / oui ☐

Après le sevrage passez-vous le verrat devant les truies ? — non ☐ / oui ☐

Si oui, à partir de quand ?

- Dès le jour du sevrage ☐
- Dès le lendemain du sevrage ☐
- 2 jours après sevrage ☐
- 3 jours après sevrage ☐
- Autre .....

Le verrat est-il en contact constant avec les truies ? — non ☐ / oui ☐

Si non, combien de fois par jour passez-vous le verrat devant les truies .....

Pendant combien de jours passez-vous le verrat devant les truies ou le verrat est-il en contact avec les truies ? .....

IA sur chaleur détectée — non ☐ / oui ☐

IA en présence du verrat — non ☐ / oui ☐

Truies bloquées à l'IA — non ☐ / oui ☐

Nombre d'IA par truie .....

Stockage des doses dans armoire spécifique — non ☐ / oui ☐

Nettoyage des vulves à l'IA — non ☐ / oui ☐

- Si oui, comment pratiquez-vous ? .....

Déplacement des truies entre 5 et 21 jours de gestation — non ☐ / oui ☐

Observez-vous des écoulements vulvaires sur les truies gestantes ? — non ☐ / oui ☐

- Si oui, à quelle fréquence
  - À chaque bande — non ☐ / oui ☐
  - Une bande sur 2 — non ☐ / oui ☐
  - Autre .....
- Quel est le taux de truies concernées (%) .....

Si oui, pour quelle(s) indication(s)	**Usage <u>systématique</u> d'antibiotique sur les truies** non ☐ / oui ☐	**Usage d'antibiotique <u>en cas de besoin</u> sur les truies** non ☐ / oui ☐
Troubles de la fertilité	☐	☐
Avortements	☐	☐
Troubles urinaires	☐	☐
Écoulements vulvaires	☐	☐
Troubles locomoteurs	☐	☐
Troubles respiratoires	☐	☐
Diarrhées	☐	☐
Mortalité	☐	☐
Autre	.....	.....

Si oui, pour quelle(s) indication(s)	**Usage <u>systématique</u> d'antibiotique sur les verrats** non ☐ / oui ☐	**Usage d'antibiotique <u>en cas de besoin</u> sur les verrats** non ☐ / oui ☐
Troubles de la fertilité	☐	☐
Qualité de semence	☐	☐
Troubles urinaires	☐	☐
Troubles locomoteurs	☐	☐
Troubles respiratoires	☐	☐
Diarrhées	☐	☐
Mortalité	☐	☐
Autre	.....	.....

Utilisation de phytothérapie non ☐ / oui ☐

- Si oui, pour quelle indication

Indication	Nom du produit	Posologie
1-		
2-		
3-		

Utilisation d'homéopathie non ☐ / oui ☐

- Si oui, pour quelle indication

Indication	Nom du produit	Posologie
1-		
2-		
3-		

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _ _

XX- Conduite et pratiques en quarantaine et renouvellement du troupeau

Y a-t-il présence d'une quarantaine pour tout nouvel animal entrant dans l'élevage :

- Pour les reproducteurs non ☐ / oui ☐
- Pour les porcelets SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Si quarantaine pour les reproducteurs, à quel poids entrent-ils (en kg) : .....

Quantité d'aliment distribué par jour et par animal .....

Origine des cochettes :

- Autorenouvellement non ☐ / oui ☐
- Achat extérieur non ☐ / oui ☐
- Si à la fois autorenouvellement et achat de cochettes, quelle part du renouvellement représente l'achat de reproducteurs (% de cochettes) .....

Si autorenouvellement :

- Les cochettes passent-elles par la quarantaine **?** non ☐ / oui ☐
- Les cochettes sont séparées des animaux de production
  - Au sevrage (8-12 kg) ☐
  - En fin de post-sevrage (25-35 kg) ☐
  - En fin d'engraissement (90-110 kg) ☐
  - Autre ☐

Si achat de cochettes :

- Quel est le poids d'arrivée des animaux
  - Au sevrage (8-12 kg) ☐
  - En fin de post-sevrage (25-35 kg) ☐
  - En fin d'engraissement (90-110 kg) ☐
  - Autre ☐

Nombre d'origines de cochettes depuis 2 ans .....

Intervalle entre 2 livraisons de lots de cochettes différents (en semaines) .....

Nombre de cochettes par lot de livraison .....

Passage des verrats par la quarantaine non ☐ / oui ☐

Gestion en tout vide - tout plein de chaque salle de quarantaine non ☐ / oui ☐

Plusieurs lots issus de livraisons différentes peuvent-ils cohabiter dans la même salle de quarantaine non ☐ / oui ☐

Temps passé par l'éleveur en quarantaine chaque jour (en min) .....

- Dont temps passé à les nourrir .....
- Dont temps passé à les abreuver .....
- Dont temps passé à les vacciner .....

À part cela, que faites-vous avec les cochettes en quarantaine (réponse libre – ex : leur parler, les observer, les caresser, les apprivoiser, les gratter)

Combien de temps par jour consacrez-vous à ces activités avec les cochettes (en min) .....

Synchronisation des cochette avec de l'altrénogest (Régumate®) non ☐ / oui ☐

Nombre de chaleurs observées avant la synchronisation .....

Mode de distribution de l'altrénogest

- sur l'aliment non ☐ / oui ☐
- dans la gueule non ☐ / oui ☐
- sur une poignée d'aliment non ☐ / oui ☐
- dans l'eau non ☐ / oui ☐
- autre .....

Nombre de jours de distribution de l'altrénogest .....

Observez-vous sur les cochettes des anœstrus (problème de venues en chaleur) non ☐ / oui ☐

- Si oui, à quelle fréquence
  - A chaque bande non ☐ / oui ☐
  - Une bande sur 2 non ☐ / oui ☐
  - Autre .....
- Quel est le taux de cochettes concernées (%) .....

Si oui, pour quelle(s) indication(s)	**Usage <u>systématique</u> d'antibiotique sur les cochettes** non ☐ / oui ☐	**Usage d'antibiotique <u>en cas de besoin</u> sur les cochettes** non ☐ / oui ☐
Arthrites / troubles locomoteurs	☐	☐
Méningite	☐	☐
Toux	☐	☐
Diarrhées	☐	☐
Blessures	☐	☐
Mortalités brutales	☐	☐
Autre	.....	.....

Utilisation de phytothérapie non ☐ / oui ☐

- Si oui, pour quelle indication

Indication	Nom du produit	Posologie
1-		
2-		
3-		

Utilisation d'homéopathie non ☐ / oui ☐

- Si oui, pour quelle indication

Indication	Nom du produit	Posologie
1-		
2-		
3-		

XXI- Infirmerie

Un local est-il dédié à l'infirmerie non ☐ / oui ☐

Si oui,

Sont déplacés en infirmerie :

- Des cochettes malades ou nécessitant un isolement non ☐ / oui ☐
- Des truies malades ou nécessitant un isolement non ☐ / oui ☐
- Des porcelets non sevrés malades ou nécessitant un isolement non ☐ / oui ☐
- Des porcelets de post-sevrage malades ou nécessitant un isolement non ☐ / oui ☐
- Des porcs charcutiers malades ou nécessitant un isolement non ☐ / oui ☐

Séparez-vous les animaux d'âge différents par case dans l'infirmerie non ☐ / oui ☐

Les animaux placés en infirmerie

- Finissent leur croissance en infirmerie non ☐ / oui ☐
- Rejoignent leur bande non ☐ / oui ☐
- Rejoignent des porcs d'une autre bande non ☐ / oui ☐

Effectif d'animaux présents en infirmerie le jour de la visite : .....

Les locaux sont-ils lavés en l'absence d'animaux ? non ☐ / oui ☐

- Si oui, à quelle fréquence (nb/an) .....

Les locaux sont-ils désinfectés non ☐ / oui ☐

- Si oui, à quelle fréquence (nb/an) .....

Un vide sanitaire est-il réalisé à l'issue des opérations de nettoyage et de désinfection non ☐ / oui ☐

- Si oui, durée minimum (en jours) .....

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _ _

XXII- Relation homme animal

Parlez-vous aux animaux quand vous passez dans les cases ? non ☐ / oui ☐

Touchez-vous les animaux quand vous passez dans les cases ? non ☐ / oui ☐

Pensez-vous que les animaux ressentent des émotions (peur, plaisir) ? non ☐ / oui ☐ / NSP ☐

Pensez-vous que le comportement de l'homme peut être source de tensions avec l'animal ?
non ☐ / oui ☐ / NSP ☐

Pensez-vous qu'ils ont des capacités pour apprendre ? non ☐ / oui ☐ / NSP ☐

Pensez-vous que les porcs vous reconnaissent ? non ☐ / oui ☐ / NSP ☐

Diriez-vous que vous êtes proche de vos porcs, que vous avez un lien particulier avec eux ?

- Oui, très proche de tous les porcs ☐
- Oui, avec la plupart des porcs ☐
- Oui, mais seulement avec quelques porcs ☐
- Non pas du tout ☐

Diriez-vous que si vous vous sentez bien, alors vos porcs le ressentent et vont bien aussi ?
non☐ / oui☐ / NSP☐

A l'inverse, diriez-vous que lorsque vous n'êtes pas en forme (physique, mentale), les porcs peuvent le ressentir ?
non☐ / oui☐ / NSP☐

NSP = ne sait pas

XXIII- Ergonomie au travail

Quel est votre temps de travail journalier dans votre exploitation (nombre d'heures) ? .....

Quel est votre temps de travail journalier dans l'élevage de porcs (nombre d'heures) ? .....

Quels jours de la semaine travaillez-vous dans votre exploitation ?

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Matin	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Après-midi	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Quels jours de la semaine travaillez-vous à l'atelier porcs ?

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Matin	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Après-midi	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Combien de jours de congés prenez-vous dans l'année ? .....

Parmi les tâches citées ci-dessous, quelles sont les 3 les plus pénibles selon vous ?

- Identification / tatouage des animaux ☐
- Déplacement des animaux ☐
- Injections (vaccinations, antibiotiques, anti-inflammatoires …) ☐
- Castration des porcelets ☐
- Nettoyage / désinfection des salles ☐
- Entretien des clôtures ☐
- Débroussaillage ☐
- Alimentation des porcs ☐
- Autres ☐ Précisez .....

Diriez-vous que vous vous êtes senti fatigué sur les 6 derniers mois (mentale et/ou physique) ?

- En permanence ☐
- Quelques jours dans la semaine ☐
- Quelques jours dans le mois ☐
- Rarement ☐

La force musculaire requise pour votre travail est-elle :

- Faible ☐
- Moyenne ☐
- Importante ☐
- Très grande ☐

Portez-vous des charges lourdes au cours d'une journée de travail ?

- Souvent ☐
- Parfois ☐
- Rarement ☐

- Jamais ☐

Après votre travail, la fatigue musculaire dans les membres supérieurs est-elle :

- Faible ☐
- Modérée ☐
- Forte ☐
- Très forte ☐

Après votre travail, la fatigue musculaire dans les membres inférieurs est-elle :

- Faible ☐
- Modérée ☐
- Forte ☐
- Très forte ☐

Pour votre travail avec les porcs, avez-vous équipé votre élevage de matériel(s) spécifique(s) pour vous faciliter les tâches (port de seaux, de charges lourdes, contention ou déplacement des porcs,…)

non ☐ / oui ☐

↳ Si oui, pourriez-vous préciser ces matériels ?

Souffrez-vous particulièrement des conditions climatiques ? non ☐ / oui ☐

↳ Si oui, à quelle saison

- Printemps ☐
- Eté ☐
- Automne ☐
- Hiver ☐

Êtes-vous équipé spécifiquement pour faire face à ces conditions ? non ☐ / oui ☐

↳ Si oui, que portez-vous ?

Tenue		**Période chaude**		**Période froide**
T-shirt		☐		☐
Un pantalon		☐		☐
Un short		☐		☐
Une cotte		☐		☐
Un pull, polaire ou sweat-shirt		☐		☐
Plusieurs pulls, polaires ou sweat-shirts		☐		☐
des sous-vêtements thermiques		☐		☐
Un bonnet		☐		☐
Des gants		☐		☐
Autres, précisez		☐		☐

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _ _

XXIV- Compléments descriptifs

Comment êtes-vous venu à l'élevage de porcs en système alternatif ?

- Choix familial ☐
- Choix personnel ☐
- Choix économique/rentabilité ☐
- Choix passionnel ☐
- Autre : ☐
  - ↳ préciser : .....

Exploitation adhérente à un groupement de producteur non ☐ / oui ☐

- Si oui, lequel .....

Encadrement technico-sanitaire

- Nom du technicien de l'élevage .....
- Nom du vétérinaire de l'élevage .....

La personne répondant à ce questionnaire est … :

- Un homme ☐ ou une femme ☐
- le chef d'exploitation : ☐,
- le chef d'élevage : ☐,
- le (un des) porcher(s) : ☐,
- autre : ☐
  - ↳ préciser : .....
- Niveau d'études : .....
- Depuis combien d'années la personne répondant travaille-t-elle dans l'élevage .....

Âge du chef d'exploitation : .....

Et enfin, avez-vous un registre d'élevage ? non ☐ / oui ☐

↳**Si oui, nous allons le renseigner.**

MERCI pour votre participation et le temps consacré au remplissage de ce questionnaire !

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _

Annexe 3- Questionnaire « mesures et observations ».

Observations et mesures par **l'enquêteur**

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ ELEV/ / _ _ _ _ _ _

Date de réalisation de ce questionnaire : ……./……./……..

Nom de l'enquêteur .....

Température extérieure le jour de la visite (°C) .....

(Programmer un appareil de mesure pour un fonctionnement autonome pendant la journée de visite)

APPAREIL TESTO n° inventaire ..... ***Sonde n°*** .....

Condition météorologique le jour de la visite (choix multiple possible) :

- Ensoleillé ☐
- Nuageux ☐
- Brumeux ☐
- Pluvieux ☐
- Orageux ☐
- Venteux ☐

Heure du début de réalisation du questionnaire « observations et mesures » .....

Heure de la fin de réalisation du questionnaire « observations et mesures » .....

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _

I- Maternité

Choix de la bande / salle

*Porcelets dans la **gamme d'âge 2-4 semaines**, si possible de 3 semaines de vie*

Possibilité de sélectionner des portées dans plusieurs bandes dans la gamme d'âge si <10 portées dans la bande ou si absence de conduite en bandes

- ***Si moins de 10 portées dans la gamme d'âge***
  - *Sélectionner toutes les portées*
  - *Observer 30/n porcelets par portée, n étant le nombre de portées sélectionnées*
  - *Si le nombre de porcelets dans l'ensemble des portées sélectionnées est < 30, observer tous les porcelets*
- ***Si plus de 10 portées dans la gamme d'âge***
  - *Tirage au sort de 10 portées, avec 3 premières portées, 4 truies dont le rang de portée est compris entre 2 et 4, et 3 truies dont le rang de portée est supérieur ou égal à 5*
  - *Observer 3 porcelets par portée, si possible tirés au sort*
  - *Observer 30/n porcelets par portée, 'n' étant le nombre de portées sélectionnées*

Maternités en général

Bâtiment fermé (y compris courettes extérieures) non ☐ / oui ☐

- Sans ouverture sur l'extérieur ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec filet brise-vent ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec barrières ajourées sur l'extérieur ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec barrière non ajourées sur l'extérieur ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec surface pleine mais ajourée sur l'extérieur au niveau des fixations ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec fil électrique extérieur ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec fil électrique intérieur ☐
- Présence de fenêtres fermées ☐
- Présence de fenêtres ouvertes ou cassées ☐
- Autre .....

Présence de courettes extérieures : non ☐ / oui ☐

- Cloisons entre courette et extérieur de la case faites de barrières ajourées ☐
- Cloisons entre courette et extérieur de la case faites de barrières non ajourées ou muret ☐
- Cloisons entre courette et extérieur de la case faites mais ajourées sur l'extérieur au niveau des fixations ☐
- Courettes couvertes par une toiture ? non ☐ / oui ☐
  - ↳**Si oui, courettes couvertes en intégralité** non ☐ / oui ☐
  - ↳**Si la courette n'est couverte que sur une partie, la partie non couverte se situe :**
    - À l'extrémité de la courette ☐
    - Au milieu de la courette (ouverture sous forme de puits) ☐

Entretien du bâtiment : SO ☐

- Présence de trous dans les cloisons extérieures non ☐ / oui ☐
- Présence de trous dans les cloisons intérieures non ☐ / oui ☐
- Présence de trous dans la toiture non ☐ / oui ☐
- Présence de fenêtre cassée non ☐ / oui ☐
- Présence de matériel usagé dans les couloirs non ☐ / oui ☐

▪ **Parcs plein air avec cabanes** non ☐ / oui ☐

Si maternité avec accès plein air

- Présence d'un mur plein de minimum 1,3 mètres de haut entre la partie plein air et l'extérieur de l'élevage non ☐ / oui ☐

- Présence d'une clôture extérieure grillagée de 1,3 m de haut minimum, avec poteaux fixes + dispositif empêchant le passage d'un sanglier sous la clôture (rabat grillagé enterré sur l'extérieur ou 2 fils électriques à l'extérieur électrifiés en permanence - cf. Vade mecum) non ☐ / oui ☐
- Présence d'une clôture intérieure soit grillagée (solidité empêchant le franchissement par un porc), soit électrique à plusieurs fils électriques superposés avec électrification permanente permettant de repousser les porcs (cf. Vade mecum) non ☐ / oui ☐
- Présence d'une simple clôture électrifiée des 2 côtés (cf. Vade mecum) non ☐ / oui ☐

Entretien de la clôture :

- Présence de brèches dans la clôture extérieure, ou détériorations non ☐ / oui ☐ / SO ☐
- Clôture électrique fonctionnelle (connectée au courant) non ☐ / oui ☐ / SO ☐
- Intégrité de la clôture électrique non ☐ / oui ☐ / SO ☐
- Désherbage autour de la clôture électrique empêchant le contact entre les fils et la végétation non ☐ / oui ☐ / SO ☐

Autour des parcs, présence de :

- Champs cultivés non ☐ / oui ☐
- Forêts / bosquets non ☐ / oui ☐
- Haie non ☐ / oui ☐
- Talus non ☐ / oui ☐

Parcs maternité **Individuels** ☐ **collectifs** ☐

Si collectif, nombre de truies par parc .....

Type de cabanes :

- ½ lune non ☐ / oui ☐
- Ronde non ☐ / oui ☐
- Type chalet non ☐ / oui ☐
- Autre .....

Surface de la cabane (m²) .....

Nombre de truies par cabane .....

Entretien et état des cabanes : présence de trous (hors porte et trappe de visite) favorisant des entrées d'air parasite non souhaitées (sondage sur 5 cabanes) non ☐ / oui ☐

Densité du couvert végétal :

- Pas assez (< 10% de surface avec végétation) ☐
- Correcte ☐
- Trop (impossibilité de voir les porcelets à travers le couvert durant la visite) ☐

Type de sol (plein air) :

- Argileux non ☐ / oui ☐
- Sableux non ☐ / oui ☐
- Caillouteux non ☐ / oui ☐
- Calcaire non ☐ / oui ☐
- Pentu non ☐ / oui ☐
- Boisé non ☐ / oui ☐

Présence de zones ombragées dans les parcs non ☐ / oui ☐

Si oui

- Zones naturelles (arbres…) non ☐ / oui ☐
- Zones artificielles (ombrières…) non ☐ / oui ☐

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _ _

- Maternité visitée

Pédiluve à l'entrée de la salle de maternité non ☐ / oui ☐

Age des porcelets (en semaines) .....

Nombre de truies dans la salle .....

Nombre de porcelets dans la salle visitée .....

Présence de truies de bandes différentes dans la salle non ☐ / oui ☐

Type de matériaux pour le bâtiment (en contact avec les animaux) : SO ☐

- Bois non ☐ / oui ☐
- Brique non ☐ / oui ☐
- Béton non ☐ / oui ☐
- Plastique non ☐ / oui ☐

Type de cases (pour les truies en bâtiment) : SO ☐

- Bloquée non ☐ / oui ☐
- Liberté non ☐ / oui ☐
- Ascenseur non ☐ / oui ☐
- Autre .....

Type de sol (si non plein air) :	SO ☐	**Neuf**	**Rugueux**	**Abrasif**
- Caillebotis intégral	non ☐ / oui ☐	☐	☐	☐
- Gisoir partiel	non ☐ / oui ☐	☐	☐	☐
- Sol bétonné	non ☐ / oui ☐	☐	☐	☐
- Paille	non ☐ / oui ☐			
- Sciure	non ☐ / oui ☐			
- Terre battue	non ☐ / oui ☐			
- Autre	.....	☐	☐	☐

↳**Si caillebotis** SO ☐

- Béton non ☐ / oui ☐
- Plastique non ☐ / oui ☐
- Fil non ☐ / oui ☐
- Fonte non ☐ / oui ☐

Sol propre (moins de 25 % de la surface est souillée) non ☐ / oui ☐

Sol humide (> 50% de la surface est humide) non ☐ / oui ☐

Type de ventilation SO ☐ **Statique** ☐ **Dynamique** ☐

Entrées d'air : SO ☐

- A partir des combles non ☐ / oui ☐
- A partir du couloir extérieur du bâtiment non ☐ / oui ☐
- A partir de l'extérieur du bâtiment non ☐ / oui ☐
- A partir du couloir de la salle (système suisse) non ☐ / oui ☐
- Autre .....

Humidité / condensation sur parois et/ou murs non ☐ / oui ☐

Présence d'un thermomètre mini maxi non ☐ / oui ☐

- Si oui, écart maximum de température .....

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _

Présence d'un nid ou d'un espace délimité pour les porcelets (y compris pour cabanes plein air) non ☐ / oui ☐

Présence d'un tapis pour les porcelets (SO ☐ si plein-air) non ☐ / oui ☐

Présence d'une plaque chauffante pour les porcelets (SO ☐ si plein-air) non ☐ / oui ☐

Présence d'une lampe pour les porcelets (SO ☐ si plein-air) non ☐ / oui ☐

Présence d'une sonde spécifique pour la gestion des températures du nid (SO ☐ si plein-air) non ☐ / oui ☐

Prise de température au niveau du nid / sous la lampe (°C) .....

Etalement des porcelets sous le nid (*comptage sur 10 cases ; ne pas compter les portées pour lesquelles les porcelets tètent*) : Non observable ☐

- Nombre de portées où les porcelets sont en tas sous la lampe .....
- Nombre de portées où les porcelets sont étalés sous la lampe .....
- Nombre de portées où les porcelets sont étalés en périphérie de la lampe .....

Communication possible : (SO ☐ si plein-air)

- Des flux d'air avec d'autres salles de maternité **d'une bande différente** non ☐ / oui ☐
- Des flux d'air avec d'autres salles de l'élevage (autre que les maternités) non ☐ / oui ☐
- Du lisier avec d'autres salles de maternité SO ☐ non ☐ / oui ☐
- Du lisier avec d'autres salles de l'élevage (autre que les maternités) SO ☐ non ☐ / oui ☐
- Des porcs (ex : contacts groin à groin) avec d'autres porcs d'autres salles de maternité non ☐ / oui ☐
- Des porcs (ex : contacts groin à groin) avec d'autres porcs d'autres salles de l'élevage (autre que les maternités) non ☐ / oui ☐

Observation d'insectes volants (pas à renseigner en plein-air) non ☐ / + ☐ / ++ ☐ / +++ ☐

(0 : absence d'insectes / + : quelques insectes – quand on les cherche, on les trouve / ++ : entre + et +++ / +++ : beaucoup d'insectes volants – nous sommes gênés - > 5-6 par porc)

Présence de rodenticide ou d'appât : non ☐ / oui ☐

Observation de traces de rongeurs non ☐ / oui ☐

Présence d'oiseaux dans les bâtiments le jour de la visite SO ☐ non ☐ / oui ☐

Présence de nids d'oiseaux dans les bâtiments d'élevage SO ☐ non ☐ / oui ☐

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _ _

Alimentation des truies :

- Alimentation individuelle ☐ Alimentation collective ☐
- Système d'alimentation
  - Nourrisseur non ☐ / oui ☐
    Longueur de nourrisseur par truie (cm) .....
  - Nourrissoupe non ☐ / oui ☐
    Nombre de truies par nourrissoupe .....
  - Auge non ☐ / oui ☐
    Longueur d'auge par truie (cm) .....
  - Au sol non ☐ / oui ☐
  - Autre .....
- Eau à volonté / présence d'abreuvoir ou de pipettes pour les truies non ☐ / oui ☐

Alimentation des porcelets

- Système d'alimentation
  - Nourrisseur non ☐ / oui ☐
  - Nourrissoupe non ☐ / oui ☐
  - Augettes non ☐ / oui ☐
  - Autre .....
- Présence d'aliment pour les porcelets non ☐ / oui ☐
- Abreuvoir spécifique aux porcelets non ☐ / oui ☐
- Type d'abreuvement :
  - Bol non ☐ / oui ☐
  - Pipette non ☐ / oui ☐
  - Gamelle - augettes non ☐ / oui ☐
- Présence de matières fécales dans les abreuvoirs non ☐ / oui ☐
- Présence d'aliment dans les abreuvoirs non ☐ / oui ☐

Enrichissement du milieu pour les truies, non ☐ / oui ☐

↳**Si oui, présence de**

- Paille en litière non ☐ / oui ☐
- Paille hachée en libre accès non ☐ / oui ☐
- Paille longue, foin ou autre fourrage en libre accès non ☐ / oui ☐
- Toiles de jute non ☐ / oui ☐
- Pieuvre en bois non ☐ / oui ☐
- Carton, papier déchiqueté non ☐ / oui ☐
- Corde naturelle non ☐ / oui ☐
- Chaine non ☐ / oui ☐
- Bois non ☐ / oui ☐
- Jouet non ☐ / oui ☐
- Tuyaux non ☐ / oui ☐
- Ballon non ☐ / oui ☐
- Autre .....

