



Ecole nationale Vétérinaire
d'Alfort

MASTER 2^{ème} ANNEE

Santé publique Paris Sud-Saclay et Santé UPEC

Dominante

**SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE DES
MALADIES HUMAINES ET ANIMALES**

RAPPORT DE STAGE

**Evaluation des performances d'une grille de notation des lésions
cutanées induites par la gale sarcoptique chez le porc, via une
approche comparée de la sensibilité et de la spécificité des
méthodes de notation visuelle et d'un test ELISA**

Présenté par

Maxime DELSART

Réalisé sous la direction de : Nicolas Rose

Organisme et pays : Anses - France

Période du stage : du 7 janvier au 6 juillet 2019

Date de soutenance : 26 juin 2019

Année universitaire 2018-2019

Je tiens à remercier

Nicolas Rose, pour le temps qu'il m'a consacré durant ce stage, son écoute et son aide,

Les membres de l'équipe d'accueil Dynamyc et tout particulièrement Jacques Guillot, Véronica Risco Castillo, Pascal Arné et Charlotte Bernigaud pour leur soutien, leur aide et leur écoute dans la conception et la réalisation du projet,

Barbara Dufour pour son aide dans la conception du projet et son écoute attentive durant le stage,

Delphine Le Roux pour sa bienveillance et pour le temps qu'elle m'a consacré,

Le conseil scientifique de l'EnvA pour la confiance qu'il m'a fait l'honneur de m'accorder et pour son soutien financier,

L'ensemble du personnel de l'abattoir Tradival à Fleury les Aubrais pour leur accueil,

L'ensemble du personnel du groupement de producteurs Cirhyo pour leur aide.

Résumé

La gale sarcoptique est probablement la parasitose externe la plus répandue dans les élevages de porcs. Le plus souvent sous une forme subclinique, son diagnostic fait appel à différentes techniques ou examens complémentaires. Il n'existe cependant pas de test de référence. L'objectif de cette étude était d'évaluer les performances d'une grille de notation des lésions cutanées induites par la gale sarcoptique chez le porc charcutier via une approche comparée de la sensibilité et de la spécificité des méthodes de notation visuelle à l'abattoir et d'un test ELISA permettant de détecter la présence d'anticorps.

Quatre-vingt-quatre élevages du Centre et du Nord-Est de la France ont été inclus, les lésions cutanées de 4574 porcs ont été notées individuellement de 0 à 3 à l'abattoir, selon la grille de notation décrite par Pointon et *al.* (1999). Pour chaque élevage 10 prélèvements sanguins ont été réalisés au moment de la saignée des animaux, puis analysés à l'aide du test *Sarcoptes*-ELISA 2001@Pig. Sur l'ensemble des prélèvements, seuls 8 sont séropositifs (prévalence apparente < 1 %), répartis dans 6 élevages. 9,5 % des animaux contrôlés présentent des lésions cutanées étendues (note 2 ou 3), mais aucune association entre la notation individuelle et le statut sérologique de l'élevage n'est mise en évidence. Que le statut de l'élevage soit défini par la note moyenne des lésions ou par le taux d'animaux présentant des lésions étendues, la sensibilité et la spécificité du diagnostic de la gale par ce type de notation à l'échelle du troupeau sont insuffisantes au regard des résultats d'une approche statistique bayésienne des performances comparées de la notation visuelle et de l'ELISA, sans test de référence.

Mots clé

Gale, *Sarcoptes scabiei*, porc, ELISA, notation visuelle, abattoir, sensibilité, spécificité, bayésien

Contenu

Résumé long	7
Introduction	12
Synthèse bibliographie : La gale sarcoptique chez le porc.....	13
1- Etiologie et cycle parasitaire	13
2- Epidémiologie	14
3- Impact économique	15
4- Pathogénie et signes cliniques	15
5- Surinfections.....	16
6- Diagnostic.....	17
7- Méthodes de lutte	19
8- Eradication.....	20
Travail personnel.....	22
1- Contexte.....	22
2- Matériel et méthodes	22
2.1 Lieu de l'étude.....	22
2.2 Sélection des élevages	22
2.3 Période de l'étude à l'abattoir.....	23
2.4 Notation des lésions cutanées	23
2.5 Prélèvements sanguins	24
2.6 Analyses sérologiques	24
2.7 Gestion des données	25
2.7.1 Description et analyse descriptive.....	25
2.7.2 Approche comparée des performances (sensibilité et spécificité) des méthodes de notation visuelle et ELISA, sans gold standard, grâce à une approche statistique bayésienne	25
2.7.2.1 Description du modèle.....	25
2.7.2.2 Distribution a priori des paramètres.....	26
2.7.2.3 Mise en œuvre du modèle	26
2.7.2.4 Évaluation de la convergence	27
2.7.2.5 Analyse de sensibilité	27
3- Résultats	29
3.1 Description des élevages	29
3.2 Lésions cutanées.....	29
3.3 Analyses sérologiques	31
3.4 Association entre la notation visuelle et le statut sérologique.....	31
3.5 Approche comparée de la sensibilité et de la spécificité.....	32