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _ _

Enrichissement du milieu pour les porcelets, non ☐ / oui ☐

↳**Si oui, présence de**

- Paille en litière non ☐ / oui ☐
- Paille hachée en libre accès non ☐ / oui ☐
- Paille longue, foin ou autre fourrage en libre accès non ☐ / oui ☐
- Toiles de jute non ☐ / oui ☐
- Pieuvre en bois non ☐ / oui ☐
- Carton, papier déchiqueté non ☐ / oui ☐
- Corde naturelle non ☐ / oui ☐
- Chaine non ☐ / oui ☐
- Bois non ☐ / oui ☐
- Jouet non ☐ / oui ☐
- Tuyaux non ☐ / oui ☐
- Ballon non ☐ / oui ☐
- Autre .....

Les matériaux d'enrichissement sont utilisés par :

- Les truies non ☐ / oui ☐
- Les porcelets non ☐ / oui ☐

On regardera ici si les objets présentent des traces d'utilisation

Présence de stéréotypie sur les truies de la salle ou du parc non ☐ / oui ☐

Toux de porcelets (comptage au niveau de la salle)

- Si possible : Nombre de toux sur 6 minutes .....
- Si comptage impossible, avez-vous entendu des toux sur les porcelets lors de la visite ? non ☐ / oui ☐

Éternuements de porcelets (comptage au niveau de la salle)

- Nombre d'éternuements sur 6 minutes .....
- Si comptage impossible :

  avez-vous entendu des éternuements sur les porcelets lors de la visite ? non ☐ / oui ☐

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _ _ _

Notation individuelle sur les truies (10 animaux) **MATERNITÉ**

	N° boucle	Truies :									
Observation	**Système de notation**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Note d'état[1]	1 à 6										
Propreté[2]	0 à 2										
Boiterie[3]	0 à 3										
Abcès à l'encolure	Oui (1) Non (0)										
Escarres [4]	Oui (1) Non (0)										
Lésion de vulve	Oui (1) Non (0)										
Prolapsus vaginal	Oui (1) Non (0)										
Mammite	Oui (1) Non (0)										
Congestion mammaire	Oui (1) Non (0)										
Stéréotypie[5]	Oui (1) Non (0)										

Notation sur la portée

Observation	**N° boucle TRUIE**	**Attribuer une note de 1 à 4 à la portée**									
	Système de notation	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Diarrhées sur les porcelets[1]	**1 à 4**										

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _ _ _

Notation sur les porcelets (30 animaux) **MATERNITÉ**

Observation		Portée : indiquer le nombre de porcelets par portée selon le critère									
	N° boucle Truie										
	Note	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Propreté[2]	**0**										
	1										
	2										
Boiterie[3]	**0**										
	1										
	2										
	3										
Griffures[4] sur 1 côté du porc	**0**										
	1										
	2										
Blessures[5] sur 1 côté du porc	**0**										
	1										
	2										
Lésions au niveau des babines	**Non**										
	Oui										
Hernies inguinales	**Non**										
	Oui										
Hernies ombilicales	**Non**										
	Oui										
Maigreur[1]	**Non**										
	Oui										

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _

Verraterie - Gestantes

Demander si une salle dédiée aux cochettes,

↳ *si oui : TAS de 3 cochettes gestantes dans cette salle + 27 truies, si possible TAS, dans 1 salle gestantes TAS*

↳ *si non, TAS d'une salle de gestantes et de sélection de 30 truies (si possible TAS) dans la salle [10 de ces truies seront prélevées]*

Pour la partie gestantes en général

Bâtiment fermé (y compris courettes extérieures) non ☐ / oui ☐

- Sans ouverture sur l'extérieur ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec filet brise-vent ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec barrières ajourées sur l'extérieur ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec barrière non ajourées sur l'extérieur ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec surface pleine mais ajourée sur l'extérieur au niveau des fixations ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec fil électrique extérieur ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec fil électrique intérieur ☐
- Présence de fenêtres fermées ☐
- Présence de fenêtres ouvertes ou cassées ☐
- Autre .....

Présence de courettes extérieures : non ☐ / oui ☐

- Cloisons entre courette et extérieur de la case faites de barrières ajourées ☐
- Cloisons entre courette et extérieur de la case faites de barrières non ajourées ou muret ☐
- Cloisons entre courette et extérieur de la case faites mais ajourées sur l'extérieur au niveau des fixations ☐
- Courettes couvertes par une toiture ? non ☐ / oui ☐
  - ↳**Si oui, courettes couvertes en intégralité** non ☐ / oui ☐
  - ↳**Si la courette n'est couverte que sur une partie, la partie non couverte se situe :**
    - A l'extrémité de la courette ☐
    - Au milieu de la courette (ouverture sous forme de puits) ☐

↳**Si bâtiment fermé : zone d'élevage physiquement délimitée empêchant tout contact entre les suidés domestiques et suidés sauvages (notamment à travers les barrières ajourées)** non ☐ / oui ☐

Entretien du bâtiment : SO ☐

- Présence de trous dans les cloisons extérieures non ☐ / oui ☐
- Présence de trous dans les cloisons intérieures non ☐ / oui ☐
- Présence de trous dans la toiture non ☐ / oui ☐
- Présence de fenêtre cassées non ☐ / oui ☐
- Présence de matériel usagé dans les couloirs non ☐ / oui ☐

Type de matériaux pour le bâtiment (en contact avec les animaux) : SO ☐

- Bois non ☐ / oui ☐
- Brique non ☐ / oui ☐
- Béton non ☐ / oui ☐

Présence d'un bloc "verraterie" avec truies bloquées non ☐ / oui ☐

Nombre de truies par case ou par parc

Surface de la case dehors de l'auge (m²) *

** si plein air= non concerné : la surface du parc est demandée à l'éleveur par le questionnaire dédié*

Parcs plein air avec cabanes

non ☐ / oui ☐

↳Si gestante avec accès plein air :

- Présence d'un mur plein de minimum 1,3 mètres de haut entre la partie plein air et l'extérieur de l'élevage non ☐ / oui ☐
- Présence d'une clôture extérieure grillagée de 1,3 m de haut minimum, avec poteaux fixes + dispositif empêchant le passage d'un sanglier sous la clôture (rabat grillagé enterré sur l'extérieur ou 2 fils électriques à l'extérieur électrifiés en permanence - cf. Vade mecum) non ☐ / oui ☐
- Présence d'une clôture intérieure soit grillagée (solidité empêchant le franchissement par un porc), soit électrique à plusieurs fils électriques superposés avec électrification permanente permettant de repousser les porcs (cf. Vade mecum) non ☐ / oui ☐
- Présence d'une simple clôture électrifiée des 2 côtés (cf. Vade mecum) non ☐ / oui ☐

▪ **Entretien de la clôture :** SO ☐

- Présence de brèches dans la clôture extérieure, ou détériorations non ☐ / oui ☐ / SO ☐
- Clôture électrique fonctionnelle (connectée au courant) non ☐ / oui ☐ / SO ☐
- Intégrité de la clôture électrique non ☐ / oui ☐ / SO ☐
- Désherbage autour de la clôture électrique empêchant le contact entre les fils et la végétation non ☐ / oui ☐ / SO ☐

▪ **Autour des parcs, présence de :** SO ☐

- Champs cultivés non ☐ / oui ☐
- Forêts / bosquets non ☐ / oui ☐
- Haie non ☐ / oui ☐
- Talus non ☐ / oui ☐

▪ **Type de cabanes :** SO ☐

- ½ lune non ☐ / oui ☐
- Ronde non ☐ / oui ☐
- Type chalet non ☐ / oui ☐
- Yourtes non ☐ / oui ☐
- Autre

▪ **Nombre de cabanes par bande**

▪ **Nombre de cabanes par parc**

▪ **Surface de la cabane en plein air (m²)**

▪ **Entretien et état des cabanes : présence de trous (hors porte et trappe de visite) favorisant des entrées d'air parasite non souhaitées** non ☐ / oui ☐

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _

- **Type de sol (plein air) :** SO ☐
  - Argileux non ☐ / oui ☐
  - Sableux non ☐ / oui ☐
  - Caillouteux non ☐ / oui ☐
  - Calcaire non ☐ / oui ☐
  - Pentu non ☐ / oui ☐
  - Boisé non ☐ / oui ☐

- **Densité du couvert végétal :** SO ☐
  - Pas assez (< 10% de surface avec végétation) ☐
  - Correcte ☐
  - Trop (herbes > 1 m de haut sur 75% de la parcelle) ☐

- **Présence de zones ombragées dans les parcs** SO ☐ non ☐ / oui ☐

  ↳ Si oui
  - Zones naturelles (arbres…) non ☐ / oui ☐
  - Zones artificielles (ombrières…) non ☐ / oui ☐

Densité du couvert végétal :

- Pas assez (< 10% de surface avec végétation) ☐
- Correcte ☐
- Trop (impossibilité de voir les porcelets à travers le couvert durant la visite) ☐

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _

- Pour la verraterie-gestantes visitée

Relation homme – animal

En bâtiment

- *Traverser calmement la case*
- *Placez-vous debout au milieu de la paroi opposée à l'entrée*
- *Comptez le temps en secondes que mettent le 1er et le 3ème animal à s'approcher à moins de 50 cm de vous*
- *Restez au maximum 2 minutes*

En plein air

- *Entrer dans le parc*
- *Placer vous à proximité de la cabane*
- *Comptez le temps en secondes que mettent le 1er et le 3ème animal à s'approcher à moins de 50 cm de vous*
- *Restez au maximum 2 minutes*

- Entrer dans la case ou le parc : % d'animaux montrant une réaction de panique (fuite)
  0-50% ☐ 51-100% ☐
- Temps mis pour les premiers contacts (en secondes)
  Animal n°1 .....
  Animal n°3 .....

Pédiluve à l'entrée du bâtiment gestante visité **non ☐ / oui ☐**

Nombre de truies dans la salle .....

Type de sol (si non plein air) :	SO ☐	**Neuf**	**Rugueux**	**Abrasif**
- Caillebotis intégral	non ☐ / oui ☐	☐	☐	☐
- Gisoir partiel	non ☐ / oui ☐	☐	☐	☐
- Sol bétonné	non ☐ / oui ☐	☐	☐	☐
- Paille	non ☐ / oui ☐			
- Sciure	non ☐ / oui ☐			
- Terre battue	non ☐ / oui ☐			
- Autre	.....	☐	☐	☐

↳**Si caillebotis** SO ☐

- Béton non ☐ / oui ☐
- Plastique non ☐ / oui ☐
- Fil non ☐ / oui ☐

Sol propre (mois de 25 % de la surface est souillée) non ☐ / oui ☐

Sol humide (> 50% de la surface est humide) non ☐ / oui ☐

Définition claire de la zone de couchage, de la zone d'alimentation et de la zone de déjection non ☐ / oui ☐

Type de ventilation SO ☐ **Statique** ☐ **Dynamique** ☐

Entrées d'air : SO ☐

- A partir des combles non ☐ / oui ☐
- A partir du couloir extérieur du bâtiment non ☐ / oui ☐
- A partir de l'extérieur du bâtiment non ☐ / oui ☐
- A partir du couloir de la salle (système suisse) non ☐ / oui ☐
- Autre .....

Humidité / condensation sur parois et/ou murs SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Présence d'un thermomètre mini maxi SO ☐ / non ☐ / oui ☐

- Si oui, écart maximum de température .....
- Si oui, écart maximum de température .....

Prise de température au niveau de la zone de couchage .....

Sensation de courants d'air dans la salle non ☐ / oui ☐

Ecart de distance entre la surface supérieure du lisier et le caillebotis (en cm) ..... SO ☐

Communication possible : SO ☐ si plein-air

- Des flux d'air avec d'autres salles de l'élevage non ☐ / oui ☐
- Du lisier avec d'autres salles de l'élevage SO ☐ non ☐ / oui ☐
- Des truies (ex : contacts groin à groin) avec d'autres porcs d'autres salles de l'élevage non ☐ / oui ☐

Observation d'insectes volants (pas à renseigner en plein-air) non ☐ / + ☐ / ++ ☐ / +++ ☐

(0 : absence d'insectes / + : quelques insectes – quand on les cherche, on les trouve / ++ : entre + et +++ / +++ : beaucoup d'insectes volants – nous sommes gênés - > 5-6 par porc)

Présence de rodenticide ou d'appât : non ☐ / oui ☐

Observation de traces de rongeurs non ☐ / oui ☐

Présence d'oiseaux dans les bâtiments le jour de la visite SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Présence de nids d'oiseaux dans les bâtiments d'élevage SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Alimentation des truies :

- Système d'alimentation
  - Nourrisseur non ☐ / oui ☐
    Longueur de nourrisseur par truie (cm) .....
  - Nourrissoupe non ☐ / oui ☐
    Nombre de truies par nourrissoupe .....
  - Star Feeder non ☐ / oui ☐
    Nombre de truies par Star feeder .....
  - Auge non ☐ / oui ☐
    Longueur d'auge par truie (cm) .....
  - Au sol non ☐ / oui ☐
  - Autre .....
- Propreté des systèmes d'alimentation :
  - absence de souillures ☐
  - présence d'aliment « non frais » ☐
  - présence de souillures fécales ☐
- Eau à volonté non ☐ / oui ☐
- Type d'abreuvement :
  - Bol non ☐ / oui ☐
  - Pipette non ☐ / oui ☐

- Gamelle – auge non ☐ / oui ☐
- Nombre de points d'eau par case ☐
- Débit des abreuvoirs (l/min) ☐
- Propreté des abreuvoirs
  - absence de souillures ☐
  - présence d'aliment dans les abreuvoirs ☐
  - présence de paille fraiche ☐
  - présence de souillures fécales ☐
  - Présence de boue ☐

Enrichissement du milieu pour les truies, non ☐ / oui ☐

↳**Si oui, présence de**

Objet manipulable		*Nombre d'objet dans la salle*
- Paille en litière	non ☐ / oui ☐	
- Paille hachée en libre accès	non ☐ / oui ☐	
- Paille longue, foin ou autre fourrage en libre accès	non ☐ / oui ☐	
- Toiles de jute	non ☐ / oui ☐	
- Pieuvre en bois	non ☐ / oui ☐	☐
- Carton, papier déchiqueté	non ☐ / oui ☐	
- Corde naturelle	non ☐ / oui ☐	☐
- Chaine	non ☐ / oui ☐	☐
- Bois	non ☐ / oui ☐	☐
- Jouet (formes plastiques)	non ☐ / oui ☐	☐
- Tuyaux	non ☐ / oui ☐	☐
- Ballon	non ☐ / oui ☐	☐
- Autre	☐	☐

Présence d'animaux utilisant les matériaux d'enrichissement non ☐ / oui ☐

Les matériaux d'enrichissement sont utilisés par les truies non ☐ / oui ☐

On regardera ici si les objets présentent des traces d'utilisation

Présence de stéréotypie sur les truies de la salle ou du parc non ☐ / oui ☐

Les truies ont-elles un anneau nasal non ☐ / oui ☐

Toux de truies (comptage au niveau de la salle)

- Nombre de toux sur 6 minutes ☐
- Si comptage impossible, avez-vous entendu des toux lors de la visite ? non ☐ / oui ☐

Éternuements de truies (comptage au niveau de la salle)

- Nombre d'éternuements sur 6 minutes ☐
- Si comptage impossible, avez-vous entendu des éternuements lors de la visite ? non ☐ / oui ☐

Présence dans les cases observées de truies devant être en infirmerie * non ☐ / oui ☐

** boiteux, cannibalés, dépéris, en souffrance*

Existence d'une zone pour séparer les truies agressives non ☐ / oui ☐

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _ _ _

Notation individuelle sur les truies gestantes (30 animaux)

Observation	Système de notation	Truies GESTANTES																													
		TR 1	TR 2	TR 3	TR 4	TR 5	TR 6	TR 7	TR 8	TR 9	TR 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	Sang/N° boucle	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐																				
Note d'état	1 à 6																														
Propreté	0 à 2																														
Griffures	0 à 2																														
Blessures	0 à 2																														
Boiterie	0 à 3																														
Lésion de queue	0 à 3																														
Escarres	Oui (1) Non (0)																														
Arthrite - panaris	Oui (1) Non (0)																														
Abcès à l'encolure	Oui (1) Non (0)																														
Stéréotypie	Oui (1) Non (0)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/																				
Lésions cutanées	Oui (1) Non (0)																														
Symptôme de gale	Oui (1) Non (0)																														
Lésion de vulve	Oui (1) Non (0)																														
Prolapsus vaginal	Oui (1) Non (0)																														
Prolapsus rectal	Oui (1) Non (0)																														
Bursite	Oui (1) Non (0)																														

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _

Post-sevrage

Post-sevrages en général

Bâtiment fermé (y compris courettes extérieures) non ☐ / oui ☐

- Sans ouverture sur l'extérieur ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec filet brise-vent ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec barrières ajourées sur l'extérieur ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec barrière non ajourées sur l'extérieur ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec surface pleine mais ajourée sur l'extérieur au niveau des fixations ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec fil électrique extérieur ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec fil électrique intérieur ☐
- Présence de fenêtres fermées ☐
- Présence de fenêtres ouvertes ou cassées ☐
- Autre ☐

Présence de courettes extérieures : non ☐ / oui ☐

- Cloisons entre courette et extérieur de la case faites de barrières ajourées ☐
- Cloisons entre courette et extérieur de la case faites de barrières non ajourées ou muret ☐
- Cloisons entre courette et extérieur de la case faites mais ajourées sur l'extérieur au niveau des fixations ☐
- Courettes couvertes par une toiture ? non ☐ / oui ☐
  - **Si oui, courettes couvertes en intégralité** non ☐ / oui ☐
  - **Si la courette n'est couverte que sur une partie, la partie non couverte se situe :**
    - A l'extrémité de la courette ☐
    - Au milieu de la courette (ouverture sous forme de puits) ☐

Si bâtiment fermé : zone d'élevage physiquement délimitée empêchant tout contact entre les suidés domestiques et suidés sauvages (notamment à travers les barrières ajourées) non ☐ / oui ☐

Entretien du bâtiment : SO ☐

- Présence de trous dans les cloisons extérieures non ☐ / oui ☐
- Présence de trous dans les cloisons intérieures non ☐ / oui ☐
- Présence de trous dans la toiture non ☐ / oui ☐
- Présence de fenêtre cassée non ☐ / oui ☐
- Présence de matériel usagé dans les couloirs non ☐ / oui ☐

Parcs plein air avec cabanes non ☐ / oui ☐

Si post-sevrage avec accès plein air : SO ☐

- Présence d'un mur plein de minimum 1,3 mètres de haut entre la partie plein air et l'extérieur de l'élevage non ☐ / oui ☐
- Présence d'une clôture extérieure grillagée de 1,3 m de haut minimum, avec poteaux fixes + dispositif empêchant le passage d'un sanglier sous la clôture (rabat grillagé enterré sur l'extérieur ou 2 fils électriques à l'extérieur électrifiés en permanence - cf. Vade mecum) non ☐ / oui ☐
- Présence d'une clôture extérieure composée de plusieurs fils électriques superposés ou décalés (alimentés en permanence), ou de filets électrifiés (alimentés en permanence) avec des poteaux fixes ou piquets déplaçables non ☐ / oui ☐
- Présence d'une clôture intérieure soit grillagée (solidité empêchant le franchissement par un porc), soit électrique à plusieurs fils électriques superposés avec électrification permanente permettant de repousser les porcs (cf. Vade mecum) non ☐ / oui ☐

- Présence d'une simple clôture électrifiée des 2 côtés (cf. Vade mecum) non ☐ / oui ☐

Entretien de la clôture : SO ☐

- Présence de brèches dans la clôture extérieure, ou détériorations non ☐ / oui ☐ / SO ☐
- Clôture électrique fonctionnelle (connectée au courant) non ☐ / oui ☐ / SO ☐
- Intégrité de la clôture électrique non ☐ / oui ☐ / SO ☐
- Désherbage autour de la clôture électrique empêchant le contact entre les fils et la végétation non ☐ / oui ☐ / SO ☐

Autour des parcs, présence de : SO ☐

- Champs cultivés non ☐ / oui ☐
- Forêts / bosquets non ☐ / oui ☐
- Haie non ☐ / oui ☐
- Talus non ☐ / oui ☐

Type de cabanes : SO ☐

- ½ lune non ☐ / oui ☐
- Ronde non ☐ / oui ☐
- Type chalet non ☐ / oui ☐
- Autre .....

Nombre de cabanes par bande .....

Nombre de cabanes par parc .....

Surface du parc (m²) : .....

** à demander à l'éleveur si plein air*

Surface de la cabane en plein air (m²) .....

Entretien et état des cabanes : présence de trous (hors porte et trappe de visite) favorisant des entrées d'air parasite non souhaitées non ☐ / oui ☐

Type de sol (plein air) :

- Argileux non ☐ / oui ☐
- Sableux non ☐ / oui ☐
- Caillouteux non ☐ / oui ☐
- Calcaire non ☐ / oui ☐
- Pentu non ☐ / oui ☐
- Boisé non ☐ / oui ☐

Densité du couvert végétal :

- Pas assez (< 10% de surface avec végétation) ☐
- Correcte ☐
- Trop (impossibilité de voir les porcelets à travers le couvert durant la visite) ☐

▪ **Présence de zones ombragées dans les parcs**

Si oui

- Zones naturelles (arbres…) non ☐ / oui ☐
- Zones artificielles (ombrières…) non ☐ / oui ☐

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _

- Post-sevrage visité

Choix de la bande / salle : Porcelets de 10 à 12 semaines d'âge
Choix de la / des cases ou parcs:
- *Si moins de 30 porcelets dans la bande : sélectionner toutes les cases / parcs*
- *Si **plus de 30 porcelets par case** / parc : **TAS d'une case** / parc*
- *Si moins de 30 porcelets par case / parc : TAS du nombre de cases / parcs suffisantes pour atteindre 30 porcelets*

Choix des porcelets : Sélection de convenance pour les 10 premiers qui défèquent puis 20 porcs si possible TAS

*NB : **si absence de porcelets en post-sevrage, faire les mesures et les observations concernant le bâtiment en post-sevrage et les prélèvements et les observations sur les porcelets en engraissement**, sur les animaux les plus jeunes.*

Relation homme – animal

En bâtiment
- *Traverser calmement la case*
- *Placez-vous debout au milieu de la paroi opposée à l'entrée*
- *Comptez le temps en secondes que mettent le 1er et le 3ème animal à s'approcher à moins de 50 cm de vous*
- *Restez au maximum 2 minutes*

En plein-air
- *Entrer dans le parc*
- *Placer vous à proximité de la cabane*
- *Comptez le temps en secondes que mettent le 1er et le 3ème animal à s'approcher à moins de 50 cm de vous*
- *Restez au maximum 2 minutes*

- **Entrer dans la case ou le parc** : % d'animaux montrant une réaction de panique (fuite)
  0-50% ☐ 51-100% ☐
- **Temps mis pour les premiers contacts** (en secondes)
  Animal n°1 .....
  Animal n°3 .....

Propreté des animaux
- Nombre d'animaux notés 0 : .....
- Nombre d'animaux notés 1 : .....
- Nombre d'animaux notés 2 : .....

Pédiluve à l'entrée du post-sevrage visité non ☐ / oui ☐

Age des porcelets (en semaines) .....

Présence de porcelets de différentes bandes dans la salle ou le parc non ☐ / oui ☐

Depuis combien de temps les animaux sont en post-sevrage (en semaines) .....

Nombre de porcelets dans la bande .....

Nombre de porcelets dans la salle .....

Nombre de porcelets par case dans la salle visitée / parc visité .....

Surface de la case en bâtiment en dehors de l'auge (m²), y compris la courette extérieure .....

Les porcelets ont-ils une niche avec une source de chaleur utilisable s'il fait froid non ☐ / oui ☐

Type de matériaux pour le bâtiment (en contact avec les animaux) : SO ☐

- Bois non ☐ / oui ☐
- Brique non ☐ / oui ☐
- Béton non ☐ / oui ☐

Type de sol (si non plein air) :	SO ☐	**Neuf**	**Rugueux**	**Abrasif**
- Caillebotis intégral	non ☐ / oui ☐	☐	☐	☐
- Gisoir partiel	non ☐ / oui ☐	☐	☐	☐
- Sol bétonné	non ☐ / oui ☐	☐	☐	☐
- Paille	non ☐ / oui ☐			
- Sciure	non ☐ / oui ☐			
- Terre battue	non ☐ / oui ☐			
- Autre	.....	☐	☐	☐

↳**Si caillebotis** SO ☐

- Béton non ☐ / oui ☐
- Plastique non ☐ / oui ☐
- Fil non ☐ / oui ☐

Sol propre (mois de 25 % de la surface est souillée) non ☐ / oui ☐

Sol humide (> 50% de la surface est humide) non ☐ / oui ☐

Définition claire de la zone de couchage, de la zone d'alimentation et de la zone de déjection non ☐ / oui ☐

Type de ventilation SO ☐ **Statique** ☐ **Dynamique** ☐

Entrées d'air : SO ☐

- À partir des combles non ☐ / oui ☐
- À partir du couloir extérieur du bâtiment non ☐ / oui ☐
- À partir de l'extérieur du bâtiment non ☐ / oui ☐
- À partir du couloir de la salle (système suisse) non ☐ / oui ☐
- Autre .....

Humidité / condensation sur parois et/ou murs non ☐ / oui ☐

Présence d'un thermomètre mini maxi non ☐ / oui ☐

- Si oui, écart maximum de température .....

Prise de température au niveau de la zone de couchage (°C) .....