4- Discussion	36
4.1 Matériel et méthodes	36
4.1.1 <i>Choix des élevages</i>	36
4.1.2 <i>Notation des lésions cutanées</i>	36
4.1.3 <i>Prélèvements sanguins</i>	37
4.1.4 <i>Analyses sérologiques</i>	37
4.1.5 <i>Analyses statistiques</i>	37
4.2 Résultats	38
4.2.1 <i>Description des élevages</i>	38
4.2.2 <i>Notation des lésions cutanées</i>	39
4.2.3 <i>Résultats des tests sérologiques</i>	39
4.2.4 <i>Association entre la notation visuelle et le statut sérologique</i>	40
4.2.5 <i>Approche comparée de la sensibilité et de la spécificité</i>	42
Conclusion.....	44
Bibliographie.....	45
Annexes.....	50
Annexe 1 : Guide d'utilisation du test ELISA indirect Sarcoptes-ELISA 2001®Pig.....	50
Annexe 2 : Masque de saisie Epidata.....	56
Annexe 3 : Implantation des élevages adhérents au groupement de producteurs Cirhyo	57
Annexe 4 : Répartition géographique par département des élevages inclus dans l'étude	58
Annexe 5 : Résultats par élevage.....	59
Annexe 6 : Historiques des chaînes de Markov Monte Carlo (MCMC) (figures de gauche) et densités des distributions <i>a posteriori</i> (figures de droite) résultantes des paramètres du modèle bayésien multinomial utilisé pour estimer les sensibilités et les spécificités	62

Liste des figures

Figure 1 : <i>Sarcoptes scabiei</i> femelle et mâle.....	13
Figure 2 : Cycle de <i>Sarcoptes scabiei</i> var. <i>suis</i>	14
Figure 3 : Lésions hyperkératosiques au niveau du cou et des membres postérieurs sur un porc immunodéprimé.....	16
Figure 4 : Observation de sarcoptes dans des croutes à la loupe binoculaire (grossissement X50).....	17
Figure 5 : Dermatite papuleuse sur des carcasses à l'abattoir	18
Figure 6 : Notation des lésions sur les carcasses à l'abattoir.....	23
Figure 7 : ADS (<i>Average Dermatitis Score</i>)	29
Figure 8 : Niveau lésionnel moyen (ADS) de chacun des 84 élevages	29
Figure 9 : Répartition des élevages en fonction de la proportion d'animaux ayant été notés 0.....	30
Figure 10 : Répartition des élevages en fonction de la proportion d'animaux ayant été notés 1.....	30
Figure 11 : Répartition des élevages en fonction de la proportion d'animaux ayant été notés 2.....	30
Figure 12 : Répartition des élevages en fonction de la proportion d'animaux ayant été notés 3.....	30
Figure 13 : Représentation des ADS des lots en fonction du statut sérologique des lots.....	31
Figure 14 : Distributions <i>a priori</i> et <i>a posteriori</i> de la sensibilité et de la spécificité du test sérologique SeroPOS (Option A).....	33
Figure 15 : Distributions <i>a priori</i> et <i>a posteriori</i> de la sensibilité et de la spécificité de la notation visuelle / ADS (Option A).....	33
Figure 16 : Distributions <i>a priori</i> et <i>a posteriori</i> de la sensibilité et de la spécificité de la notation visuelle / Note2et3 (Option A)	34
Figure 17 : Distributions <i>a priori</i> et <i>a posteriori</i> de la prévalence (Option A)	34
Figure 18 : Distributions <i>a posteriori</i> de la prévalence (Option C).....	34