Sensation de courants d'air dans la salle non ☐ / oui ☐

Écart de distance entre la surface supérieure du lisier et le caillebotis (en cm) ..... SO ☐

Communication possible : SO ☐ si plein-air

- Des flux d'air avec d'autres salles de post-sevrage de bandes différentes (PS) non ☐ / oui ☐

- Des flux d'air avec d'autres salles de l'élevage (autre que les PS) non ☐ / oui ☐
- Du lisier avec d'autres salles de post-sevrage SO ☐ non ☐ / oui ☐
- Du lisier avec d'autres salles de l'élevage (autre que les PS) SO ☐ non ☐ / oui ☐
- Des porcelets (ex : contacts groin à groin) avec d'autres porcs d'autres salles de PS non ☐ / oui ☐
- Des porcelets (ex : contacts groin à groin) avec d'autres porcs d'autres salles de l'élevage (autre que les PS) non ☐ / oui ☐

Observation d'insectes volants (pas à renseigner en plein-air) non ☐ / + ☐ / ++ ☐ / +++ ☐

(0 : absence d'insectes / + : quelques insectes – quand on les cherche, on les trouve / ++ : entre + et +++ / +++ : beaucoup d'insectes volants – nous sommes gênés - > 5-6 par porc)

Présence de rodenticide ou d'appât : non ☐ / oui ☐

Observation de traces de rongeurs non ☐ / oui ☐

Présence d'oiseaux dans les bâtiments le jour de la visite SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Présence de nids d'oiseaux dans les bâtiments d'élevage SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Alimentation des porcelets :

- Système d'alimentation
  - Nourrisseur non ☐ / oui ☐
    Longueur de nourrisseur (cm) .....
  - Nourrissoupe non ☐ / oui ☐
    Nombre de nourrissoupe par case .....
  - Star feeder non ☐ / oui ☐
    Nombre de star feeder par case .....
  - Auge non ☐ / oui ☐
    Longueur d'auge par case (cm) .....
  - Autre .....
- Propreté des systèmes d'alimentation :
  - absence de souillures ☐
  - présence d'aliment « non frais » ☐
  - présence de souillures fécales ☐
- Eau à volonté / présence d'abreuvoirs ou de pipettes pour les porcelets non ☐ / oui ☐
- Type d'abreuvement :
  - Bol non ☐ / oui ☐
  - Pipette non ☐ / oui ☐
  - Gamelle - augettes non ☐ / oui ☐
- Nombre de points d'eau par case .....
- Débit des abreuvoirs (l/min) .....
- Propreté des abreuvoirs SO ☐
  - absence de souillures ☐
  - présence d'aliment dans les abreuvoirs ☐
  - présence de paille fraiche ☐
  - présence de souillures fécales ☐
  - Présence de boue ☐

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _

Enrichissement du milieu pour les porcelets non ☐ / oui ☐

↳**Si oui, présence de**

Objet manipulable		*Nombre d'objet dans la salle*
- Paille en litière	non ☐ / oui ☐	
- Paille hachée en libre accès	non ☐ / oui ☐	
- Paille longue, foin ou autre fourrage en libre accès	non ☐ / oui ☐	
- Toiles de jute	non ☐ / oui ☐	
- Pieuvre en bois	non ☐ / oui ☐	
- Carton, papier déchiqueté	non ☐ / oui ☐	
- Corde naturelle	non ☐ / oui ☐	
- Chaine	non ☐ / oui ☐	
- Bois	non ☐ / oui ☐	
- Jouet (formes plastiques)	non ☐ / oui ☐	
- Tuyaux	non ☐ / oui ☐	
- Ballon	non ☐ / oui ☐	
- Autre		

Présence d'animaux utilisant les matériaux d'enrichissement non ☐ / oui ☐

Les matériaux d'enrichissement sont utilisés par les porcelets non ☐ / oui ☐

On regardera ici si les objets présentant des traces d'utilisation

Présence de porcelets téteurs dans la salle ou le parc non ☐ / oui ☐

Toux de porcelets (comptage au niveau de la salle)

- Nombre de toux sur 6 minutes
- Si comptage impossible, avez-vous entendu des toux lors de la visite ? non ☐ / oui ☐

Éternuements de porcelets (comptage au niveau de la salle)

- Nombre d'éternuements sur 6 minutes
- Si comptage impossible, avez-vous entendu des éternuements lors de la visite non ☐ / oui ☐

Présence dans les cases observées d'animaux devant être en infirmerie * non ☐ / oui ☐

** boiteux, cannibalés, dépéris, en souffrance*

Existence d'une zone pour séparer les animaux agressifs non ☐ / oui ☐

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/_____

Notation individuelle sur les porcelets (30 animaux) **POST-SEVRAGE**

Observation		N° Porcelets																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	Sang/mucus	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Griffures[4] (1 côté)	0 à 2																														
Blessures[5] (1 côté)	0 à 2																														
Diarrhées[8]	0 à 2																														
Boiterie[3]	0 à 3																														
Lésion de queue[7]	0 à 3																														
Dyspnée / coup de flanc	Oui (1) Non (0)																														
Maigreur[1]	Oui (1) Non (0)																														
Hernie inguinale	Oui (1) Non (0)																														
Hernie ombilicale	Oui (1) Non (0)																														
Lésions cutanées[6]	Oui (1) Non (0)																														
Conjonctivite	Oui (1) Non (0)																														
Groins déviés	Oui (1) Non (0)																														
Bursite	Oui (1) Non (0)																														
Prolapsus rectal	Oui (1) Non (0)																														
Oreilles nécrosées	Oui (1) Non (0)																														
Othématomes	Oui (1) Non (0)																														
Anémie	Oui/Non																														

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _

Engraissement

En engraissement en général

Bâtiment fermé (y compris courettes extérieures) non ☐ / oui ☐

- Sans ouverture sur l'extérieur ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec filet brise-vent ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec barrières ajourées sur l'extérieur ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec barrière non ajourées sur l'extérieur ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec surface pleine mais ajourée sur l'extérieur au niveau des fixations ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec fil électrique extérieur ☐
- Ouvert sur un ou plusieurs pans avec fil électrique intérieur ☐
- Présence de fenêtres fermées ☐
- Présence de fenêtres ouvertes ou cassées ☐
- Autre .....

Présence de courettes extérieures : non ☐ / oui ☐

- Cloisons entre courette et extérieur de la case faites de barrières ajourées ☐
- Cloisons entre courette et extérieur de la case faites de barrières non ajourées ou muret ☐
- Cloisons entre courette et extérieur de la case faites mais ajourées sur l'extérieur au niveau des fixations ☐
- Courettes couvertes par une toiture ? non ☐ / oui ☐
  - **Si oui, courettes couvertes en intégralité** non ☐ / oui ☐
  - **Si la courette n'est couverte que sur une partie, la partie non couverte se situe :**
    - A l'extrémité de la courette ☐
    - Au milieu de la courette (ouverture sous forme de puits) ☐

Si bâtiment fermé : zone d'élevage physiquement délimitée empêchant tout contact entre les suidés domestiques et suidés sauvages (notamment à travers les barrières ajourées) non ☐ / oui ☐

Entretien du bâtiment : SO ☐

- Présence de trous dans les cloisons extérieures non ☐ / oui ☐
- Présence de trous dans les cloisons intérieures non ☐ / oui ☐
- Présence de trous dans la toiture non ☐ / oui ☐
- Présence de fenêtre cassée non ☐ / oui ☐
- Présence de matériel usagé dans les couloirs non ☐ / oui ☐

Parcs plein air avec cabanes non ☐ / oui ☐

Si engraissement avec accès plein air : SO ☐

- Présence d'un mur plein de minimum 1,3 mètres de haut entre la partie plein air et l'extérieur de l'élevage non ☐ / oui ☐
- Présence d'une clôture extérieure grillagée de 1,3 m de haut minimum, avec poteaux fixes + dispositif empêchant le passage d'un sanglier sous la clôture (rabat grillagé enterré sur l'extérieur ou 2 fils électriques à l'extérieur électrifiés en permanence - cf. Vade mecum) non ☐ / oui ☐
- Présence d'une clôture extérieure composée de plusieurs fils électriques superposés ou décalés (alimentés en permanence), ou de filets électrifiés (alimentés en permanence) avec des poteaux fixes ou piquets déplaçables non ☐ / oui ☐
- Présence d'une clôture intérieure soit grillagée (solidité empêchant le franchissement par un porc), soit électrique à plusieurs fils électriques superposés avec électrification permanente permettant de repousser les porcs (cf. Vade mecum) non ☐ / oui ☐
- Présence d'une simple clôture électrifiée des 2 côtés (cf. Vade mecum) non ☐ / oui ☐

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _

Entretien de la clôture : SO ☐

- Présence de brèches dans la clôture extérieure, ou détériorations non ☐ / oui ☐ / SO ☐
- Clôture électrique fonctionnelle (connectée au courant) non ☐ / oui ☐ / SO ☐
- Intégrité de la clôture électrique non ☐ / oui ☐ / SO ☐
- Désherbage autour de la clôture électrique empêchant le contact entre les fils et la végétation non ☐ / oui ☐ / SO ☐

Autour des parcs, présence de : SO ☐

- Champs cultivés non ☐ / oui ☐
- Forêts / bosquets non ☐ / oui ☐
- Haie non ☐ / oui ☐
- Talus non ☐ / oui ☐

Type de cabanes : SO ☐

- ½ lune non ☐ / oui ☐
- Ronde non ☐ / oui ☐
- Type chalet non ☐ / oui ☐
- Autre

Nombre de cabanes par bande

Nombre de cabanes par parc

Surface du parc (m²) :

** à demander à l'éleveur si plein air*

Surface de la cabane en plein air (m²)

Entretien et état des cabanes : présence de trous (hors porte et trappe de visite) favorisant des entrées d'air parasite non souhaitées non ☐ / oui ☐

Type de sol (plein air) :

- Argileux non ☐ / oui ☐
- Sableux non ☐ / oui ☐
- Caillouteux non ☐ / oui ☐
- Calcaire non ☐ / oui ☐
- Pentu non ☐ / oui ☐
- Boisé non ☐ / oui ☐

Densité du couvert végétal :

- Pas assez (< 10% de surface avec végétation) ☐
- Correcte ☐
- Trop (impossibilité de voir les porcelets à travers le couvert durant la visite) ☐

▪ **Présence de zones ombragées dans les parcs**

Si oui

- Zones naturelles (arbres…) non ☐ / oui ☐
- Zones artificielles (ombrières…) non ☐ / oui ☐

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _

- Engraissement visité

Choix de la bande / salle : Porcelets les plus proches d'au moins 22 semaines d'âge
Choix de la / des cases ou parcs:
- *Si moins de 30 porcs dans la bande : sélectionner toutes les cases / parcs*
- *Si plus de 30 porcs par case / parc : TAS d'une case / parc*
- *Si moins de 30 porcs par case / parc : TAS du nombre de cases / parcs suffisantes pour atteindre 30 porcelets*

Choix des porcs: Sélection de convenance pour les 10 premiers qui défèquent puis 20 porcs, si possible, TAS

Relation homme – animal

En bâtiment
- *Traverser calmement la case*
- *Placez-vous debout au milieu de la paroi opposée à l'entrée*
- *Comptez le temps en secondes que mettent le 1er et le 3ème animal à s'approcher à moins de 50 cm de vous*
- *Restez au maximum 2 minutes*

En plein air
- *Entrer dans le parc*
- *Placer vous à proximité de la cabane*
- *Comptez le temps en secondes que mettent le 1er et le 3ème animal à s'approcher à moins de 50 cm de vous*
- *Restez au maximum 2 minutes*

- ↳ **Entrer dans la case ou le parc** : % d'animaux montrant une réaction de panique (fuite)
  0-50% ☐ 51-100% ☐
- ↳**Temps mis pour les premiers contacts** (en secondes)
  Animal n°1 .....
  Animal n°3 .....

Propreté des animaux
- Nombre d'animaux notés 0 : .....
- Nombre d'animaux notés 1 : .....
- Nombre d'animaux notés 2 : .....

Pédiluve à l'entrée de l'engraissement visité non ☐ / oui ☐

Age des porcs (en semaines) .....

Présence de porcs de différentes bandes dans la salle ou le parc ? non ☐ / oui ☐

Depuis combien de temps les animaux sont-ils en engraissement (en semaines) .....

Nombre de porcs dans la bande .....

Nombre de porcs dans la salle .....

Nombre de porcs par case dans la salle visitée / parc visité .....

Surface de la case en bâtiment en dehors de l'auge (m²), y compris la courette extérieure .....

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _

Type de matériaux pour le bâtiment (en contact avec les animaux) : : SO ☐

- Bois non ☐ / oui ☐
- Brique non ☐ / oui ☐
- Béton non ☐ / oui ☐

Type de sol (si non plein air) :	SO ☐	**Neuf**	**Rugueux**	**Abrasif**
- Caillebotis intégral	non ☐ / oui ☐	☐	☐	☐
- Gisoir partiel	non ☐ / oui ☐	☐	☐	☐
- Sol bétonné	non ☐ / oui ☐	☐	☐	☐
- Paille	non ☐ / oui ☐			
- Sciure	non ☐ / oui ☐			
- Terre battue	non ☐ / oui ☐			
- Autre	.....	☐	☐	☐

↳**Si caillebotis** SO ☐

- Béton non ☐ / oui ☐
- Plastique non ☐ / oui ☐
- Fil non ☐ / oui ☐

Sol propre (mois de 25 % de la surface est souillée) non ☐ / oui ☐

Sol humide (> 50% de la surface est humide) non ☐ / oui ☐

Définition claire de la zone de couchage, de la zone d'alimentation et de la zone de déjection non ☐ / oui ☐

Type de ventilation SO ☐ **Statique** ☐ **Dynamique** ☐

Entrées d'air : SO ☐

- À partir des combles non ☐ / oui ☐
- À partir du couloir extérieur du bâtiment non ☐ / oui ☐
- À partir de l'extérieur du bâtiment non ☐ / oui ☐
- À partir du couloir de la salle (système suisse) non ☐ / oui ☐
- Autre .....

Humidité / condensation sur parois et/ou murs non ☐ / oui ☐

Présence d'un thermomètre mini maxi non ☐ / oui ☐

- Si oui, écart maximum de température .....

Prise de température au niveau de la zone de couchage (°C) .....

Sensation de courants d'air dans la salle non ☐ / oui ☐

Écart de distance entre la surface supérieure du lisier et le caillebotis (en cm) ..... SO ☐

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _

Communication possible : SO ☐ si plein-air

- Des flux d'air avec d'autres salles d'engraissement de bandes différentes non ☐ / oui ☐
- Des flux d'air avec d'autres salles de l'élevage (autre que les engraissements) non ☐ / oui ☐
- Du lisier avec d'autres salles d'engraissement SO ☐ non ☐ / oui ☐
- Du lisier avec d'autres salles de l'élevage (autre que les engraissements) SO ☐ non ☐ / oui ☐
- Des porcs (ex : contacts groin à groin) avec d'autres porcs d'autres salles d'engr. non ☐ / oui ☐
- Des porcs (ex : contacts groin à groin) avec d'autres porcs d'autres salles de l'élevage (autre que les engraissements) non ☐ / oui ☐

Observation d'insectes volants (pas à renseigner en plein-air) non ☐ / + ☐ / ++ ☐ / +++ ☐

(0 : absence d'insectes / + : quelques insectes – quand on les cherche, on les trouve / ++ : entre + et +++ / +++ : beaucoup d'insectes volants – nous sommes gênés - > 5-6 par porc)

Présence de rodenticide ou d'appât : non ☐ / oui ☐

Observation de traces de rongeurs non ☐ / oui ☐

Présence d'oiseaux dans les bâtiments le jour de la visite SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Présence de nids d'oiseaux dans les bâtiments d'élevage SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Alimentation des porcs :

- Système d'alimentation
  - Nourrisseur non ☐ / oui ☐
    Longueur de nourrisseur (cm) .....
  - Nourrissoupe non ☐ / oui ☐
    Nombre de nourrissoupe par case .....
  - Star feeder non ☐ / oui ☐
    Nombre de star feeder par case .....
  - Auge non ☐ / oui ☐
    Longueur d'auge par case (cm) .....
  - Autre .....
- Propreté des systèmes d'alimentation :
  - absence de souillures ☐
  - présence d'aliment « non frais » ☐
  - présence de souillures fécales ☐
- Eau à volonté / présence d'abreuvoirs ou de pipettes pour les porcelets non ☐ / oui ☐
- Type d'abreuvement :
  - Bol non ☐ / oui ☐
  - Pipette non ☐ / oui ☐
  - Gamelle - augettes non ☐ / oui ☐
- Nombre de points d'eau par case .....
- Débit des abreuvoirs (l/min) .....
- Propreté des abreuvoirs SO ☐
  - absence de souillures ☐
  - présence d'aliment dans les abreuvoirs ☐
  - présence de paille fraiche ☐
  - présence de souillures fécales ☐
  - Présence de boue ☐

PIGAL

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _

Enrichissement du milieu pour les porcs non ☐ / oui ☐

Si oui, présence de

Objet manipulable		*Nombre d'objet dans la salle*
- Paille en litière	non ☐ / oui ☐	
- Paille hachée en libre accès	non ☐ / oui ☐	
- Paille longue, foin ou autre fourrage en libre accès	non ☐ / oui ☐	
- Toiles de jute	non ☐ / oui ☐	
- Pieuvre en bois	non ☐ / oui ☐	
- Carton, papier déchiqueté	non ☐ / oui ☐	
- Corde naturelle	non ☐ / oui ☐	
- Chaine	non ☐ / oui ☐	
- Bois	non ☐ / oui ☐	
- Jouet (formes plastiques)	non ☐ / oui ☐	
- Tuyaux	non ☐ / oui ☐	
- Ballon	non ☐ / oui ☐	
- Autre		

Présence d'animaux utilisant les matériaux d'enrichissement non ☐ / oui ☐

Les matériaux d'enrichissement sont utilisés par les porcs non ☐ / oui ☐

On regardera ici si les objets présentent des traces d'utilisation

Toux de porcs (comptage au niveau de la salle)

- Nombre de toux sur 6 minutes
- Si comptage impossible, avez-vous entendu des toux lors de la visite ? non ☐ / oui ☐

Éternuements de porcs (comptage au niveau de la salle)

- Nombre d'éternuements sur 6 minutes
- Si comptage impossible, avez-vous entendu des éternuements lors de la visite non ☐ / oui ☐

Présence dans les cases observées d'animaux devant être en infirmerie * non ☐ / oui ☐

** boiteux, cannibalés, dépéris, en souffrance*

Existence d'une zone pour séparer les animaux agressifs non ☐ / oui ☐

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _ _ _ _

Notation individuelle sur les porcs charcutiers (30 animaux) **ENGRAISSEMENT**

Observation		Porc																														
		Eng 1	Eng 2	Eng 3	Eng 4	Eng 5	Eng 6	Eng 7	Eng 8	Eng 9	Eng 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	Sang/ mucus	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Griffures	0 à 2																															
Blessures	0 à 2																															
Boiterie	0 à 3																															
Diarrhées	0 à 2																															
Lésion de queue	0 à 3																															
Maigreur	Oui (1) Non (0)																															
Dyspnée / coup de flanc	Oui (1) Non (0)																															
Prolapsus rectal	Oui (1) Non (0)																															
Lésions cutanées	Oui (1) Non (0)																															
Hernie inguinale	Oui (1) Non (0)																															
Hernie ombilicale	Oui (1) Non (0)																															
Conjonctivite	Oui (1) Non (0)																															
Groins déviés	Oui (1) Non (0)																															
Anémie	Oui (1) Non (0)																															
Bursite	Oui (1) Non (0)																															
Oreilles nécrosées	Oui (1) Non (0)																															
Othémato-mes	Oui (1) Non (0)																															

II- Quarantaine

Relation homme – animal

En bâtiment

- *Traverser calmement la case*
- *Placez-vous debout au milieu de la paroi opposée à l'entrée*
- *Comptez le temps en secondes que mettent le 1er et le 3ème animal à s'approcher à moins de 50 cm de vous*
- *Restez au maximum 2 minutes*

En plein-air

- *Entrer dans le parc*
- *Placer vous à proximité de la cabane*
- *Comptez le temps en secondes que mettent le 1er et le 3ème animal à s'approcher à moins de 50 cm de vous*
- *Restez au maximum 2 minutes*

Entrer dans la case ou le parc : % d'animaux montrant une réaction de panique (fuite)
0-50% ☐ **51-100%** ☐

Temps mis pour les premiers contacts (en secondes)

Animal n°1 .....
Animal n°3 .....

Nombre d'animaux dans la quarantaine .....

Type d'animaux :

- Cochettes non ☐ / oui ☐
- Porcelets / porcs non ☐ / oui ☐
- Si porcelets ou porcs, âge des animaux (en semaines) .....

Présence d'animaux de différents lots (âge ou lot de livraison) dans la salle ou le parc non ☐ / oui ☐

Depuis combien de temps les animaux sont-ils en quarantaine (en semaines) .....

Nombre de parcs ou de cases dans la quarantaine .....

Nombre d'animaux par parc ou par case .....

Surface de la quarantaine (m²) .....

Type de sol (si non plein air) :	SO ☐	**Neuf**	**Rugueux**	**Abrasif**
- Caillebotis intégral	non ☐ / oui ☐	☐	☐	☐
- Gisoir partiel	non ☐ / oui ☐	☐	☐	☐
- Paille	non ☐ / oui ☐			
- Sciure	non ☐ / oui ☐			
- Autre	.....	☐	☐	☐

Sol propre (mois de 25 % de la surface est souillée) SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Sol humide (> 50% de la surface est humide) SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Définition claire de la zone de couchage, de la zone d'alimentation et de la zone de déjection SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Sensation de courants d'air dans la salle SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Écart de distance entre la surface supérieure du lisier et le caillebotis (en cm) ..... SO ☐

Pédiluve à l'entrée de la quarantaine non ☐ / oui ☐

Communication possible :

- Des flux d'air avec d'autres salles de l'élevage SO ☐ non ☐ / oui ☐
- Du lisier avec d'autres salles de l'élevage SO ☐ non ☐ / oui ☐
- Des porcs (ex : contacts groin à groin) avec d'autres porcs d'autres salles de l'élevage SO ☐ non ☐ / oui ☐

Observation d'insectes volants (pas à renseigner en plein-air) non ☐ / + ☐ / ++ ☐ / +++ ☐

(0 : absence d'insectes / + : quelques insectes – quand on les cherche, on les trouve / ++ : entre + et +++ / +++ : beaucoup d'insectes volants – nous sommes gênés - > 5-6 par porc)

Présence de rodenticide ou d'appât : non ☐ / oui ☐

Observation de traces de rongeurs non ☐ / oui ☐

Présence d'oiseaux dans les bâtiments le jour de la visite SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Présence de nids d'oiseaux dans les bâtiments d'élevage SO ☐ / non ☐ / oui ☐

Présence dans les cases observées d'animaux devant être en infirmerie * non ☐ / oui ☐

** boiteux, cannibalés, dépéris, en souffrance*

Existence d'une zone pour séparer les animaux agressifs non ☐ / oui ☐

Si quarantaine avec accès plein air :

- Présence d'un mur plein de minimum 1,3 mètres de haut entre la partie plein air et l'extérieur de l'élevage non ☐ / oui ☐
- Présence d'une clôture extérieure grillagée de 1,3 m de haut minimum, avec poteaux fixes + dispositif empêchant le passage d'un sanglier sous la clôture (rabat grillagé enterré sur l'extérieur ou 2 fils électriques à l'extérieur électrifiés en permanence - cf. Vade mecum) non ☐ / oui ☐
- Présence d'une clôture intérieure soit grillagée (solidité empêchant le franchissement par un porc), soit électrique à plusieurs fils électriques superposés avec électrification permanente permettant de repousser les porcs (cf. Vade mecum) non ☐ / oui ☐
- Présence d'une simple clôture électrifiée des 2 côtés (cf. Vade mecum) non ☐ / oui ☐

Type de cabanes :

- ½ lune non ☐ / oui ☐
- Ronde non ☐ / oui ☐
- Type chalet non ☐ / oui ☐
- Autre non ☐ / oui ☐

- **Nombre de cabanes en quarantaine** .....
- **Surface d'une cabane en plein air (m²)** .....

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ _ _ _ _ _ _ _ _

III- Biosécurité externe

- **Délimitation visuelle continue de la zone professionnelle** (grillage, haie, chainette, talus...) non ☐ / oui ☐
- **Système fermé (portail, chaine,…) pour limiter l'entrée des véhicules en zone professionnelle** non ☐ / oui ☐
- **Clôture continue et portails fermés ou passage canadien autour de la zone professionnelle empêchant tout passage de sangliers** non ☐ / oui ☐
- **Espace réservé pour garer les véhicules des visiteurs à l'entrée de l'élevage, dans la zone publique** non ☐ / oui ☐
- **Signalétique pour tous les circuits véhicules** (personnel, visiteurs, livraison aliment/matériel /semence…, départs ou livraison d'animaux, équarrissage) **et les bâtiments** (sas sanitaire, sas matériel) non ☐ / oui ☐
- **Passage d'hommes en tenue d'élevage en dehors de la zone professionnelle** non ☐ / oui ☐ / non observé ☐
- **Passage de porcelets, de porcs ou de reproducteurs à l'extérieur des bâtiments lors de transfert** non ☐ / oui ☐
  - Si oui, uniquement dans des couloirs protégés par des murets ou des clôtures avec mesures de désinfection avant et après le passage des animaux
    OU transfert par bétaillère nettoyée-désinfectée non ☐ / oui ☐
- **Absence d'animaux domestiques (chiens, chats…) dans les bâtiments y compris réserves d'aliments et équipements au moment de la visite** non ☐ / oui ☐
- **Présence d'animaux de basse court à proximité de l'élevage (<20 m) ou dans l'élevage porcin** non ☐ / oui ☐
- **Matériel entreposé dans la zone professionnelle** non ☐ / oui ☐
- **Entretien des abords des bâtiments pour limiter l'introduction des nuisibles** non ☐ / oui ☐
  (répondre OUI si entretien correct)
- **Chaux visible épandue en périphérie du bâtiment** non ☐ / oui ☐
- **Présence de rongeurs ou de traces de rongeurs dans l'élevage**
  - au niveau des abords non ☐ / oui ☐
  - dans les annexes non ☐ / oui ☐
  - dans l'atelier de fabrication d'aliment à la ferme SO ☐ /non ☐ / oui ☐
- **Présence de nids d'oiseaux dans les bâtiments d'élevage**
  - Dans le hangar à paille SO ☐ /non ☐ / oui ☐
  - Dans la FAF SO ☐ /non ☐ / oui ☐
  - Dans les couloirs de l'élevage SO ☐ /non ☐ / oui ☐
- **Accès pour la tonne à lisier sans entrer dans la zone d'élevage** SO ☐ /non ☐ / oui ☐
- **Présence d'un sas sanitaire** non ☐ / oui ☐
- **Marche en avant dans le sas avec séparation stricte entre la zone "professionnelle" et la zone "d'élevage"** non ☐ / oui ☐

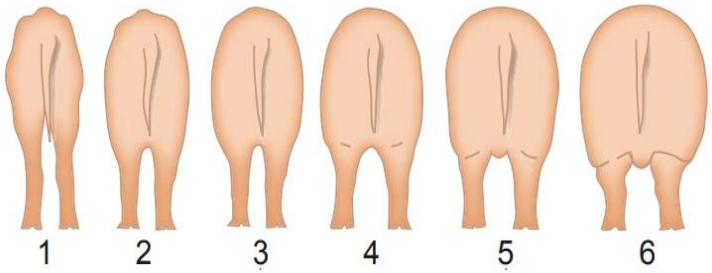
- **Affichage indiquant "Entrée interdite" ou "Accès interdit aux personnes extérieures à l'élevage"** non ☐ / oui ☐
- **Passage obligatoire (personnel et visiteurs) dans le sas sanitaire pour entrer dans la zone d'élevage** SO ☐ / non ☐ / oui ☐
- **Sas muni d'un lavabo fonctionnel** non ☐ / oui ☐
- **Présence de savon bactéricide** non ☐ / oui ☐
- **Essuie main à usage unique** non ☐ / oui ☐
- **Lavage des mains avant d'entrer dans l'atelier porc** non ☐ / oui ☐
- **Fourniture de tenues d'élevage propres pour les visiteurs extérieurs (cottes, bottes ou surbottes)** non ☐ / oui ☐

  Cocher NON si l'éleveur dit ne pas avoir de tenue spécifique à nous fournir à notre arrivée, ou si on voit des personnes étrangères à l'élevage en tenue civil, y compris la famille.
- **Le personnel de l'élevage porte des tenues spécifiques à la zone d'élevage (combinaison + chaussures ou bottes)** non ☐ / oui ☐
- **Présence d'aliment sec ou mouillé sous les silos de stockage** non ☐ / oui ☐
- **La litière neuve est stockée :**
  - Dans un local fermé hermétiquement non ☐ / oui ☐
  - Dans un hangar ouvert sur l'extérieur, sans filet de protection non ☐ / oui ☐
  - Dans un hangar ouvert sur l'extérieur, avec filet de protection non ☐ / oui ☐
  - A l'extérieur, sans bâche non ☐ / oui ☐
  - A l'extérieur, avec bâche non ☐ / oui ☐
  - A l'extérieur, avec une clôture étanche non ☐ / oui ☐
  - A l'extérieur sans clôture étanche non ☐ / oui ☐
  - Autre .....
- **La litière (☐ paille ou ☐ foin) est stockée** :
  - à même la terre ☐
  - sur une dalle bétonnée ☐
  - sur des palettes empêchant le contact avec la terre ☐
  - autre mode de dépôt empêchant les remontées d'humidité depuis la terre ☐ préciser : .....
  -
- **Bac d'équarrissage fermé et étanche pour les petits cadavres** non ☐ / oui ☐

Annexe 4- Vade-mecum du questionnaire « mesures et observations ».

Notation sur les truies allaitantes / gestantes

[1]Note d'état



[2]Propreté des animaux

Note	
0	animal propre dont moins de 20 % du corps est souillé
1	animal sale dont entre 20 % et strictement moins de 50 % du corps semble souillé avec du lisier, de l'urine ou des fèces frais ou séchés
2	animal très sale dont plus de la moitié du corps est souillé avec du lisier, de l'urine ou des fèces frais ou séchés.

[3]Boiteries

Note	
0	Aucune boiterie / Démarche normale
1	Mobilisation de tous les membres malgré une difficulté à marcher
2	Boiterie sévère avec un défaut d'appui du membre atteint
3	Marche impossible ou report d'appui total sur le membre non atteint

[4]Griffures

Les griffures sont provoquées par des coups de dents ou des chevauchements. Il s'agit de pénétrations superficielles de l'épiderme voire d'une pénétration du tissu musculaire
Lésions sur le corps de l'animal hors tête (notamment babines et oreilles) et queue

0	Aucune griffure visible
1	Jusqu'à 4 lésions (taille supérieure à 3 cm) visibles
2	Plus de 4 lésions (taille supérieure à 3 cm) visibles

[6]Escarres : au niveau des épaules, de la pointe de hanche, de la ligne du dos)

[5]Blessures

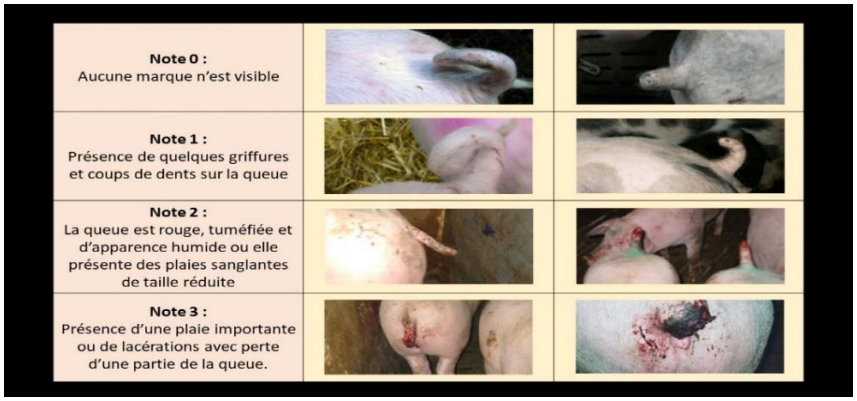
Les blessures (à différencier des griffures) incluent des zones en relief, érythémateuses, (possibles croûtes), des lésions sanguinolentes et des lésions en cours de cicatrisation (croûtes). Le tissu cicatriciel n'est pas pris en compte.
Lésions sur le corps de l'animal hors tête (notamment babines et oreilles) et queue

0	Porcs sans aucune blessure cutanée
1	Porcs avec des **lésions cutanées modérées** Lésion avec un diamètre inférieur à 5 cm, Et lésions superficielles Et l'ensemble des lésions représente moins de 25 % de la surface de la peau.
2	Porcs avec de **sévères blessures** sur le corps dont l'atteinte de la peau est profonde ou bien avec des lésions couvrant une grande proportion de la peau. Lésion avec un diamètre supérieur à 5 cm, Et/ou lésions s'étendent dans les couches profondes du derme Et/ou si l'ensemble des lésions représente plus de 25 % de la surface de la peau. Si un porc présente à la fois des lésions modérées et sévères, il sera alors relevé comme présentant des lésions sévères

[7]Lésions cutanées : autre que des blessures ou griffures

[8]Symptômes de gale chez les truies (prurit / claquement d'oreilles / croûtes abondantes dans les oreilles)

[9]Lésions de queues

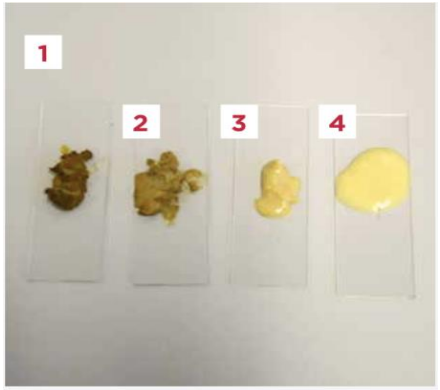


[10]Stéréotypie : mâchonnement dans le vide ou mâchonnement d'une barre

Notation sur les porcelets en maternité

Diarrhées en maternité

Note	
1	Déjections fermes
2	Présence de déjections pâteuses dans la case
3	Présence de déjections semi-liquides dans la case
4	Présence de déjections liquides dans la case



Prof. Joachim, University of Vienna

Maigreur

Un animal est considéré comme maigre si on peut voir, lors de l'observation, le **relief de la colonne vertébrale et des pointes des hanches**

Propreté des animaux

Note	
0	animal propre dont moins de 20 % du corps est souillé
1	animal sale dont entre 20 % et strictement moins de 50 % du corps semble souillé avec du lisier, de l'urine ou des fèces frais ou séchés
2	animal très sale dont plus de la moitié du corps est souillé avec du lisier, de l'urine ou des fèces frais ou séchés.

Boiteries

Note	
0	Aucune boiterie / Démarche normale
1	Mobilisation de tous les membres malgré une difficulté à marcher
2	Boiterie sévère avec un défaut d'appui du membre atteint
3	Marche impossible ou report d'appui total sur le membre non atteint

Griffures

Les griffures sont provoquées par des coups de dents ou des chevauchements. Il s'agit de pénétrations superficielles de l'épiderme voire d'une pénétration du tissu musculaire .
Lésions sur le corps de l'animal **hors tête** (notamment babines et oreilles) **et queue.**

0	Aucune griffure visible
1	Jusqu'à 4 lésions (taille supérieure à 3 cm) visibles
2	Plus de 4 lésions (taille supérieure à 3 cm) visibles

Blessures

Les blessures (à différencier des griffures) incluent des zones en relief, érythémateuses, (possibles croûtes), des lésions sanguinolentes et des lésions en cours de cicatrisation (croûtes). Le tissu cicatriciel n'est pas pris en compte.
Lésions sur le corps de l'animal **hors tête** (notamment babines et oreilles) **et queue.**

0	Porcs sans aucune blessure cutanée
1	Porcs avec des **lésions cutanées modérées** Lésion avec un diamètre inférieur à 5 cm, Et lésions superficielles Et l'ensemble des lésions représente moins de 25 % de la surface de la peau.
2	Porcs avec de **sévères blessures** sur le corps dont l'atteinte de la peau est profonde ou bien avec des lésions couvrant une grande proportion de la peau. Lésion avec un diamètre supérieur à 5 cm, Et/ou lésions s'étendent dans les couches profondes du derme Et/ou si l'ensemble des lésions représente plus de 25 % de la surface de la peau. Si un porc présente à la fois des lésions modérées et sévères, il sera alors relevé comme présentant des lésions sévères

Code d'enregistrement [CODE] : PIGAL/ELEV/ /_____

Notation individuelle sur les porcelets de 10-12 semaines et de fin d'engraissement (30 animaux/stade)

Maigreur

Un animal est considéré comme maigre si on peut voir, lors de l'observation, le relief de la colonne vertébrale et des pointes des hanches

Propreté des animaux

Note	
0	animal propre dont moins de 20 % du corps est souillé
1	animal sale dont entre 20 % et strictement moins de 50 % du corps semble souillé avec du lisier, de l'urine ou des fèces frais ou séchés
2	animal très sale dont plus de la moitié du corps est souillé avec du lisier, de l'urine ou des fèces frais ou séchés.

Boiteries

Note	
0	Aucune boiterie / Démarche normale
1	Mobilisation de tous les membres malgré une difficulté à marcher
2	Boiterie sévère avec un défaut d'appui du membre atteint
3	Marche impossible ou report d'appui total sur le membre non atteint

Blessures

Les blessures (à différencier des griffures) incluent des zones en relief, érythémateuses, (possibles croûtes), des lésions sanguinolentes et des lésions en cours de cicatrisation (croûtes). Le tissu cicatriciel n'est pas pris en compte.
Lésions sur le corps de l'animal **hors tête** (notamment babines et oreilles) **et queue ;**

0	Porcs sans aucune blessure cutanée
1	Porcs avec des **lésions cutanées modérées** Lésion avec un diamètre inférieur à 5 cm, Et lésions superficielles Et l'ensemble des lésions représente moins de 25 % de la surface de la peau.
2	Porcs avec de **sévères blessures** sur le corps dont l'atteinte de la peau est profonde ou bien avec des lésions couvrant une grande proportion de la peau. Lésion avec un diamètre supérieur à 5 cm, Et/ou lésions s'étendent dans les couches profondes du derme Et/ou si l'ensemble des lésions représente plus de 25 % de la surface de la peau. Si un porc présente à la fois des lésions modérées et sévères, il sera alors relevé comme présentant des lésions sévères

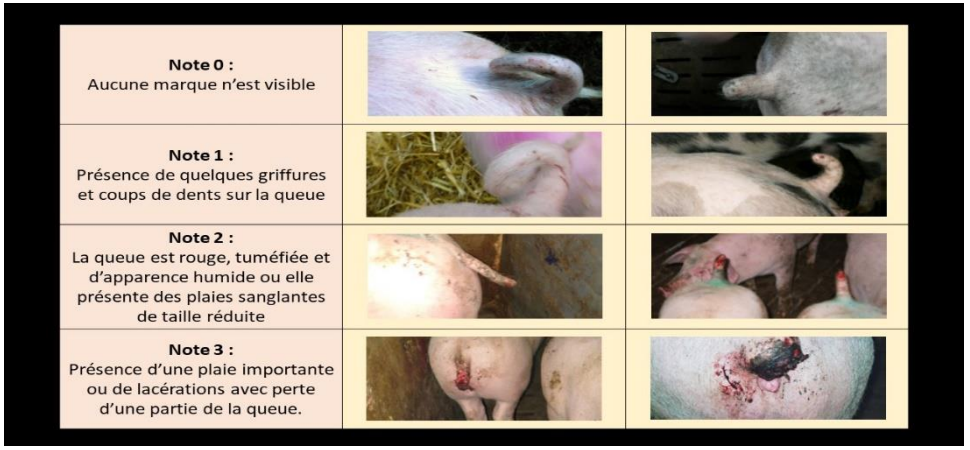
Griffures

Les griffures sont provoquées par des coups de dents ou des chevauchements. Il s'agit de pénétrations superficielles de l'épiderme voire d'une pénétration du tissu musculaire.
Lésions sur le corps de l'animal **hors tête** (notamment babines et oreilles) **et queue**.

0	Aucune griffure visible
1	Jusqu'à 4 lésions (taille supérieure à 3 cm) visibles
2	Plus de 4 lésions (taille supérieure à 3 cm) visibles

Lésions cutanées : autre que des blessures ou griffures

Lésions de queues

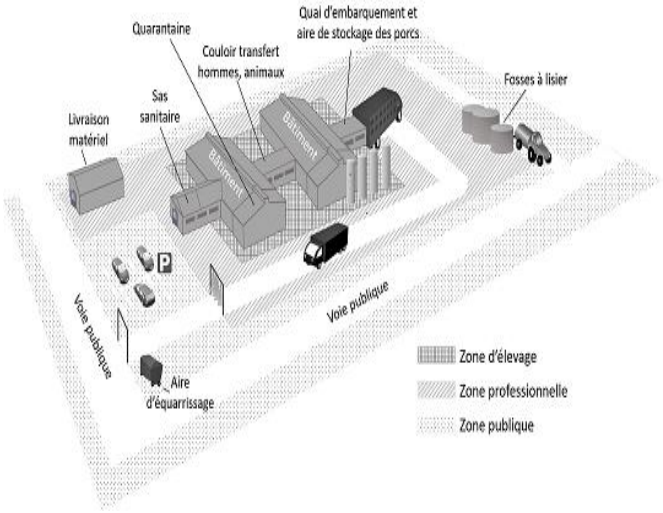


Diarrhées

Note	
0	Absence de selle liquide visible
1	Présence de selles pâteuses (type ciment - bouse)
2	Présence de selles liquides

Zonage de l'élevage

La **zone d'élevage** est constituée par l'ensemble des bâtiments d'élevage, parcs ou enclos. Cette zone est réservée aux personnes en tenue complète d'élevage et aux animaux de l'élevage. Cette zone est séparée de la zone professionnelle par un sas par lequel toutes les personnes pénétrant dans la zone d'élevage doivent passer, après au minimum changement de tenue et de bottes, et lavage et désinfection des mains.



La **zone professionnelle** est une aire intermédiaire entre la zone d'élevage et la zone publique. Elle doit être clairement définie et délimitée. L'accès à cette zone est réservé aux véhicules indispensables au fonctionnement de l'élevage (dont les camions livrant les aliments), aux visiteurs et au personnel de l'élevage

La **zone publique** est située en dehors de l'enceinte de l'élevage.

Parcours en rotation

En plein air, il doit y avoir des rotations entre les parcs. 2 cas de figure :

- Soit tous les parcs, y compris ceux en vide sanitaire, sont inclus dans la zone d'élevage
- Soit les parcs vides ne font pas partie de la zone d'élevage (Ensemble des rotations incluses dans la zone d'élevage

Définitions des salles, parcs, bandes…

En maternité, PS et engraissement on choisit une bande s'il y a une salle unique pour la bande ou une salle TAS s'il y a plusieurs salles dans la bande

Pour les élevages plein air, on considérera l'ensemble de la bande. S'il y a plusieurs parcs pour la même bande, on considérera le parc comme une subdivision d'une salle (équivalent case pour une salle de bâtiment)

En résumé :

En bâtiment 1 bande -> n salles -> nxm cases

En plein air 1 bande -> n parcs

$n \in [1 ; \infty[$ $m \in [1 ; \infty[$

Type de cabanes

Cabanes ½ lune

Cabane type chalet

Cabane ½ avec courette

Cabane ronde, avec espace délimité au centre pour les porcelets

Système de clôtures plein air

- *Présence d'un mur plein de minimum 1m3 de haut entre la partie plein air et l'extérieur de l'élevage*

- *Présence d'une clôture extérieure grillagée de 1,3 m de haut minimum, avec poteaux fixes + dispositif empêchant le passage d'un sanglier sous la clôture (rabat grillagé enterré sur l'extérieur ou 2 fils électriques à l'extérieur électrifiés en permanence)*

  Juger uniquement la **clôture extérieure** (cadres verts)

  Répondre oui si elle est conforme à une des 4 figures ci-dessous

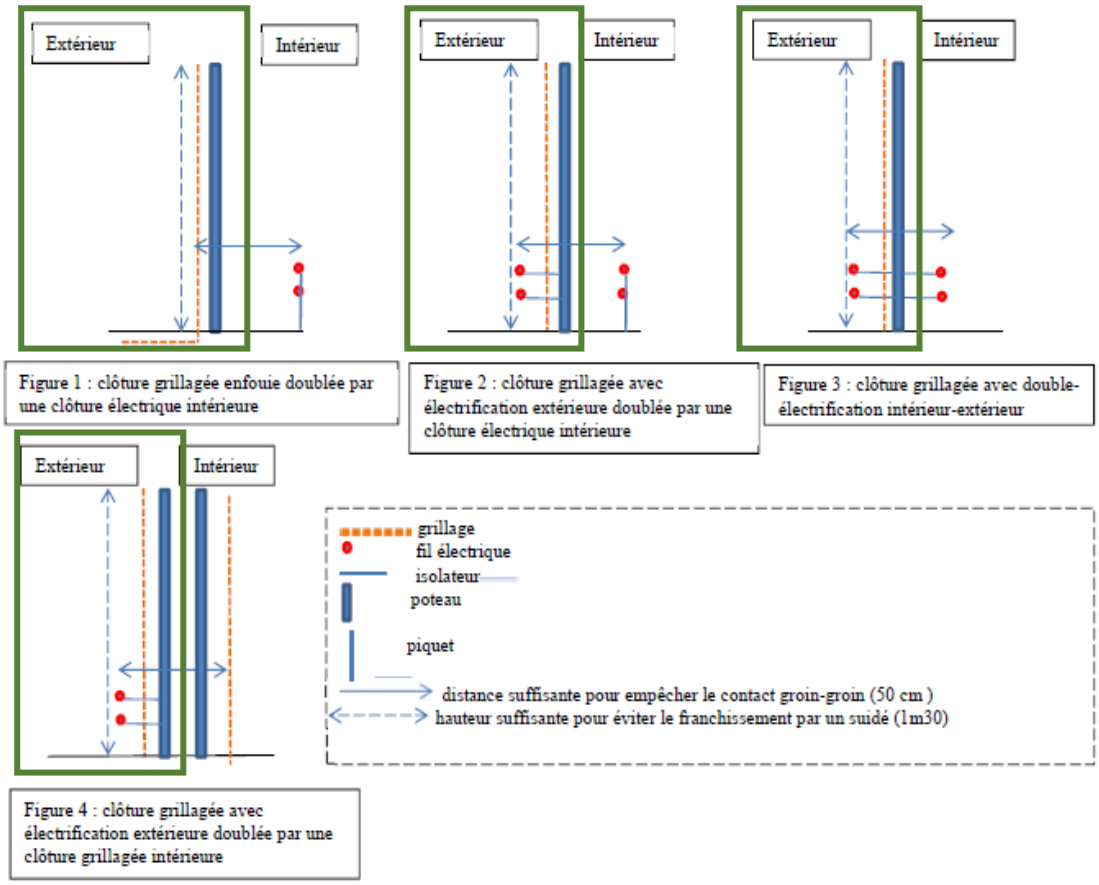


Figure 1 : clôture grillagée enfouie doublée par une clôture électrique intérieure

Figure 2 : clôture grillagée avec électrification extérieure doublée par une clôture électrique intérieure

Figure 3 : clôture grillagée avec double-électrification intérieur-extérieur

Figure 4 : clôture grillagée avec électrification extérieure doublée par une clôture grillagée intérieure

- *Présence d'une clôture intérieure soit grillagée (solidité empêchant le franchissement par un porc), soit électrique à plusieurs fils électriques superposés avec électrification permanente permettant de repousser les porcs*

  Juger uniquement la **clôture Intérieure**

  Répondre oui si elle est conforme aux 4 figures 1, 2 ou 4

  La clôture intérieure est **indépendante** ici de la clôture extérieure

- *Présence d'une simple clôture électrifiée des 2 côtés*

  Correspond à la figure 3

  Une unique clôture extérieure et intérieure

  La clôture intérieure est constituée de fils électriques fixées sur les poteaux de la clôture extérieure

Types d'abreuvoirs

Pipette

Bol

Gamelle, augette

Types de nourrisseurs

Nourrisseur

Auge

Nourrissoupe

Star Feeder (à la différence du nourrissoupe, les animaux peuvent manger des 2 côtés, et l'eau n'est pas mélangée à l'aliment)

Annexe 5- Fiches de commémoratifs.

anses Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort PIGAL

FICHE COMMEMORATIVE DES PRELEVEMENTS - TRUIES

CODE : PIGAL/ELEV/..... **Date de Visite :** ……/……/

N° prlvmt	N° boucle truie	N° case/parc	Rang de parité	Stade de gestation (nbre de semaines)	Prise de sang	Fèces *(30 g pour parasites VIPAC + GVB)*	Remarques
TR_01.		.....			▫ Tube sec	▫ NON ▫ OUI ▫ DÉFÉCATION ▫ AU SOL	
TR_02.		.....			▫ TUBE SEC	▫ NON ▫ OUI ▫ DÉFÉCATION ▫ AU SOL	
TR_03.		.....			▫ TUBE SEC	▫ NON ▫ OUI ▫ DÉFÉCATION ▫ AU SOL	
TR_04.		.....			▫ TUBE SEC	▫ NON ▫ OUI ▫ DÉFÉCATION ▫ AU SOL	
TR_05.		.....			▫ TUBE SEC	▫ NON ▫ OUI ▫ DÉFÉCATION ▫ AU SOL	
TR_06.		.....			▫ TUBE SEC	▫ NON ▫ OUI ▫ DÉFÉCATION ▫ AU SOL	
TR_07.		.....			▫ TUBE SEC	▫ NON ▫ OUI ▫ DÉFÉCATION ▫ AU SOL	
TR_08.		.....			▫ TUBE SEC	▫ NON ▫ OUI ▫ DÉFÉCATION ▫ AU SOL	
TR_09.		.....			▫ TUBE SEC	▫ NON ▫ OUI ▫ DÉFÉCATION ▫ AU SOL	
TR_10.		.....			▫ TUBE SEC	▫ NON ▫ OUI ▫ DÉFÉCATION ▫ AU SOL	

Si absence de défécation des truies prélevées en sang, pour les fèces prélevées au sol :

TR_11.		▫ au sol	▫ 30 g VIPAC / ▫ GVB
TR_12.		▫ au sol	▫ 30 g VIPAC / ▫ GVB
TR_13.		▫ au sol	▫ 30 g VIPAC / ▫ GVB
TR_14.		▫ au sol	▫ 30 g VIPAC / ▫ GVB
TR_15.		▫ au sol	▫ 30 g VIPAC / ▫ GVB
TR_16.		▫ au sol	▫ 30 g VIPAC / ▫ GVB
TR_17.		▫ au sol	▫ 30 g VIPAC / ▫ GVB
TR_18.		▫ au sol	▫ 30 g VIPAC / ▫ GVB
TR_19.		▫ au sol	▫ 30 g VIPAC / ▫ GVB
TR_20.		▫ au sol	▫ 30 g VIPAC / ▫ GVB

FICHE COMMEMORATIVE - PORCS de 10-12 SEMAINES de vie (1/2)

CODE : PIGAL/ELEV/..... **Date de Visite :** ...../...../ **Age des porcs (semaines) :** ..... **Lieu :** □ PS / □

N° prlvmt	N° porc	N° case/parc	Mucus trachéal	Prise de sang	Fèces *(au moins 10g pour salmo)*	Remarques
PC10Sem_01	1	.....	□	□ TUBE SEC	□ NON □ OUI □ DÉFÉCATION □ AU SOL	
PC10SEM_02	2	.....	□	□ TUBE SEC	□ NON □ OUI □ DÉFÉCATION □ AU SOL	
PC10SEM_03	3	.....	□	□ TUBE SEC	□ NON □ OUI □ DÉFÉCATION □ AU SOL	
PC10SEM_04	4	.....	□	□ TUBE SEC	□ NON □ OUI □ DÉFÉCATION □ AU SOL	
PC10SEM_05	5	.....	□	□ TUBE SEC	□ NON □ OUI □ DÉFÉCATION □ AU SOL	
PC10SEM_06	6	.....	□	□ TUBE SEC	□ NON □ OUI □ DÉFÉCATION □ AU SOL	
PC10SEM_07	7	.....	□	□ TUBE SEC	□ NON □ OUI □ DÉFÉCATION □ AU SOL	
PC10SEM_08	8	.....	□	□ TUBE SEC	□ NON □ OUI □ DÉFÉCATION □ AU SOL	
PC10SEM_09	9	.....	□	□ TUBE SEC	□ NON □ OUI □ DÉFÉCATION □ AU SOL	
PC10SEM_10	10	.....	□	□ TUBE SEC	□ NON □ OUI □ DÉFÉCATION □ AU SOL	

Si absence de défécation ou quantité insuffisante des porcs prélevés en sang/mucus, alors pour les fèces prélevées au sol :

ENG

PC10SEM_11	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB	PC10SEM_21	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB
PC10SEM_12	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB	PC10SEM_22	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB
PC10SEM_13	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB	PC10SEM_23	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB
PC10SEM_14	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB	PC10SEM_24	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB
PC10SEM_15	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB	PC10SEM_25	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB
PC10SEM_16	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB	PC10SEM_26	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB
PC10SEM_17	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB	PC10SEM_27	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB
PC10SEM_18	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB	PC10SEM_28	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB
PC10SEM_19	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB	PC10SEM_29	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB
PC10SEM_20	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB	PC10SEM_30	□ au sol	□ 10g HQPAP/□ 30 g VIPAC/□GVB

FICHE COMMEMORATIVE - PORCS de ≥22 SEMAINES de vie (1/2)

CODE : PIGAL/ELEV/..... **Date de Visite :** ...../...../..... **Age des porcs (semaines) :** .....