Liste des tableaux

Tableau 1. Description des différentes hypothèses de distributions <i>a priori</i> (priors) utilisées dans le modèle pour estimer la sensibilité et la spécificité des diagnostics visuels et sérologiques de la gale sarcoptique du porc.	28
Tableau 2 : Répartition des notes dans les élevages.....	30
Tableau 3 : Répartition des élevages en fonction des résultats au test Sarcoptes-ELISA 2001®Pig....	31
Tableau 4 : Valeurs des ADS des lots en fonction du statut sérologique des lots.....	31
Tableau 5 : Associations entre les notations visuelles individuelles et le statut sérologique des élevages, indépendamment du facteur élevage (modèle de régression logistique de type GEE avec prise en compte de l'effet élevage).....	32
Tableau 6 : Caractéristiques des distributions <i>a posteriori</i> en fonction du niveau informatif des distributions <i>a priori</i> (priors).....	35
Tableau 7 : Répartition des notes cutanées dans l'étude, comparée à la répartition d'études antérieures	39
Tableau 8 : Estimation de la valeur prédictive positive (VPP) et négative (VPN) du test Sarcoptes-ELISA 2001®Pig dans l'échantillon.....	40

Résumé long

La gale, causée par l'acarien *Sarcoptes scabiei*, est probablement la parasitose externe la plus importante chez le porc à travers le monde. Le diagnostic de la gale n'est pas aisé, la maladie étant subclinique chez la plupart des animaux. Il n'existe notamment pas de test de référence (Laha, 2015). L'observation des parasites à partir de croûtes prélevées dans les oreilles des animaux est une technique très spécifique, mais sa sensibilité est faible. A l'inverse, l'observation des lésions à l'abattoir est beaucoup plus sensible mais la spécificité est très médiocre lorsque les lésions sont peu étendues. Des tests sérologiques (ELISA) existent, avec une sensibilité et une spécificité variant respectivement de 87,8 % à 95 % et de 97 à 99,5 % selon les tests. L'objectif visé par cette étude est d'évaluer les performances d'une grille de notation des lésions cutanées observées sur des porcs charcutiers à l'abattoir via une approche comparée de la sensibilité et de la spécificité des méthodes de notation visuelle et d'un test ELISA.

Matériel et méthodes

Les observations et les prélèvements ont été réalisés durant les mois de janvier et de février 2019 dans un abattoir du Loiret (France), parmi les porcs d'élevages adhérant à un groupement de producteurs. Un seul lot de porcs par élevage a fait l'objet d'observations et de notations. Si le lot incluait moins de 60 porcs, tous les animaux étaient notés selon une grille établie par Pointon *et al.* (1999), en fonction de l'étendue des lésions sur la carcasse : 0- absence de lésion, 1- lésions localisées derrière les oreilles ou sur le ventre et les postérieurs, 2- lésions étendues sur la tête, le cou, les épaules, le dos, l'abdomen et les postérieurs, 3- lésions généralisées avec des zones papuleuses intenses. Si le lot comprenait plus de 60 porcs, un tirage au sort systématique de 60 animaux était réalisé, avec un pas défini par le quotient du nombre de porcs abattus sur 60. En parallèle, 10 prélèvements sanguins par lot étaient réalisés, sur 10 animaux différents, au moment de la saignée des animaux. Une analyse sérologique a été réalisée sur ces prélèvements grâce à un test commercial ELISA indirect (Sarcoptes-ELISA 2001®Pig, AFOSA GmbH, Allemagne) permettant de détecter la présence d'anticorps. Toutes les notations, prélèvements sanguins et analyses ont été effectués par une seule et unique personne.

Pour le diagnostic sérologique, un élevage était considéré comme positif si au moins 1 animal était séropositif dans le lot. Pour le diagnostic par notation visuelle, 2 critères de positivité ont été testés :

- ADS : pour chaque lot a été calculé un ADS (*Average Dermatite Score*) correspondant à la moyenne des notes du lot. Cette moyenne définie sur une proportion d'animaux plus ou moins importante du lot, a été inférée à l'ensemble du lot avec définition d'un intervalle de confiance à 95%. Un lot était considéré positif au diagnostic ADS si l'intervalle de confiance 95 % de l'ADS était strictement supérieur à 0,5 ;
- Note2et3 : le quotient correspondant au nombre de porcs ayant été notés 2 ou 3 dans le lot sur l'ensemble des porcs notés dans le lot a été calculé pour chaque lot. Un lot était considéré positif au diagnostic Note2et3 si ce quotient était supérieur ou égal à 5 %.