N° prlvmt	N° porc	N° case/parc	Mucus trachéal	Prise de sang	Fèces	Remarques
PC22SEM_01	1	.....	☐	☐ TUBE SEC	☐ NON ☐ OUI ☐ DÉFÉCATION ☐ AU SOL	
PC22SEM_02	2	.....	☐	☐ TUBE SEC	☐ NON ☐ OUI ☐ DÉFÉCATION ☐ AU SOL	
PC22SEM_03	3	.....	☐	☐ TUBE SEC	☐ NON ☐ OUI ☐ DÉFÉCATION ☐ AU SOL	
PC22SEM_04	4	.....	☐	☐ TUBE SEC	☐ NON ☐ OUI ☐ DÉFÉCATION ☐ AU SOL	
PC22SEM_05	5	.....	☐	☐ TUBE SEC	☐ NON ☐ OUI ☐ DÉFÉCATION ☐ AU SOL	
PC22SEM_06	6	.....	☐	☐ TUBE SEC	☐ NON ☐ OUI ☐ DÉFÉCATION ☐ AU SOL	
PC22SEM_07	7	.....	☐	☐ TUBE SEC	☐ NON ☐ OUI ☐ DÉFÉCATION ☐ AU SOL	
PC22SEM_08	8	.....	☐	☐ TUBE SEC	☐ NON ☐ OUI ☐ DÉFÉCATION ☐ AU SOL	
PC22SEM_09	9	.....	☐	☐ TUBE SEC	☐ NON ☐ OUI ☐ DÉFÉCATION ☐ AU SOL	
PC22SEM_10	10	.....	☐	☐ TUBE SEC	☐ NON ☐ OUI ☐ DÉFÉCATION ☐ AU SOL	

Si absence de défécation ou quantité insuffisante des porcs prélevés en sang/mucus, alors pour les fèces prélevées au sol :

PC22SEM_11	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB	PC22SEM_21	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB
PC22SEM_12	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB	PC22SEM_22	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB
PC22SEM_13	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB	PC22SEM_23	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB
PC22SEM_14	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB	PC22SEM_24	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB
PC22SEM_15	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB	PC22SEM_25	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB
PC22SEM_16	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB	PC22SEM_26	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB
PC22SEM_17	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB	PC22SEM_27	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB
PC22SEM_18	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB	PC22SEM_28	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB
PC22SEM_19	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB	PC22SEM_29	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB
PC22SEM_20	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB	PC22SEM_30	☐ au sol	☐ 10g HQPAP/☐ 30 g VIPAC/☐GVB

FICHE COMMEMORATIVE - Prélèvements de paille/foin

CODE : PIGAL/ELEV/...../PlvmtPailleFoin **Date de prélèvement :** ...../...../

Type de matière : □ Paille / □ Foin / □ autre, préciser : .....

Lieu de stockage où a été effectué le prélèvement : .....

- Si stockage dans plusieurs hangars, prendre celui le plus à risque/contamination extérieure ou avec de la paille/foin considéré à risque
- Echantillonner dans au moins 5 zones différentes d'au moins 5 bottes différentes
- Total = 1 sac zip de taille moyenne (500 grammes minimum)
- Stockage à -20°C en EPISABE

Annexe 6- Listes des variables ayant participé aux analyses des correspondances multiples.

	Nom de la variable	Description de la variable
	Saison	Saison durant laquelle l'élevage a été visité pour l'enquête (printemps été, automne, hiver)
Type d'élevage	Type_Elevage	Type d'élevage (1 : naisseur-engraisseur; 2 : naisseur-engraisseur partiel)
	QDC	Charte qualité (1- Conventionnel ; 2-Agriculture biologique ; 3- Label rouge ou label rouge fermier ; 4- Autre)
	PCONV	Production conventionnelle (0-Non ; 1-Oui)
	AB	Agriculture biologique (0-Non ; 1-Oui)
	LR_LRF	Label rouge ou label rouge fermier (0-Non ; 1-Oui)
	Ql_Taille_elevage	Taille de l'élevage (1 si au plus 50 truies ; 2 si entre 50 et 100 ; 3 si au moins 101 truies)
	Ql_Truies_par_UTH	Nombre de truies par UTH (1 si strictement moins de 51 truies ; 2 si au moins 51 truies)
Modalité de logement	MAT_Type	Type de maternité (1 : Plein-Air ; 2 : bâtiment fermé ; 3 : bâtiment avec courettes extérieures)
	MAT_PA	Maternité en plein-air (0-Non ; 1-Oui)
	MAT_Bat	Maternité en bâtiment (0-Non ; 1-Oui)
	MAT_CourEXT	Maternité en bâtiment avec des courettes extérieures (0-Non ; 1-Oui)
	MAT_TypeMatSolCaill	Maternité sur caillebotis (0-Non ; 1-Oui)
	MAT_Litière	Maternité sur litière (0-Non ; 1-Oui)
	VG_Type	Type de verraterie-gestante (1 : Plein-Air ; 2 : bâtiment fermé ; 3 : bâtiment avec courettes extérieures)
	VG_PA	Verraterie-gestante en plein-air (0-Non ; 1-Oui)
	VG_Bat	Verraterie-gestante en bâtiment (0-Non ; 1-Oui)
	VG_CourEXT	Verraterie-gestante en bâtiment avec des courettes extérieures (0-Non ; 1-Oui)
	VG_TypeMatSolCaill	Verraterie-gestante sur caillebotis (0-Non ; 1-Oui)
	VG_Litière	Verraterie-gestante sur litière (0-Non ; 1-Oui)
	PS_Type	Type de post-sevrage (1 : Plein-Air ; 2 : bâtiment fermé ; 3 : bâtiment avec courettes extérieures)
	PS_PA	Post-sevrage en plein-air (0-Non ; 1-Oui)
	PS_Bat	Post-sevrage en bâtiment (0-Non ; 1-Oui)
	PS_CourEXT	Post-sevrage en bâtiment avec des courettes extérieures (0-Non ; 1-Oui)
	PS_TypeMatSolCaill	Post-sevrage sur caillebotis (0-Non ; 1-Oui)
	PS_Litière	Post-sevrage sur litière (0-Non ; 1-Oui)
	ENG_Type	Type d'engraissement (1 : Plein-Air ; 2 : bâtiment fermé ; 3 : bâtiment avec courettes extérieures)
	ENG_PA	Engraissement en plein-air (0-Non ; 1-Oui)
	ENG_Bat	Engraissement en bâtiment (0-Non ; 1-Oui)
	ENG_CourEXT	Engraissement en bâtiment avec des courettes extérieures (0-Non ; 1-Oui)
	ENG_TypeMatSolCaill	Engraissement sur caillebotis (0-Non ; 1-Oui)
	Eng_Litière	Engraissement sur litière (0-Non ; 1-Oui)
	Q_PA	Quarantaine en plein-air (0-Non ; 1-Oui)

Conduite des animaux	Q_Bat	Quarantaine en bâtiment (0-Non ; 1-Oui)
	BS_EntretBât	Entretien du bâtiment correct (0-Non ; 1-Oui)
	Ql_INTERVBD	Intervalle entre bandes (1 si < 5 semaines ; 2 si 5 ou 6 semaines ; 3 si au moins 7 semaines)
	Ql_AGESEV	Age au sevrage (1 si strictement moins de 42 jours ; 2 si au moins 42 jours)
Conduite sanitaire	TPTV_PS	Conduite en tout plein tout vide en post-sevrage (0-Non ; 1-Oui)
	TPTV_E	Conduite en tout plein tout vide en engraissement (0-Non ; 1-Oui)
	LavSystMat	Lavage systématique des maternités entre bandes (0-Non ; 1-Oui)
	LavSystPS	Lavage systématique des post-sevrages entre bandes (0-Non ; 1-Oui)
	LavSystEng	Lavage systématique des engraissements entre bandes (0-Non ; 1-Oui)
	LavSystG	Lavage systématique des gestantes entre bandes (0-Non ; 1-Oui)
	Derat	Dératisation dans l'élevage (0-Non ; 1-Oui)
	BS_stock_lit	Stockage de la litière considéré correct en termes de biosécurité (0-Non ; 1-Oui)
Conduite antiparasitaire	DEPIQUAR	Déparasitage interne en quarantaine (0-Non ; 1-Oui)
	DEPI_TR	Déparasitage interne sur les truies (0-Non ; 1-Oui)
	DEPI_VER	Déparasitage interne sur les verrats (0-Non ; 1-Oui)
	DEPI_PNS	Déparasitage interne des porcelets non sevrés (0-Non ; 1-Oui)
	DEPI_PCh	Déparasitage interne des porcs en croissance (0-Non ; 1-Oui)
	Ql_NbDEPI_TR	Nombre de déparasitages par truie et par an (1 si 0 ou 1 ; 2 si au moins 2)
	Ql_NbDEPI_PCh2	Nombre de déparasitages internes par porc en croissance (1 si 0 ou 1 ; 2 si au moins 2)
	Ql_NbDEPI_PCh3	Nombre de déparasitages internes par porc en croissance (1 si 0 ou 1 ; 2 si 2 ; 3 si au moins 3)
	Ql_Inter_Dep_copro_10S	Intervalle entre les prélèvements de fèces faits sur les animaux de 10-12 semaines d'âge et le dernier vermifuge administré sur ces animaux (1 si moins de 6 semaines ; 2 si au moins 6 semaines)
	Ql_Inter_Dep_copro_22S	Intervalle entre les prélèvements de fèces faits sur les animaux en fin de croissance et le dernier vermifuge administré sur ces animaux (1 si moins de 6 semaines ; 2 si au moins 6 semaines)

Annexe 7- Script du modèle bayésien utilisé pour estimer la sensibilité et la spécificité des diagnostics sérologiques et coprologiques pour *Ascaris suum.*

L'exemple proposé ici est celui qui permettait d'estimer les performances de COPRO20 et SERASCA1

```
datatab<- read.table('datacopro20_1.txt',header=FALSE)
LoiBeta<- read.table('loiBeta20_1.txt')
library(R2WinBUGS)

xm<-matrix(0,4,4)
n<-NULL
ascaris.sim<-NULL                    ###initialisations
Simulation<-NULL

for (i in 1:3){
 #Partie données
 xm[i,]<-datatab[1:4,i] #on retire la ligne des totaux
 n<-datatab[5,i] #ligne des totaux
 x<-xm[i,]
 data<-list("n","x")
 #Partie modèle
 text <- NULL
 text <- c(text,
        "model;",
        "{",
        "x[1:4] ~ dmulti(p[1:4], n)",
        "p[1]          <-          pi*(seSERASCA1*seCOPRO20+covDp)+(1-pi)*((1-spSERASCA1)*(1-
         spCOPRO20)+covDn)",
        "p[2]    <-    pi*(seSERASCA1*(1-seCOPRO20)-covDp)+(1-pi)*((1-spSERASCA1)*spCOPRO20-
         covDn)",
        "p[3]    <-    pi*((1-seSERASCA1)*seCOPRO20-covDp)+(1-pi)*(spSERASCA1*(1-spCOPRO20)-
         covDn)",
        "p[4]                    <-                    pi*((1-seSERASCA1)*(1-seCOPRO20)+covDp)+(1-
         pi)*(spSERASCA1*spCOPRO20+covDn)",
        "ls <- (seSERASCA1-1)*(1-seCOPRO20)",
        "us <- min(seSERASCA1,seCOPRO20) - seSERASCA1*seCOPRO20",
        "lc <- (spSERASCA1-1)*(1-spCOPRO20)",
        "uc <- min(spSERASCA1,spCOPRO20) - spSERASCA1*spCOPRO20",
        "covDp ~ dunif(ls, us)",
        "covDn ~ dunif(lc, uc)",
        "rhoD <- covDp / sqrt(seSERASCA1*(1-seSERASCA1)*seCOPRO20*(1-seCOPRO20))",
        "rhoDc <- covDn / sqrt(spSERASCA1*(1-spSERASCA1)*spCOPRO20*(1-spCOPRO20))",
        paste("seCOPRO20 ~ dbeta(",LoiBeta[i,1],",", LoiBeta[i,2],sep ='',")"),
        paste("pi ~ dbeta(",LoiBeta[i,3],",", LoiBeta[i,4],sep ='',")"),
        paste("seSERASCA1 ~ dbeta(",LoiBeta[i,5],",", LoiBeta[i,6],sep ='',")"),
        paste("spCOPRO20 ~ dbeta(",LoiBeta[i,7],",", LoiBeta[i,8],sep = '',")"),
        paste("spSERASCA1 ~ dbeta(",LoiBeta[i,9],",", LoiBeta[i,10],sep = '',")"),
        "}",
```

```
        "")
 writeLines(text, c("~/Thèse maxime/Master V Le Cointe/Bayesien ascaris/1 SERASCA positive/20
  copros (sans truie)/modele20_1.txt") , sep = "\n")

 #Valeurs initiales
 inits <- function() {list (pi=runif(1,0.1,1), seSERASCA1=runif(1,0.3,1), seCOPRO20=runif(1,0.3,1),
  spSERASCA1=runif(1,0.5,1), spCOPRO20=runif(1,0.8,1))}
 parameters <- c("pi","seSERASCA1","seCOPRO20","spSERASCA1", "spCOPRO20", "rhoD", "rhoDc")
 ascaris.sim[[i]]<- bugs (data, inits, parameters, "modele20_1.txt", n.chains=3,
  n.iter=20000,n.burnin=1000,n.thin=1, debug=F, bugs.directory="C:/WinBUGS14", DIC=T)
 Simulation[[i]]<-ascaris.sim[[i]]$sims.matrix ##Récupère les simulations à chaque boucle
}


################ Diagnostics de convergence ###################
chaine1<-NULL   #Initialisation
chaine2<-NULL
chaine3<-NULL
mcmc<-NULL
Heidelberger<-list()
Raftery<-list()
Gelman<-list()
Gelman.plot<-NULL


for (k in 1:3)
{
 chaine1[[k]]<-mcmc(data= Simulation[[k]][1:19000,1:7], thin = 1)        #Création des objets mcmc
 chaine2[[k]]<-mcmc(data= Simulation[[k]][19001:38000,1:7], thin = 1)
 chaine3[[k]]<-mcmc(data= Simulation[[k]][38001:57000,1:7], thin = 1)

 mcmc[[k]]<-mcmc.list(chaine1[[k]],chaine2[[k]],chaine3[[k]])     ##Compilation des 3 chaînes en un
  seul objet mcmc

 Heidelberger[[k]]<-heidel.diag(mcmc[[k]], eps=0.1, pvalue=0.05)
 Raftery[[k]]<-raftery.diag(mcmc[[k]], q=0.025, r=0.005, s=0.95, converge.eps=0.001)
 Gelman[[k]]<-gelman.diag(mcmc[[k]], confidence = 0.95, transform=FALSE, autoburnin=TRUE)
}
```

Annexe 8- Quantifications en mycoplasmes par prélèvement par catégorie d'animaux et par type d'élevage.

	Ensemble des élevages	Naisseur-engraisseurs	Post-sevreurs-engraisseurs
Mycoplasma hyopneumoniae			
Porcelets (10-12 semaines d'âge)			
Quantification moyenne par prélèvement (eg/ml)	$3,95.10^6$	$2,14.10^6$	$1,12.10^7$
Écart type	$7,75.10^6$	$4,45.10^6$	$2,10.10^7$
Porcs en engraissement (≥ 22 semaines d'âge)			
Quantification moyenne par prélèvement (eg/ml)	$6,62.10^6$	$6,74.10^6$	$6,13.10^6$
Écart type	$1,22.10^7$	$1,21.10^7$	$1,28.10^7$
Mycoplasma hyorhinis			
Porcelets (10-12 semaines d'âge)			
Quantification moyenne par prélèvement (eg/ml)	$7,08.10^6$	$8,23.10^6$	$2,46.10^6$
Écart type	$1,55.10^7$	$1,81.10^7$	$5,19.10^6$
Porcs en engraissement (≥ 22 semaines d'âge)			
Quantification moyenne par prélèvement (eg/ml)	$1,19.10^6$	$1,32.10^6$	$6,67.10^5$
Écart type	$2,77.10^6$	$3,02.10^6$	$1,75.10^6$
Mycoplasma flocculare			
Porcelets (10-12 semaines d'âge)			
Quantification moyenne par prélèvement (eg/ml)	$3,64.10^4$	$4,31.10^4$	$9,82.10^3$
Écart type	$1,05.10^5$	$1,24.10^5$	$2,98.10^4$
Porcs en engraissement (≥ 22 semaines d'âge)			
Quantification moyenne par prélèvement (eg/ml)	$7,10.10^5$	$8,72.10^5$	$6,19.10^4$
Écart type	$1,77.10^6$	$2,17.10^6$	$1,58.10^5$

Eg= équivalent génome

Annexe 9- Taux d'haptoglobine (en mg/ml) par prélèvement par catégorie d'animaux et par type d'élevage.

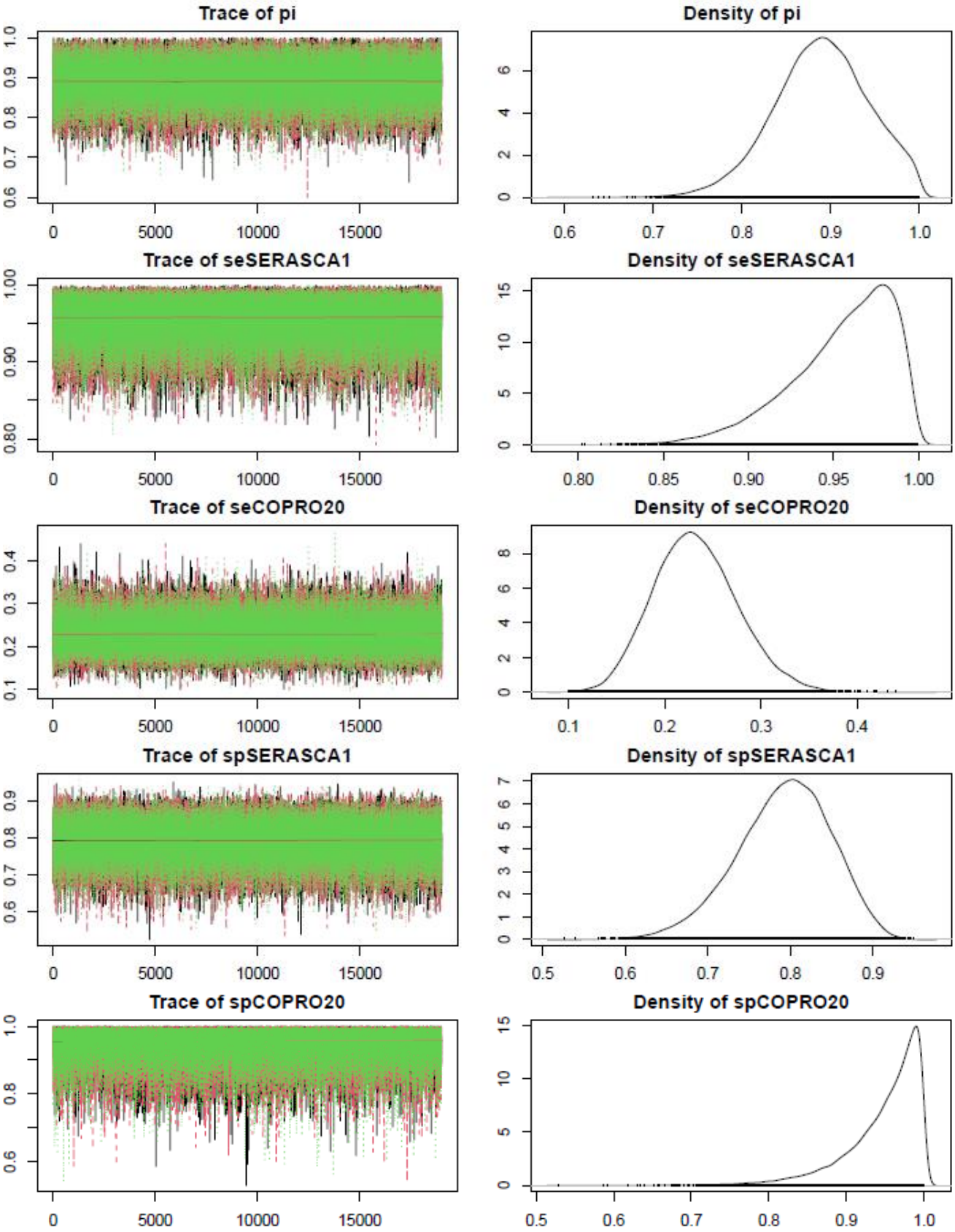
	Ensemble des élevages (n = 112)	Naisseurs engraisseurs (n = 80)	Naisseurs (n = 12)	Post-sevreurs-engraisseurs (n = 20)
Truies				
Moyenne	1,46	1,45	1,56	
Ecart-type	0,33	0,33	0,32	
Min - Max	0,67-2,41	0,67-2,41	0,93-2,01	
Porcelets (10-12 semaines d'âge)				
Moyenne	1,00	0,98		1,11
Ecart-type	0,59	0,61		0,52
Min - Max	0,44-2,18	0,03-3,37		0,44-2,18
Porcs en engraissement (≥ 22 semaines d'âge)				
Moyenne	0,96	0,05		1,01
Ecart-type	0,54	0,57		0,38
Min - Max	0,06-3,11	0,06-3,11		0,36-1,91

Annexe 10- Historiques des chaînes de Markov Monte Carlo (MCMC) (figures de gauche) et densités des distributions *a posteriori* (figures de droite) résultantes des paramètres du modèle bayésien multinomial utilisé pour estimer les sensibilités et les spécificités des diagnostics sérologiques et coprologiques pour *Ascaris suum*.