Les résultats sérologiques et les notations visuelles ont été analysés au niveau individuel et au niveau du lot, l'analyse descriptive des résultats ayant été réalisée sous R. Les ADS moyens ont été comparés en fonction du statut de l'élevage. Un modèle de régression logistique tenant compte du facteur de confusion "élevage" a été utilisé pour quantifier l'association entre la notation visuelle (note 0 d'une part, et note 2 et 3 d'autre part) et le statut sérologique de l'élevage.

Les modèles utilisés dans le cadre d'une approche statistique bayésienne afin d'évaluer les performances (sensibilité et spécificité) des méthodes de notation visuelle et ELISA, sans test de référence, 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 10000 itérations de l'échantillonneur de Gibbs avec une phase de rodage de 1000 itérations.

Résultats

Quatre-vingt-quatre élevages issus de 16 départements ont été inclus dans l'étude. Les lésions cutanées ont été évaluées pour 4584 porcs, soit 55 porcs par lot, avec un minimum de 18 et un maximum de 60. Parmi les 4584 porcs, 48,1 % ont été notés 0, 42,4 % 1, 8,3 % 2 et 1,2 % 3 selon l'étendue des lésions cutanées observées. Cinquante élevages (60 %) avaient un ADS avec un intervalle de confiance strictement supérieur à 0,5. Quarante élevages (48 %) présentaient un taux de porcs notés 2 ou 3 supérieur ou égal à 5 % (positifs au diagnostic Note2et3).

Sur 837 prélèvements sanguins analysés, seuls 8 étaient séropositifs avec le test *Sarcoptes*-ELISA 2001®Pig, 11 étaient douteux. Six lots présentaient au moins un résultat positif. Quatorze élevages ont présenté au moins un résultat non négatif.

L'ADS des lots positifs au test sérologique était sensiblement supérieur (0,78) à celui des élevages négatifs (0,63), sans que la différence soit significative (tests de Wilcoxon, $p = 0,47$). Indépendamment de l'élevage, il n'existait pas d'association significative dans notre échantillon entre la notation visuelle 0 ou la notation visuelle 2 et 3 et le statut sérologique de l'élevage.

Suite à l'approche statistique bayésienne, la sensibilité du diagnostic troupeau grâce au test ELISA a été estimée de 0,7 [0,39 ; 0,90]_{95 %} à 0,75 [0,54 ; 0,92]_{95 %} selon les distributions *a priori* utilisées, alors que la spécificité était estimée de 0,88 [0,81 ; 0,94]_{95 %} à 0,89 [0,82 ; 0,94]_{95 %}. La sensibilité de l'ADS est meilleure que celle de Note2et3, respectivement de 0,74 [0,45 ; 0,94]_{95 %} et 0,52 [0,29 ; 0,75]_{95 %}. C'est l'inverse qui est observé pour la spécificité avec respectivement 0,5 [0,39 ; 0,61]_{95 %} et 0,67 [0,58 ; 0,77]_{95 %} pour ADS et Note 2et3. La sensibilité de Note2et3 s'améliore (0,77 [0,49 ; 0,95]_{95 %}) en augmentant le niveau informatif des distributions *a priori*, contrairement aux autres paramètres qui sont peu modifiés.

Compte tenu des caractéristiques des tests, la prévalence d'élevages positifs dans notre échantillon est estimée de 3,5 % [0,1 % ; 11,7 %]_{95 %} à 9,1 % [1,5 % ; 29,7 %]_{95 %} selon le niveau informatif des priors.

Discussion

Des lésions cutanées ont été observées chez 51,9 % des animaux. C'est à la fois comparable à ce que Gualandi *et al.* ont observé sur 1015 porcs en Italie (1994) et beaucoup moins que dans plusieurs études espagnoles où respectivement 80,9 % (Gutiérrez *et al.*, 1996) et 92,8 % (Alonso de Vega *et al.*, 1998) des animaux présentaient des lésions cutanées attribuables à la gale.

Seuls 8 prélèvements sur 837 se sont révélés positifs avec le test *Sarcoptes*-ELISA 2001®Pig, ce qui représente moins de 1 % des prélèvements. La sensibilité du test est estimée à 95 % par le fabricant. Il est donc tout à fait possible que le taux d'animaux positifs soit sous-estimé. La spécificité est estimée à 97 % par le fabricant. Avec ce niveau de spécificité la probabilité d'obtenir moins de 8 animaux positifs sur 837 échantillons est quasiment nulle ($<6.10^{-5}$). Ces résultats semblent donc remettre en cause les valeurs de spécificité fournies par le laboratoire.