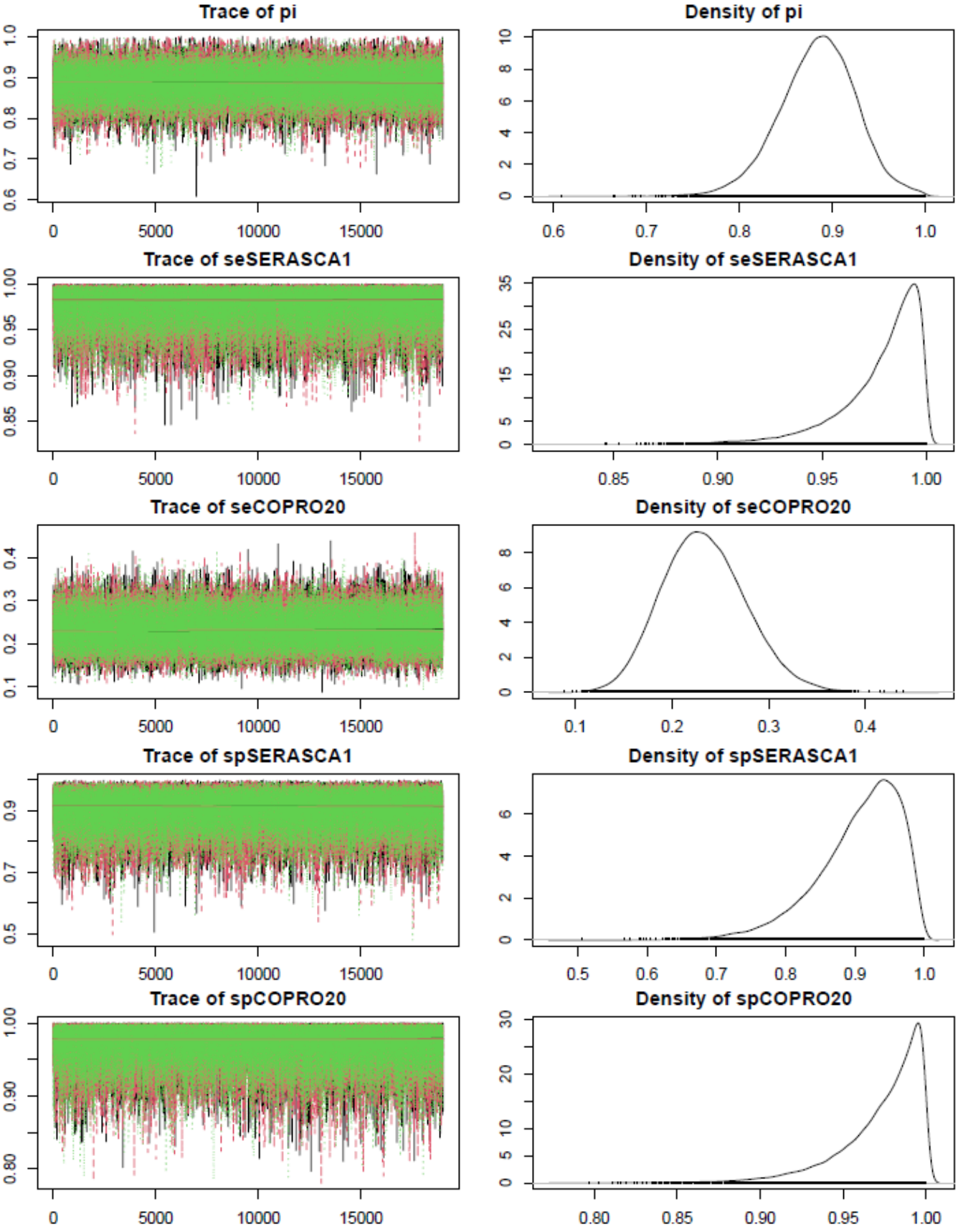
Légende (pour les figures des 12 pages suivantes) :

- Pi = prévalence
- seSERASCA1 : sensibilité du diagnostic sérologique SERASCA1 (un élevage est considéré positif si au moins un animal était séropositif sur les 10 animaux prélevés en fin d'engraissement, après 22 semaines d'âge)
- seSERASCA2 : sensibilité du diagnostic sérologique SERASCA2 (un élevage est considéré positif si au moins deux animaux étaient séropositifs sur les 10 animaux prélevés en fin d'engraissement, après 22 semaines d'âge)
- spSERASCA1 : spécificité du diagnostic sérologique SERASCA1 (un élevage est considéré positif si au moins un animal était séropositif sur les 10 animaux prélevés en fin d'engraissement, après 22 semaines d'âge)
- spSERASCA2 : spécificité du diagnostic sérologique SERASCA2 (un élevage est considéré positif si au moins deux animaux étaient séropositifs sur les 10 animaux prélevés en fin d'engraissement, après 22 semaines d'âge)
- seCOPRO20 : sensibilité du diagnostic sérologique COPRO20 (un élevage est considéré infesté (positif) si au moins un œuf d'*A. suum* a été mis en évidence dans au moins un des 20 prélèvements réalisés sur les porcs en croissance (10 porcelets de 10-12 semaines d'âge et 10 porcs d'au moins 22 semaines d'âge))
- seCOPRO30 : sensibilité du diagnostic sérologique COPRO30 (un élevage est considéré infesté (positif) si au moins un œuf d'*A. suum* a été mis en évidence dans au moins un des 30 prélèvements réalisés à la fois sur les porcs en croissance (10 porcelets de 10-12 semaines d'âge et 10 porcs d'au moins 22 semaines d'âge) et sur 10 truies)
- spCOPRO20 : spécificité du diagnostic sérologique COPRO20 (un élevage est considéré infesté (positif) si au moins un œuf d'*A. suum* a été mis en évidence dans au moins un des 20 prélèvements réalisés sur les porcs en croissance (10 porcelets de 10-12 semaines d'âge et 10 porcs d'au moins 22 semaines d'âge))
- spCOPRO30 : spécificité du diagnostic sérologique COPRO30 (un élevage est considéré infesté (positif) si au moins un œuf d'*A. suum* a été mis en évidence dans au moins un des 30 prélèvements réalisés à la fois sur les porcs en croissance (10 porcelets de 10-12 semaines d'âge et 10 porcs d'au moins 22 semaines d'âge) et sur 10 truies)

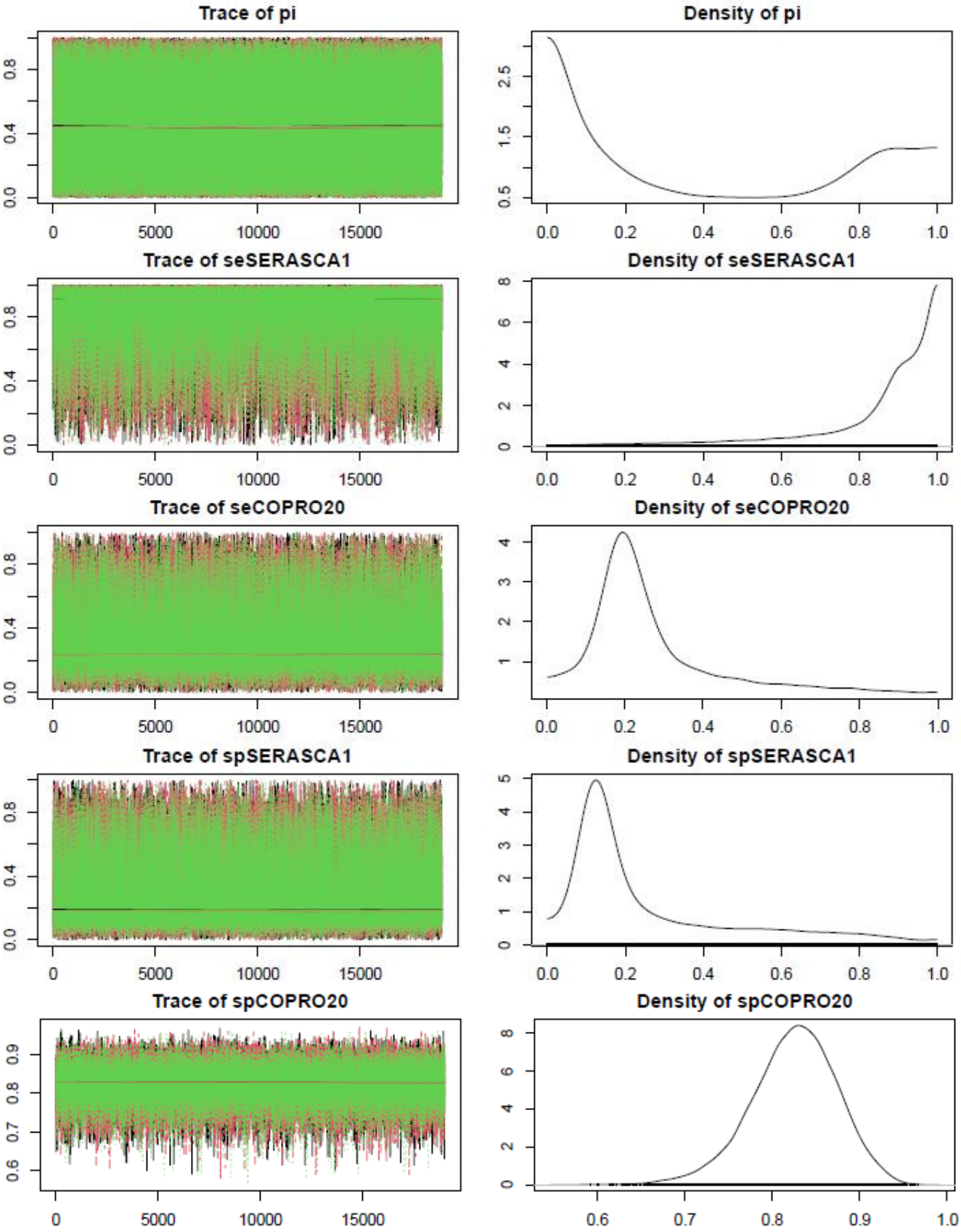
Diagnostics COPRO20 et SERASCA1 (option A = option moyennement informative)



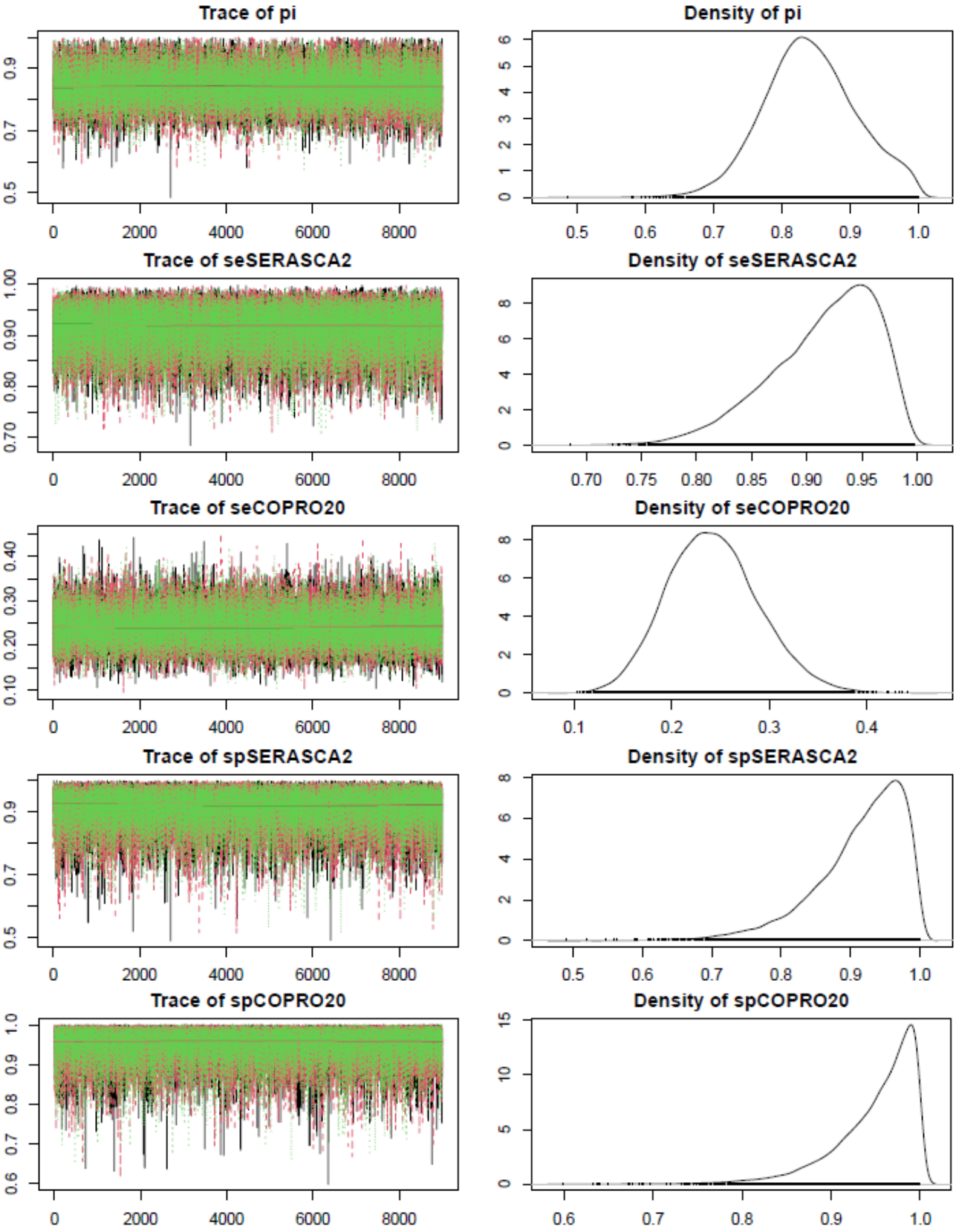
Diagnostics COPRO20 et SERASCA1 (option B = option informative)



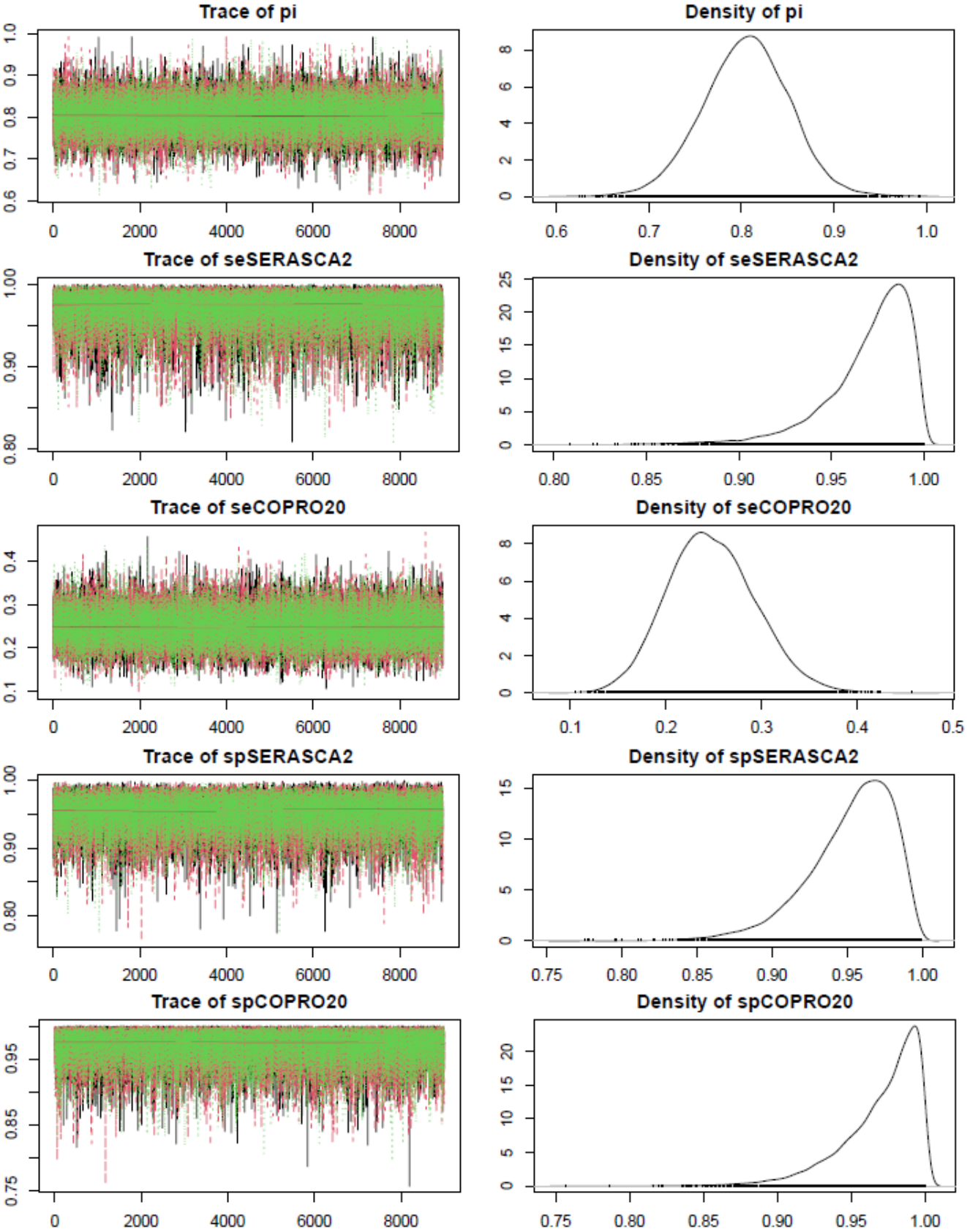
Diagnostics COPRO20 et SERASCA1 (option C = option non informative)



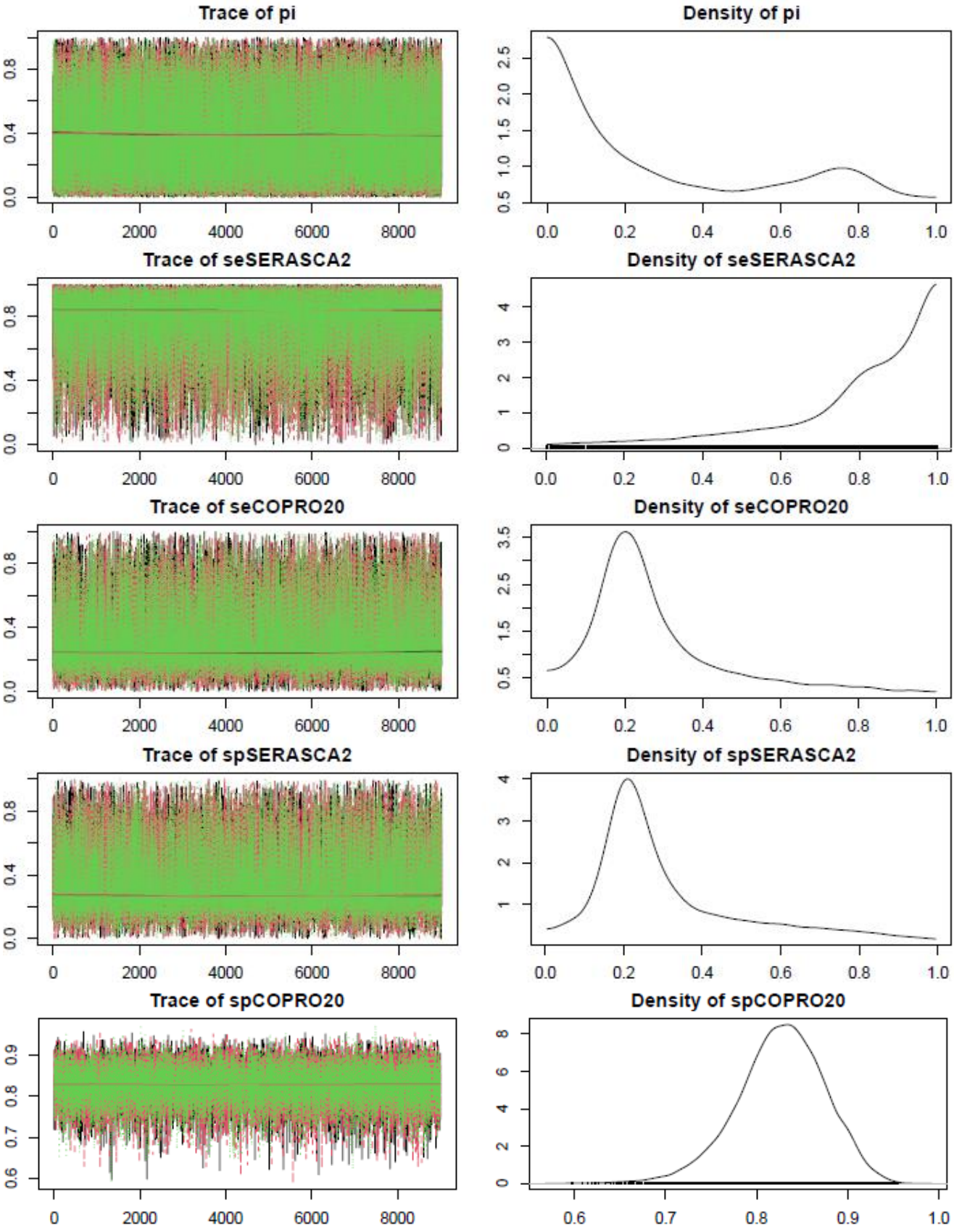
Diagnostics COPRO20 et SERASCA2 (option A = option moyennement informative)



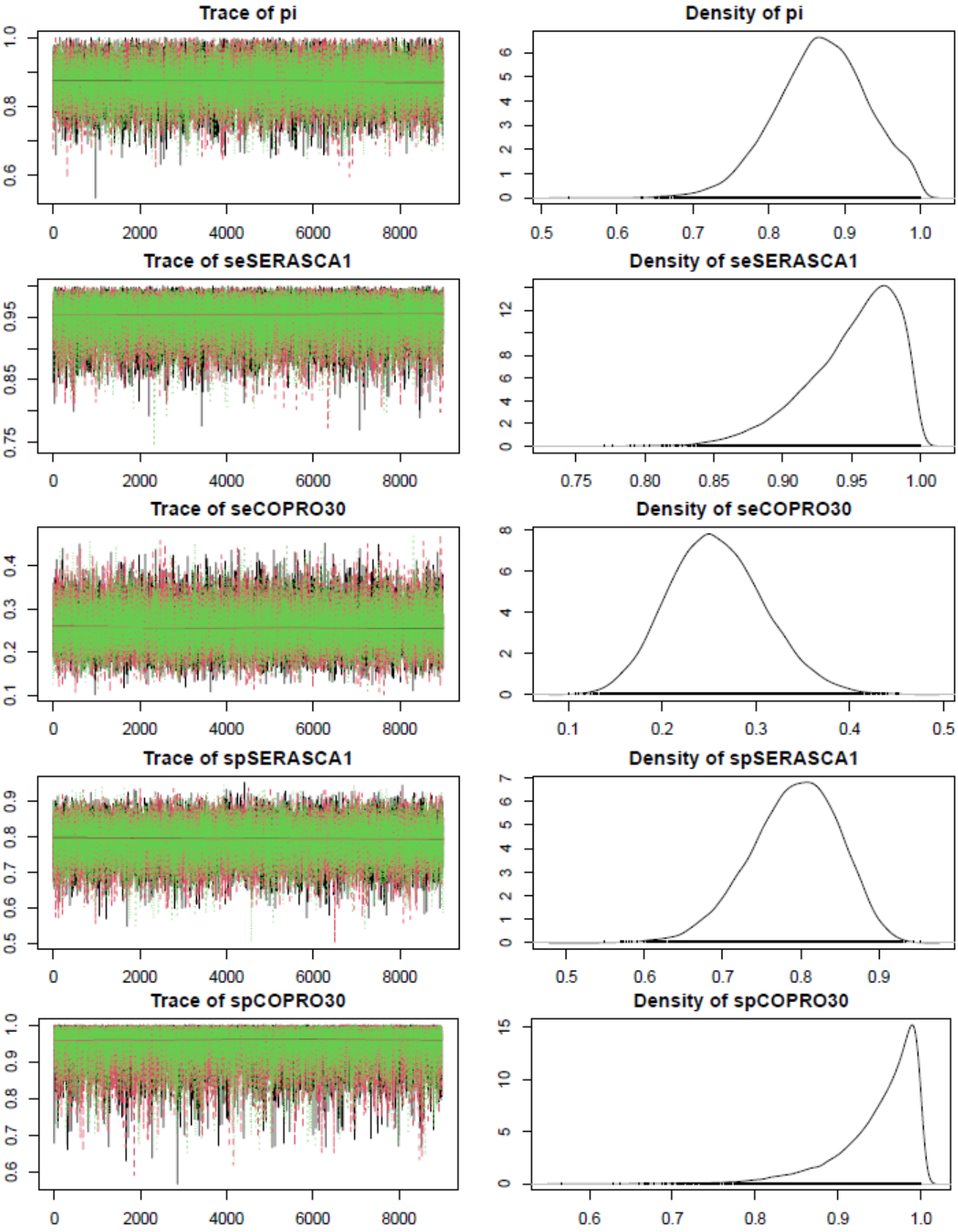
Diagnostics COPRO20 et SERASCA2 (option B = option informative)



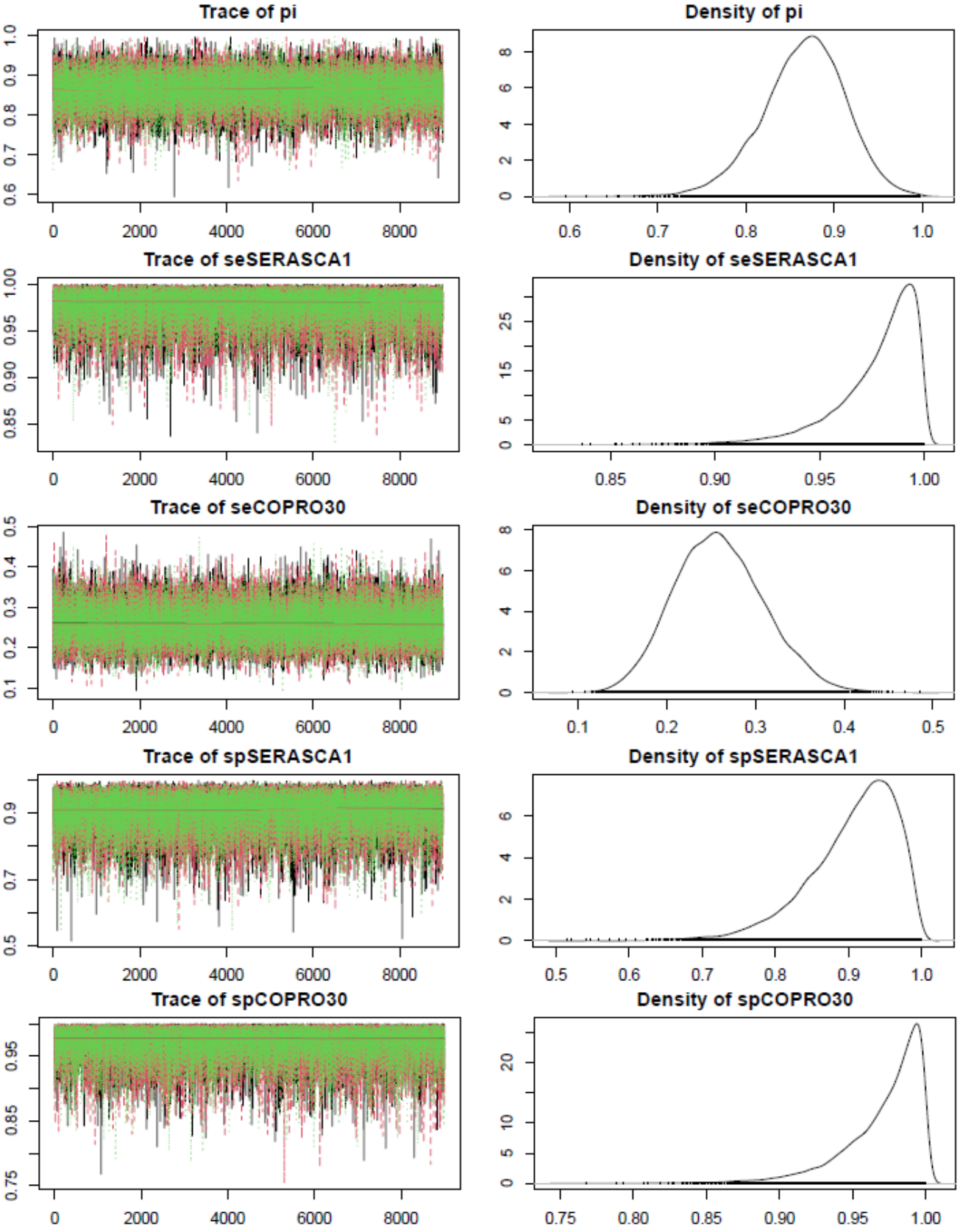
Diagnostics COPRO20 et SERASCA2 (option C = option non informative)



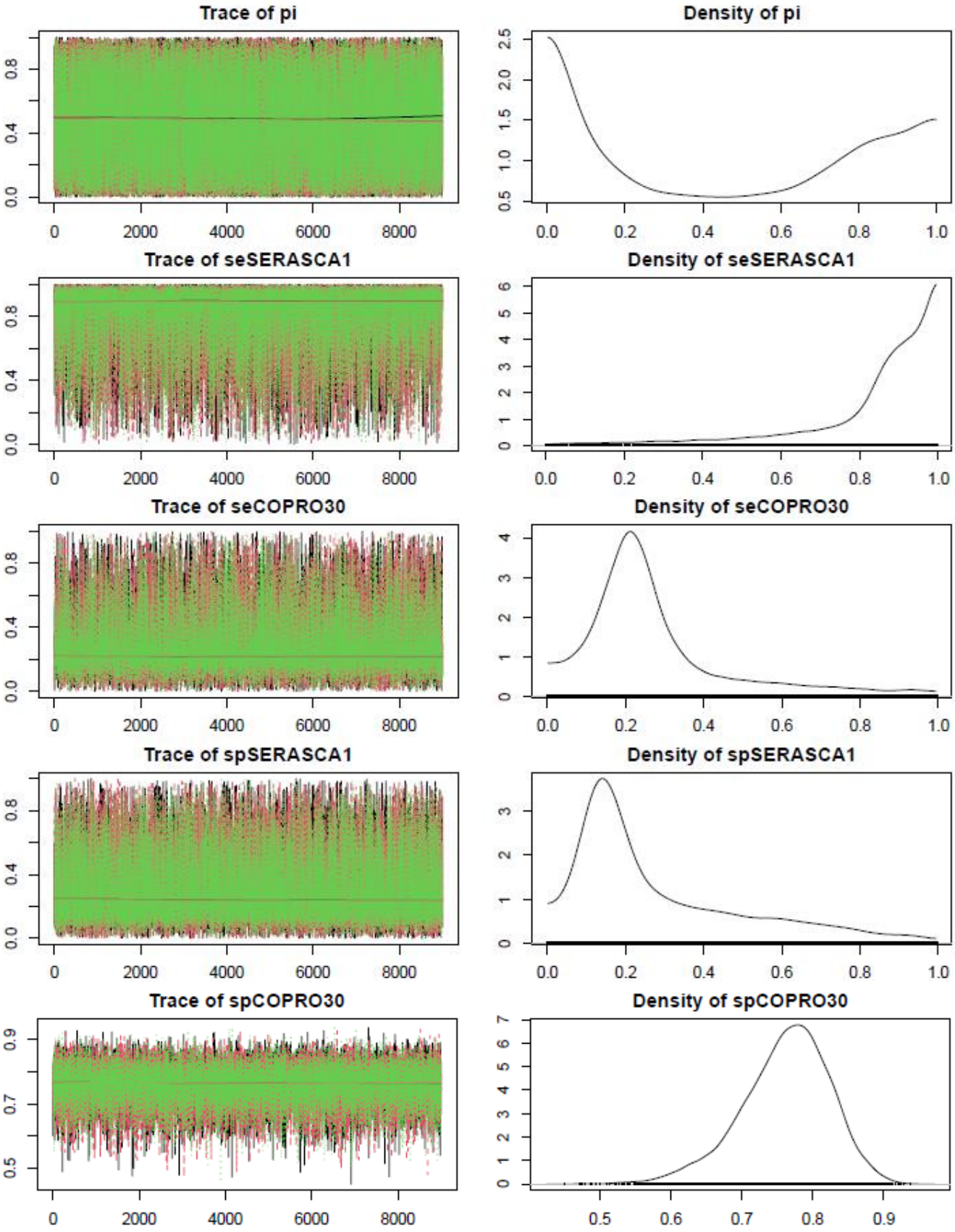
Diagnostics COPRO30 et SERASCA1 (option A = option moyennement informative)



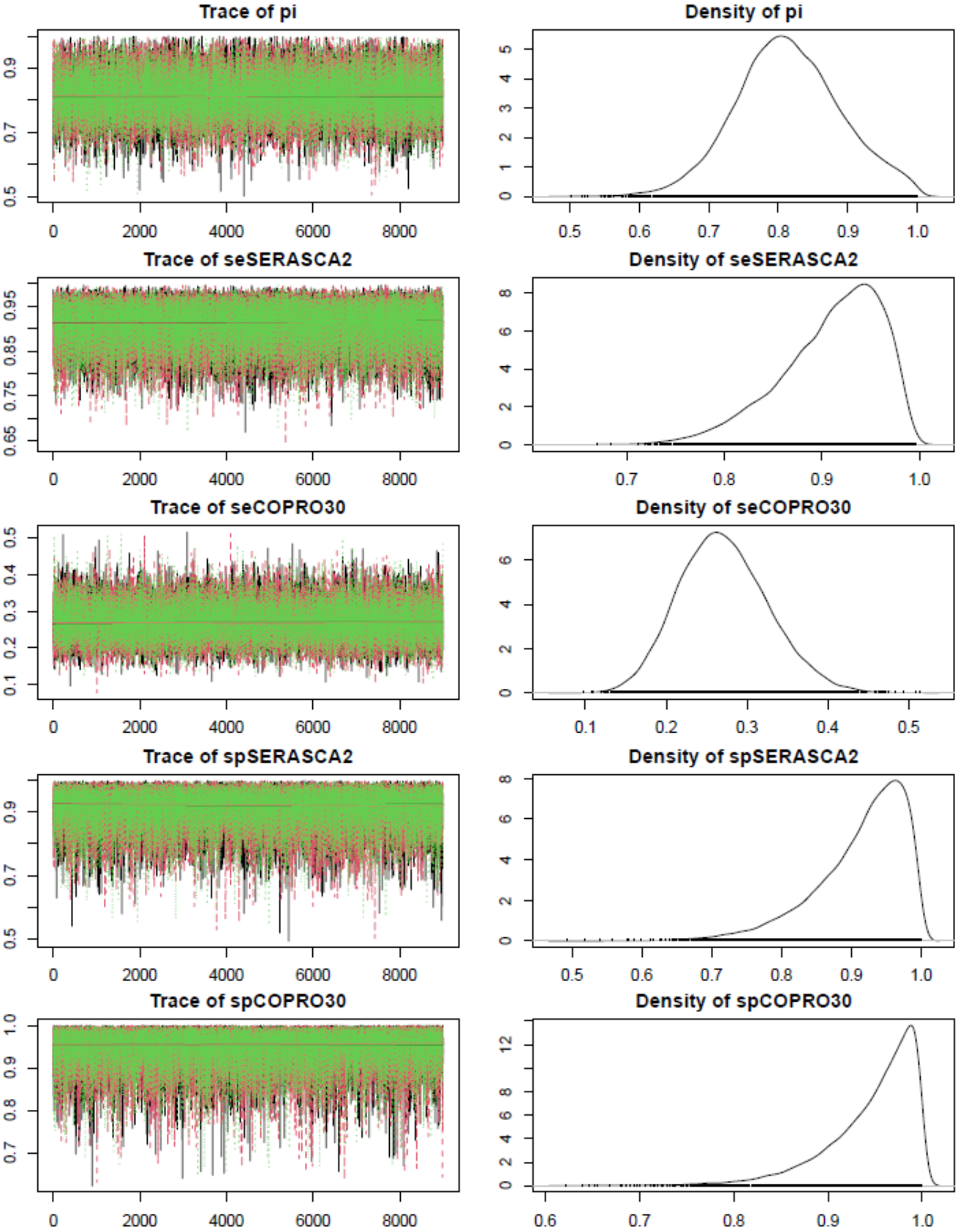
Diagnostics COPRO30 et SERASCA1 (option B = option informative)



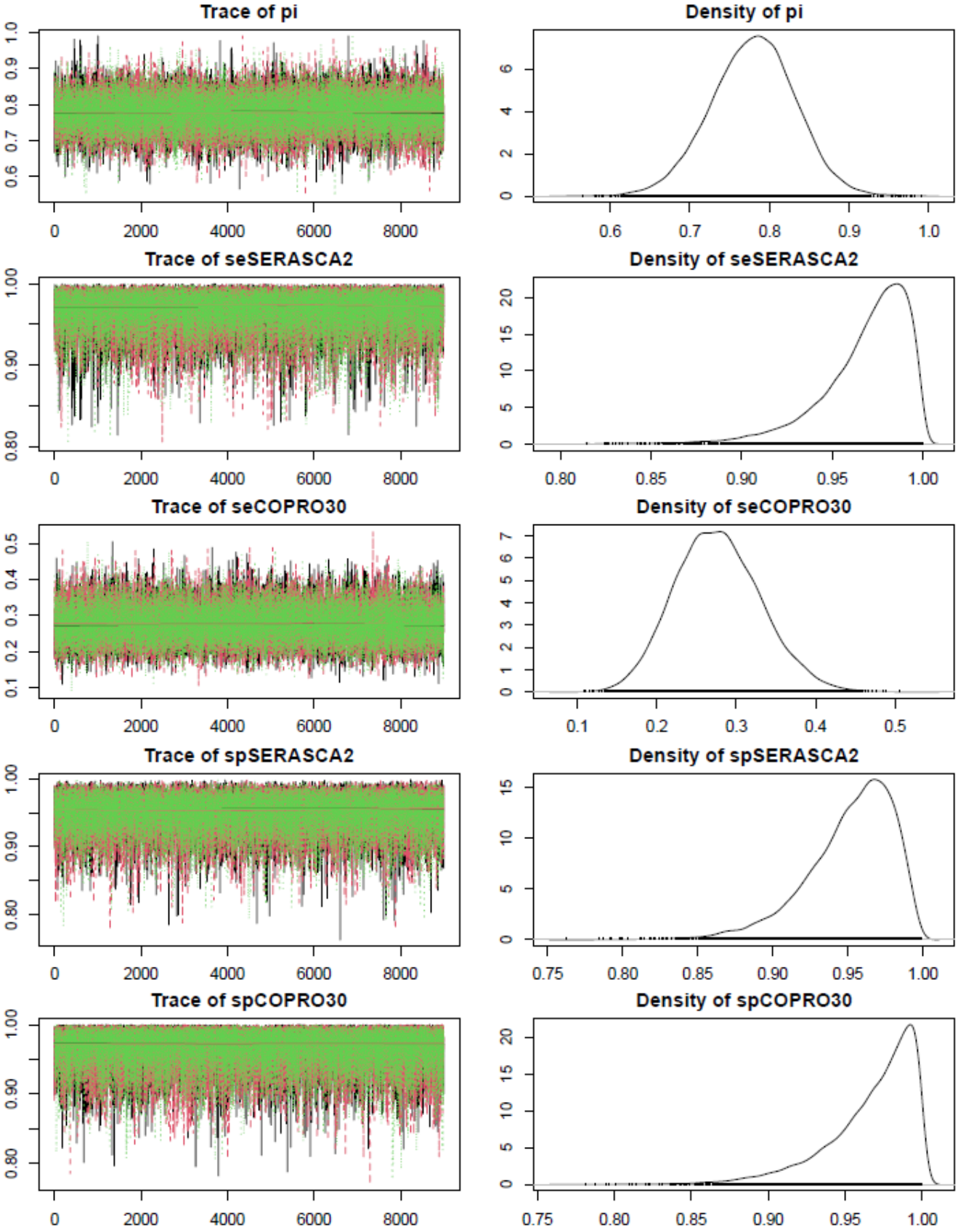
Diagnostics COPRO30 et SERASCA1 (option C = option non informative)



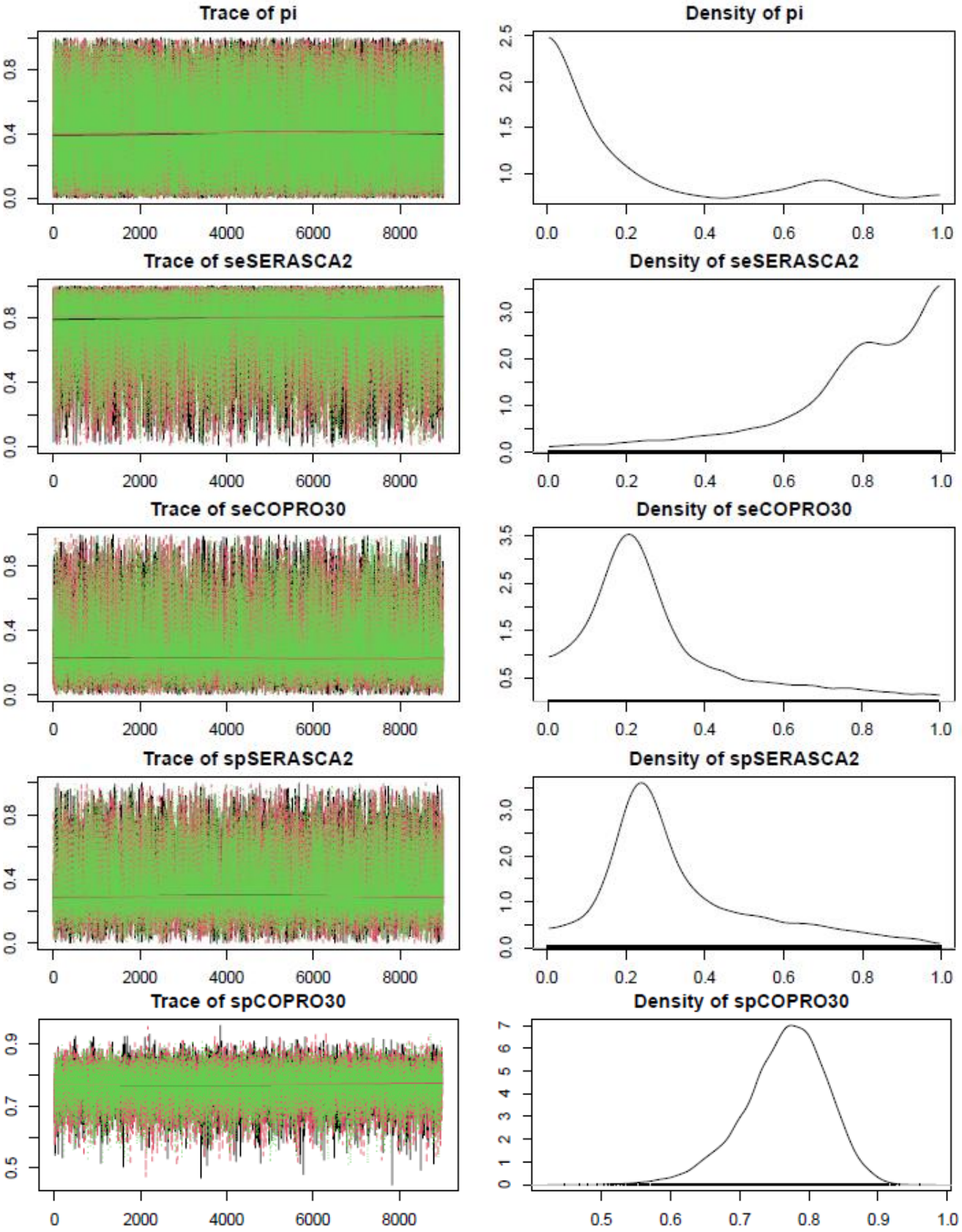
Diagnostics COPRO30 et SERASCA2 (option A = option moyennement informative)



Diagnostics COPRO30 et SERASCA2 (option B = option informative)



Diagnostics COPRO30 et SERASCA2 (option C = option non informative)



Annexe 11- Caractéristiques des distributions *a posteriori* de la sensibilité et de la spécificité des diagnostics coprologiques et sérologiques pour *Ascaris suum* ainsi que de la prévalence en fonction du niveau informatif des distributions *a priori* (priors) - Modèles COPRO20 (n = 100 élevages).

	Modèle COPRO20 / SERASCA1					Modèle COPRO20 / SERASCA2				
			Percentile					Percentile		
	Variable	Moyenne	2,5 %	50 %	97,5 %	Variable	Moyenne	2,5 %	50 %	97,5 %
Option A = option moyennement informative	Se_t diagnostic COPRO20	23,2 %	15,3 %	23,0 %	32,3 %	Se_t diagnostic COPRO20	24,2 %	15,9 %	24,0 %	33,9 %
	Sp_t diagnostic COPRO20	95,0 %	82,2 %	96,5 %	99,9 %	Sp_t diagnostic COPRO20	95,0 %	82,8 %	96,3 %	99,9 %
	Se_t diagnostic SERASCA1	95,4 %	88,1 %	96,1 %	99,5 %	Se_t diagnostic SERASCA2	91,5 %	80,4 %	92,3 %	98,3 %
	Sp_t diagnostic SERASCA1	79,2 %	67,1 %	79,6 %	89,1 %	Sp_t diagnostic SERASCA2	91,4 %	74,9 %	92,9 %	99,3 %
	Prévalence	89,0 %	78,1 %	89,1 %	98,7 %	Prévalence	84,2 %	71,1 %	84,0 %	97,6 %
Option B = option informative	Se_t diagnostic COPRO20	23,3 %	15,4 %	23,1 %	32,3 %	Se_t diagnostic COPRO20	24,8 %	16,3 %	24,6 %	34,4 %
	Sp_t diagnostic COPRO20	97,2 %	90,2 %	98,0 %	99,9 %	Sp_t diagnostic COPRO20	96,9 %	89,9 %	97,7 %	99,9 %
	Se_t diagnostic SERASCA1	97,9 %	92,6 %	98,4 %	99,9 %	Se_t diagnostic SERASCA2	97,1 %	91,2 %	97,7 %	99,8 %
	Sp_t diagnostic SERASCA1	90,5 %	75,7 %	91,8 %	98,7 %	Sp_t diagnostic SERASCA2	95,1 %	88,0 %	95,6 %	99,1 %
	Prévalence	88,4 %	79,9 %	88,6 %	96,1 %	Prévalence	80,5 %	71,1 %	80,6 %	89,3 %
Option C = option peu informative	Se_t diagnostic COPRO20	30,4 %	4,3 %	23,0 %	88,8 %	Se_t diagnostic COPRO20	30,9 %	4,1 %	23,8 %	89,7 %
	Sp_t diagnostic COPRO20	82,5 %	71,9 %	82,8 %	91,4 %	Sp_t diagnostic COPRO20	82,6 %	72,1 %	82,9 %	91,4 %
	Se_t diagnostic SERASCA1	83,8 %	22,7 %	91,0 %	99,7 %	Se_t diagnostic SERASCA2	79,0 %	17,5 %	86,0 %	99,6 %
	Sp_t diagnostic SERASCA1	27,4 %	3,2 %	16,6 %	87,9 %	Sp_t diagnostic SERASCA2	34,0 %	6,3 %	26,1 %	87,8 %
	Prévalence	45,6 %	0,5 %	41,2 %	98,2 %	Prévalence	40,5 %	0,7 %	35,4 %	95,7 %

Se_t = sensibilité troupeau / **Sp_t** = spécificité troupeau

Copro20 : un élevage est considéré positif si au moins un œuf d'*A. suum* a été mis en évidence dans au moins un des 20 prélèvements réalisés sur les porcs en croissance (10 porcelets de 10-12 semaines et 10 porcs d'au moins 22 semaines d'âge).

SERASCA1 : un élevage est considéré positif si au moins 1 animal était séropositif sur les 10 animaux prélevés en fin d'engraissement, après 22 semaines d'âge.

SERASCA2 : un élevage est considéré positif si au moins 2 animaux était séropositifs sur les 10 animaux prélevés en fin d'engraissement, après 22 semaines d'âge.

Annexe 12- Caractéristiques des distributions *a posteriori* de la sensibilité et de la spécificité des diagnostics coprologiques et sérologiques pour *Ascaris suum* ainsi que de la prévalence en fonction du niveau informatif des distributions *a priori* (priors) - Modèles COPRO30 (n = 80 élevages).

	Modèle COPRO30 / SERASCA1					Modèle COPRO30 / SERASCA2				
			Percentile					Percentile		
	Variable	Moyenne	2,5 %	50 %	97,5 %	Variable	Moyenne	2,5 %	50 %	97,5 %
Option A = option moyennement informative	Se_t diagnostic COPRO30	25,9 %	16,5 %	25,6 %	36,5 %	Se_t diagnostic COPRO30	27,1 %	17,2 %	26,8 %	38,6 %
	Sp_t diagnostic COPRO30	94,9 %	81,7 %	96,4 %	99,9 %	Sp_t diagnostic COPRO30	94,6 %	82,2 %	96,0 %	99,8 %
	Se_t diagnostic SERASCA1	95,0 %	87,2 %	95,7 %	99,4 %	Se_t diagnostic SERASCA2	91,0 %	78,8 %	91,9 %	98,2 %
	Sp_t diagnostic SERASCA1	79,2 %	67,0 %	79,6 %	89,1 %	Sp_t diagnostic SERASCA2	91,3 %	74,6 %	92,9 %	99,3 %
	Prévalence	87,0 %	74,5 %	87,1 %	98,3 %	Prévalence	81,4 %	66,8 %	81,2 %	96,8 %
Option B = option informative	Se_t diagnostic COPRO30	25,9 %	16,6 %	25,7 %	36,4 %	Se_t diagnostic COPRO30	27,7 %	17,7 %	27,5 %	38,8 %
	Sp_t diagnostic COPRO30	97,1 %	89,9 %	98,0 %	99,9 %	Sp_t diagnostic COPRO30	96,7 %	89,1 %	97,5 %	99,9 %
	Se_t diagnostic SERASCA1	97,8 %	92,5 %	98,3 %	99,9 %	Se_t diagnostic SERASCA2	96,8 %	90,5 %	97,4 %	99,7 %
	Sp_t diagnostic SERASCA1	90,6 %	75,9 %	91,8 %	98,7 %	Sp_t diagnostic SERASCA2	95,1 %	88,0 %	95,7 %	99,1 %
	Prévalence	86,5 %	76,5 %	86,8 %	95,1 %	Prévalence	77,9 %	67,3 %	78,1 %	88,1 %
Option C = option peu informative	Se_t diagnostic COPRO30	28,8 %	2,9 %	23,0 %	87,4 %	Se_t diagnostic COPRO30	28,5 %	2,5 %	23,0 %	86,8 %
	Sp_t diagnostic COPRO30	76,3 %	62,1 %	76,9 %	87,0 %	Sp_t diagnostic COPRO30	76,4 %	63,0 %	77,0 %	87,0 %
	Se_t diagnostic SERASCA1	82,1 %	19,6 %	89,2 %	99,6 %	Se_t diagnostic SERASCA2	76,4 %	16,9 %	82,0 %	99,3 %
	Sp_t diagnostic SERASCA1	28,9 %	3,5 %	19,1 %	88,1 %	Sp_t diagnostic SERASCA2	35,3 %	5,3 %	28,7 %	87,2 %
	Prévalence	47,7 %	0,5 %	48,0 %	98,6 %	Prévalence	42,6 %	0,9 %	40,6 %	96,5 %

Se_t = sensibilité troupeau / **Sp_t** = spécificité troupeau

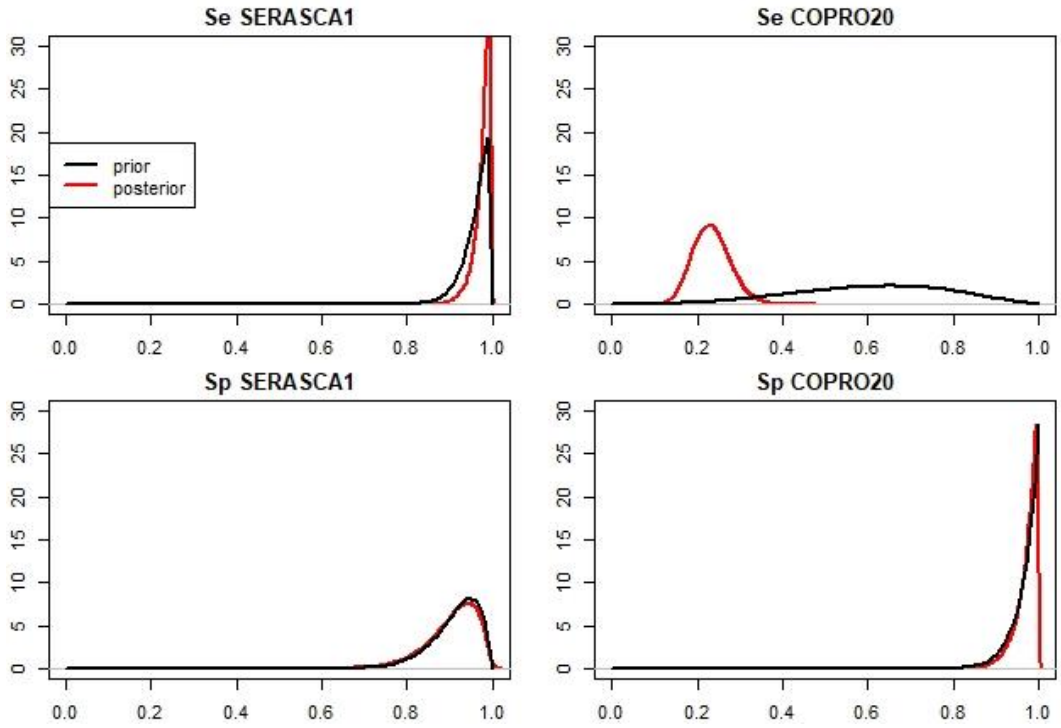
Copro30 : un élevage est considéré positif si au moins un œuf d'*A. suum* a été mis en évidence dans au moins un des 30 prélèvements réalisés à la fois sur les porcs en croissance (10 porcelets de 10-12 semaines et 10 porcs d'au moins 22 semaines d'âge- 100 élevages) et sur 10 truies.

SERASCA1 : un élevage est considéré positif si au moins 1 animal était séropositif sur les 10 animaux prélevés en fin d'engraissement, après 22 semaines d'âge.

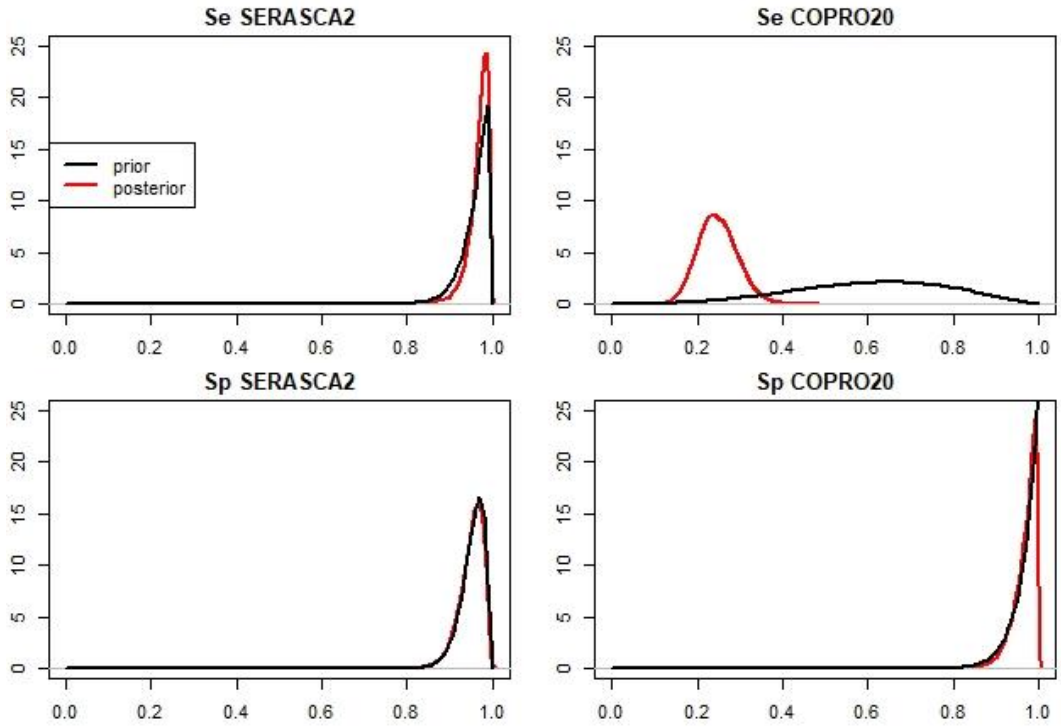
SERASCA2 : un élevage est considéré positif si au moins 2 animaux était séropositifs sur les 10 animaux prélevés en fin d'engraissement, après 22 semaines d'âge.

Annexe 13- Distributions *a priori* et *a posteriori* de la sensibilité et de la spécificité des diagnostics sérologiques et coprologiques pour *Ascaris suum* – option informative (B).

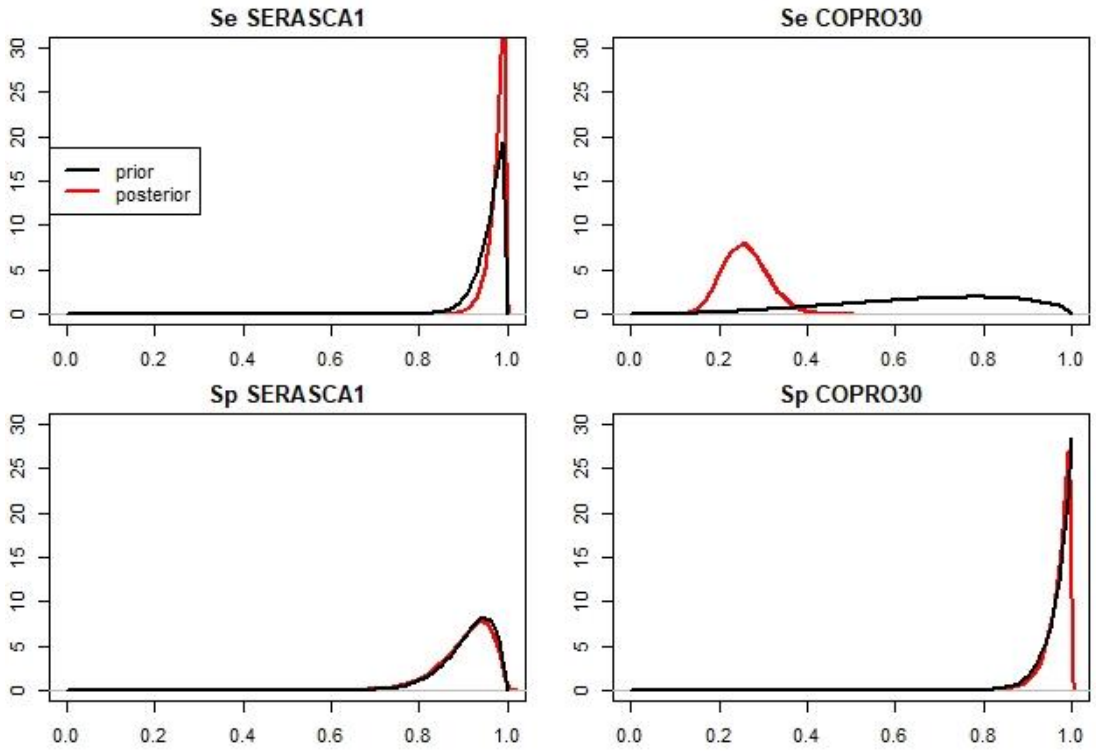
Modèle COPRO20-SERASCA1



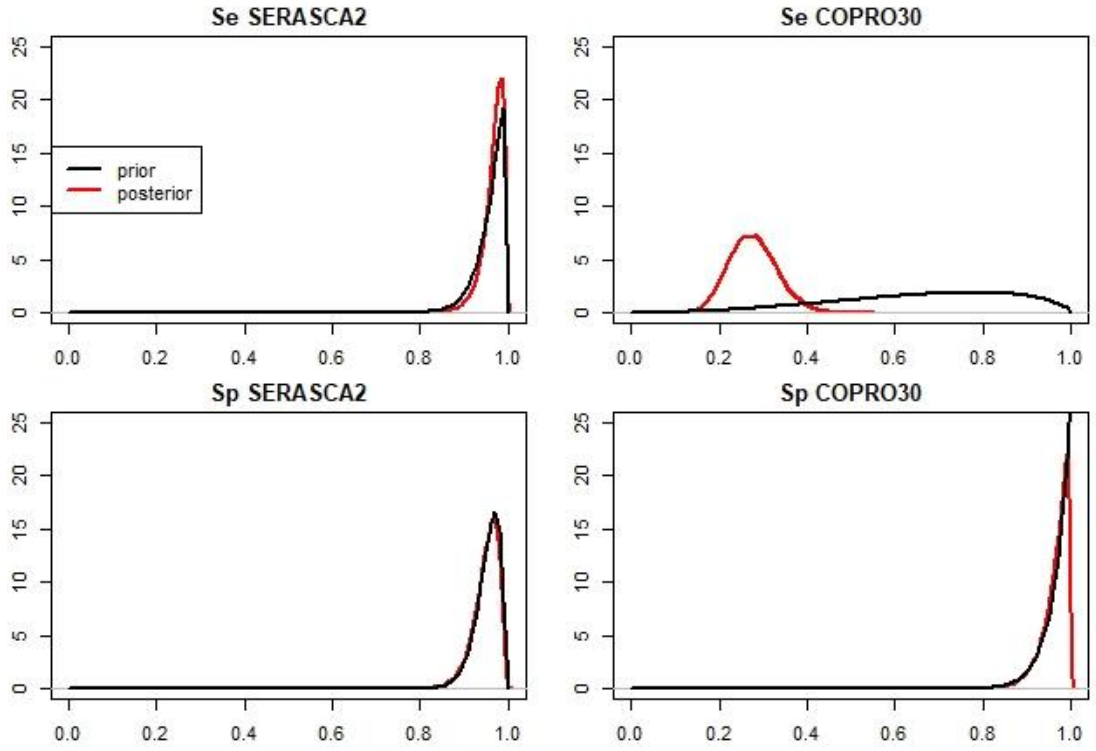
Modèle COPRO20-SERASCA2



Modèle COPRO30-SERASCA1

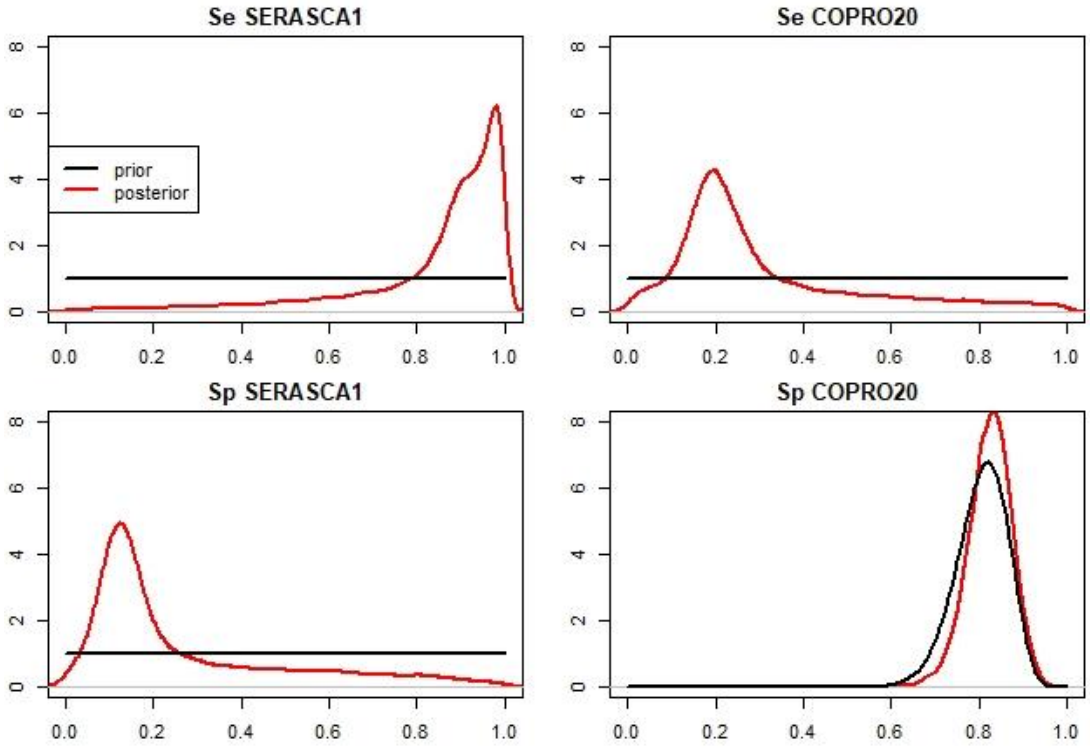


Modèle COPRO30-SERASCA2

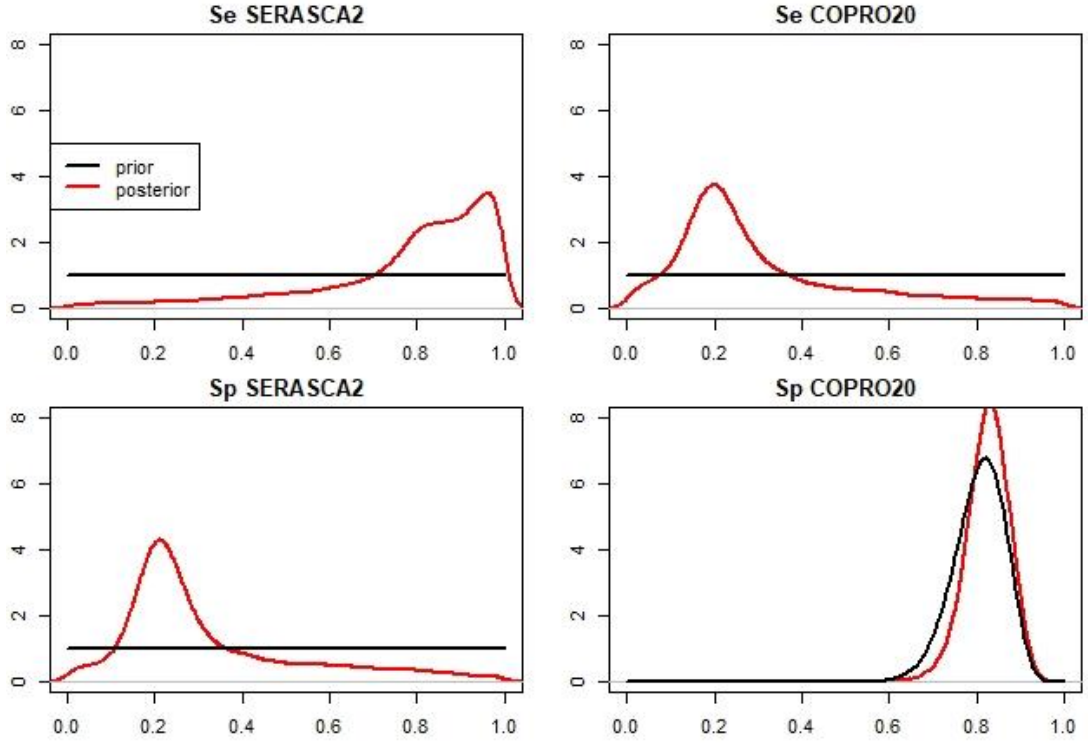


Annexe 14- Distributions *a priori* et *a posteriori* de la sensibilité et de la spécificité des diagnostics sérologiques et coprologiques pour *Ascaris suum* – option peu informative (C).

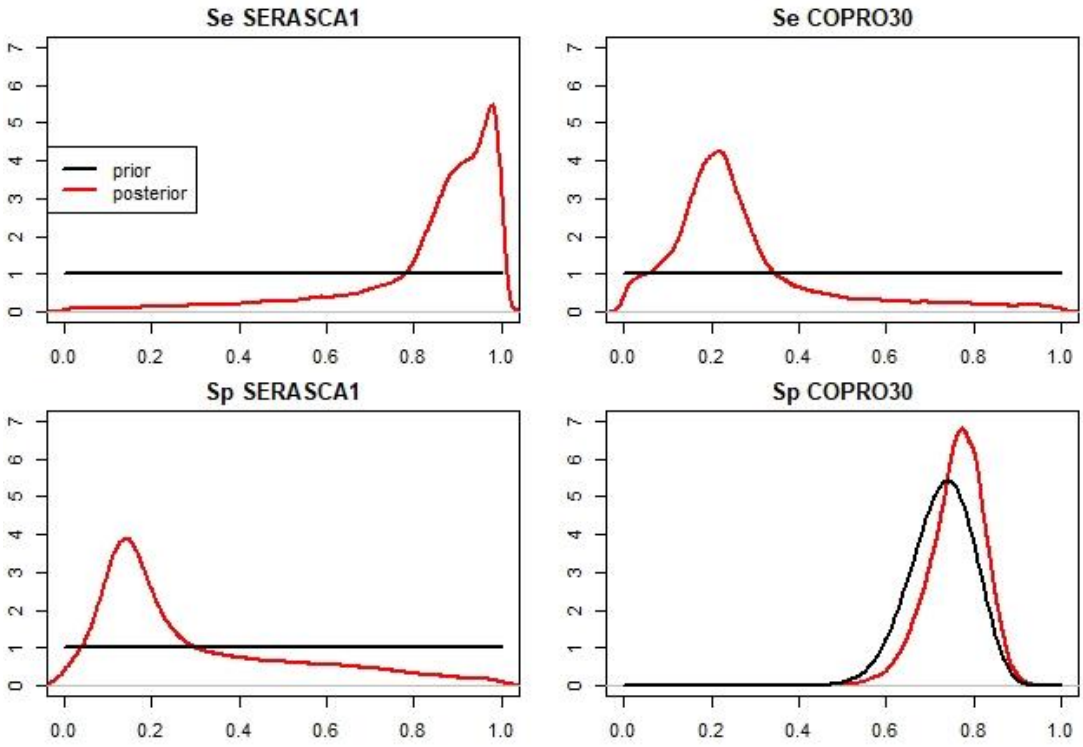
Modèle COPRO20-SERASCA1



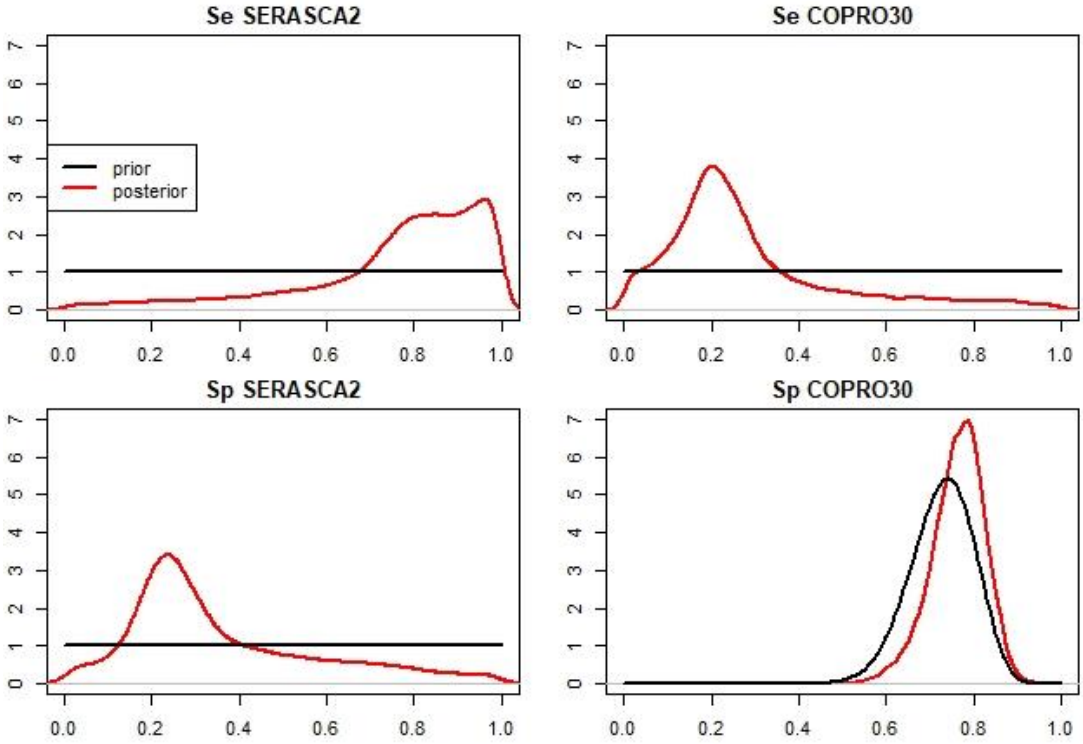
Modèle COPRO20-SERASCA2



Modèle COPRO30-SERASCA1



Modèle COPRO30-SERASCA2



Annexe 15- Contributions et coordonnées des variables utilisées pour la construction de l'analyse en composantes principales sur la population des élevages disposant de truies (n = 92).

	Dim.1		Dim.2		Dim.3		Dim.4		Dim.5	
% de l'inertie totale	*26,97*		*22,29*		*18,87*		*16,94*		*14,93*	
	Contrib	Coord	Contrib	Coord	Coord	Coord	Contrib	Coord	Contrib	Coord
TxPosTSt	4,26	0,24	**50,89**	**-0,75**	0,56	0,07	**39,27**	**0,58**	5,02	-0,19
TxPosTAs	15,60	-0,46	**27,14**	**0,55**	2,88	0,16	**53,68**	**0,67**	0,69	0,07
TxPosTTs	17,35	0,48	3,24	0,19	**66,29**	**-0,79**	6,56	0,24	6,56	0,22
TxPosTCo	**30,12**	**0,64**	18,12	0,45	2,75	0,16	0,12	0,03	**48,90**	**-0,60**
TxPosSeroTTgReel	**32,67**	**0,66**	0,60	0,08	**27,52**	**0,51**	0,37	0,06	**38,83**	**0,54**

Contrib : Contribution à la construction de l'axe en % ; Coord : Coordonnée sur l'axe

TxPosTSt : Taux de positivité des truies pour les strongles ; TxPosTAs : Taux de positivité des truies pour A. suum ; TxPosTTs : Taux de positivité des truies pour T. suis ; TxPosTCo : Taux de positivité des truies pour les coccidies ; TxPosSeroTgReel : Taux de séropositivité des truies pour T. gondii (après corrections tenant compte des Se et Sp du test).

Annexe 16- Contributions et coordonnées des variables utilisées pour la construction de l'analyse en composantes principales sur la population des élevages disposant de porcs sevrés en croissance (n = 100).

	Dim.1		Dim.2		Dim.3		Dim.4		Dim.5	
% de l'inertie totale	*26,4*		*18,2*		*13,2*		*9,9*		*8,0*	
	Contrib	Coord	Contrib	Coord	Coord	Coord	Contrib	Coord	Contrib	Coord
TxPos10sSt	7,71	0,45	**10,52**	**-0,44**	0,44	0,08	**31,15**	**0,56**	**11,64**	**0,31**
TxPos22sSt	9,99	0,51	8,96	0,40	0,02	0,02	**26,33**	**0,51**	0,03	-0,02
TxPos10sAs	**11,14**	**0,54**	**14,11**	**-0,51**	4,31	-0,24	0,78	0,09	9,71	-0,28
TxPos22sAs	8,11	0,46	1,40	0,16	**39,80**	**-0,72**	0,00	-0,01	**12,11**	**0,31**
TxPos10sTs	**10,59**	**0,53**	**17,66**	**-0,57**	4,74	0,25	0,01	-0,01	**25,05**	**-0,45**
TxPos22sTs	**10,70**	**0,53**	**13,79**	**0,50**	2,45	-0,18	0,18	0,04	9,70	-0,28
TxPos10sCo	6,81	0,42	**15,81**	**0,54**	**16,76**	**0,47**	0,43	0,07	1,94	0,12
TxPos22sCo	**12,96**	**0,59**	2,76	0,22	**22,17**	**0,54**	8,76	-0,29	0,82	0,08
TxPosSeroAsReel	**12,59**	**0,58**	1,96	0,19	8,24	-0,33	**19,83**	**-0,44**	1,83	-0,12
TxPosSero22sTgReel	9,41	0,50	**13,05**	**-0,49**	1,08	0,12	**12,54**	**-0,35**	**27,15**	**0,47**

Contrib : Contribution à la construction de l'axe en % ; Coord : Coordonnée sur l'axe

TxPos10sSt :Taux de positivité des porcelets de 10-12 semaines d'âge pour les strongles ; TxPos22sSt : Taux de positivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour les strongles ; TxPos10sAs : Taux de positivité des porcelets de 10-12 semaines d'âge pour A. suum ; TxPos22sAs : Taux de positivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour A. suum ; TxPos10sTs : Taux de positivité des porcelets de 10-12 semaines d'âge pour T. suis ; TxPos22sTs : Taux de positivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour T. suis ; TxPos10sCo : Taux de positivité des porcelets de 10-12 semaines d'âge pour les coccidies ; TxPos22sCo : Taux de positivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour les coccidies ; TxPosSeroAsReel : Taux de séropositivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour A. suum (après corrections tenant

compte des Se et Sp du test) ; TxPosSero22sTgReel : Taux de séropositivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour T. gondii (après corrections tenant compte des Se et Sp du test).

Annexe 17- Contributions et coordonnées des variables utilisées pour la construction de l'analyse en composantes principales sur la population des élevages naisseurs-engraisseurs (n = 80).

	Dim.1		Dim.2		Dim.3		Dim.4		Dim.5	
% de l'inertie totale	*19,6*		*12,2*		*11,*		*10,4*		*8,0*	
	Contrib	Coord	Contrib	Coord	Coord	Coord	Contrib	Coord	Contrib	Coord
TxPosTSt	4,60	0,37	9,46	0,42	1,34	-0,15	**25,24**	**0,63**	1,42	-0,13
TxPos10sSt	2,66	0,28	0,02	0,02	0,78	0,11	**33,23**	**0,72**	6,21	0,27
TxPos22sSt	**11,20**	**0,57**	**16,48**	**0,55**	7,20	-0,35	1,67	0,16	0,00	0,00
TxPosTAs	0,12	-0,06	2,58	0,22	**11,31**	**0,43**	9,07	-0,38	**12,98**	**0,39**
TxPos10sAs	3,67	0,33	1,99	0,19	**14,47**	**0,49**	0,85	0,11	**12,78**	**-0,39**
TxPos22sAs	5,56	0,40	8,40	0,39	**25,88**	**0,66**	0,91	-0,12	4,39	0,23
TxPosTTs	2,72	0,28	2,28	0,20	7,35	-0,35	5,43	-0,29	**28,25**	**-0,58**
TxPos10sTs	4,30	0,36	**11,13**	**-0,45**	1,15	0,14	1,64	0,16	0,16	0,04
TxPos22sTs	**11,19**	**0,57**	1,99	0,19	0,44	-0,09	3,12	-0,22	5,13	0,25
TxPosTCo	6,56	0,44	**11,05**	**-0,45**	0,80	0,12	2,13	-0,18	3,17	-0,19
TxPos10sCo	**10,00**	**0,54**	0,23	-0,06	**11,54**	**-0,44**	1,73	-0,16	**18,79**	**0,47**
TxPos22sCo	**16,44**	**0,70**	5,14	-0,31	5,70	-0,31	4,35	-0,26	0,51	0,08
TxPosSeroAsReel	**11,90**	**0,59**	2,05	0,19	5,15	0,29	5,61	-0,30	4,31	-0,23
TxPosSeroTTgReel	2,17	0,25	**11,65**	**-0,46**	0,02	-0,02	2,39	0,19	0,20	0,05
TxPosSero22sTgReel	6,91	0,45	**15,54**	**-0,53**	6,87	0,34	2,63	0,20	1,69	-0,14

Contrib : Contribution à la construction de l'axe en % ; Coord : Coordonnée sur l'axe

TxPosTSt : Taux de positivité des truies pour les strongles ; TxPos10sSt :Taux de positivité des porcelets de 10-12 semaines d'âge pour les strongles ; TxPos22sSt : Taux de positivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour les strongles ; TxPosTAs : Taux de positivité des truies pour A. suum ; TxPos10sAs : Taux de positivité des porcelets de 10-12 semaines d'âge pour A. suum ; TxPos22sAs : Taux de positivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour A. suum ; TxPosTTs : Taux de positivité des truies pour T. suis ; TxPos10sTs : Taux de positivité des porcelets de 10-12 semaines d'âge pour T. suis ; TxPos22sTs : Taux de positivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour T. suis ; TxPosTCo : Taux de positivité des truies pour les coccidies ; TxPos10sCo : Taux de positivité des porcelets de 10-12 semaines d'âge pour les coccidies ; TxPos22sCo : Taux de positivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour les coccidies ; TxPosSeroAsReel : Taux de séropositivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour A. suum (après corrections tenant compte des Se et Sp du test) ; TxPosSeroTgReel : Taux de séropositivité des truies pour T. gondii (après corrections tenant compte des Se et Sp du test) ; TxPosSero22sTgReel : Taux de séropositivité des porcs d'au moins 22 semaines d'âge pour T. gondii (après corrections tenant compte des Se et Sp du test).