L'absence d'association entre les notations visuelles et les résultats sérologiques est étonnante au regard des observations de nombreux auteurs qui ont décrit une association entre l'infestation par *Sarcoptes scabiei* et l'ADS (Davies *et al.*, 1994; Garcia *et al.*, 1994). Cependant d'autres études plus récentes ont remis en cause ce lien (Alonso de Vega *et al.*, 1998; Gutiérrez *et al.*, 1996). A notre connaissance, l'association entre lésions cutanées et résultats sérologiques n'a été explorée qu'une seule fois jusqu'à notre étude : Galuppi *et al.* (2007) rapportent une corrélation entre l'ADS et les

résultats sérologiques alors obtenus avec un autre test ELISA (test CHECHIT® Sarcoptes). Cette corrélation n'était toutefois pas statistiquement significative ($p = 0,055$).

Les lésions de dermatite papuleuse sont la conséquence d'une réaction d'hypersensibilisation vis-à-vis d'enzymes sécrétées par les sarcoptes, de leurs excréments et de leurs œufs. On pourrait imaginer que des animaux hypersensibles puissent être contaminés par une faible quantité de sarcoptes et développer une dermatite sans séroconversion. La sérologie et la notation visuelle à l'abattoir mesureraient 2 paramètres différents : la sérologie l'infestation par un grand nombre de sarcoptes, la notation visuelle une réaction d'hypersensibilité.

Le délai de séroconversion suite à une infestation par *Sarcoptes scabiei* est estimé à 5 semaines avec Sarcoptes ELISA 2001® Pig (Kessler *et al.*, 2003). Il y a donc un décalage entre l'infestation et la détection des anticorps. En cas d'infestation tardive en engraissement, il peut donc y avoir hypersensibilité avec apparition de papules érythémateuses sans séroconversion.

Le nombre de prélèvements réalisés par lot (10 prélèvements sanguins) est très nettement inférieur au nombre de porcs notés en fonction des lésions cutanées observées (55 en moyenne). Le taux de prévalence limite (TPL) est d'environ 30 % dans le 1^{er} cas de figure, ce qui signifie que dans un lot avec aucune sérologie positive sur 10, moins de 30 % des animaux sont infestés au risque d'erreur par défaut de 5 %. Avec 55 animaux notés dans un lot, il est possible de détecter au moins un animal avec une lésion, avec un TPL de 5 %, au risque d'erreur par défaut de 5 %. En cas de prévalence faible dans les lots, les différences de taille d'échantillons ont pu être à l'origine de discordances dans les résultats.

On ne peut bien entendu pas exclure l'hypothèse que les lésions observées à l'abattoir ne soient pas exclusivement dues à *Sarcoptes scabiei*. D'autres ectoparasites pourraient causer le même type d'hypersensibilité. Des piqûres d'insectes pourraient aussi être à l'origine de ces lésions (Brewer et Greve, 2019; Greve et Davies, 2012). Cette dernière hypothèse reste toutefois assez peu probable au regard de la saison (hiver) au cours de laquelle l'étude a été réalisée et du nombre d'animaux inclus.

L'estimation de la sensibilité du diagnostic grâce au test ELISA suite à l'approche statistique bayésienne peut paraître faible, avec notamment un intervalle de crédibilité très étendu (de 0,7 [0,39 ; 0,90]_{95 %} à 0,75 [0,54 ; 0,92]_{95 %} selon les distributions *a priori* utilisées). Il ne s'agit pas de la sensibilité du test au niveau individuel, estimée à 95 % par le laboratoire fournisseur, mais d'une sensibilité troupeau, à savoir la capacité à donner au moins un résultat positif sur 10 prélèvements lorsqu'un élevage est infesté. L'augmentation du nombre de prélèvements par lot aurait sans nul doute amélioré cette sensibilité, au détriment de la spécificité troupeau qui est ici estimée à 0,88 [0,81 ; 0,94]_{95 %}.

La sensibilité de l'ADS est meilleure que celle de Note2et3 mais reste très faible (0,74), avec un intervalle de crédibilité très étendu, comprenant la valeur 0,5. La sensibilité de Note2et3 est très proche de 0,5. Ces niveaux de sensibilité médiocres sont étonnants, cette technique étant souvent décrite comme le test le plus sensible (Galuppi *et al.*, 2007). Pour améliorer la sensibilité nous aurions pu choisir de baisser les seuils de positivité, notamment pour Note2et3 où nous avons choisi le seuil de 5 % d'animaux positifs. Le seuil de 5 % de notes 2 et 3 dans le lot a été choisi comme seuil de positivité au regard des données bibliographiques, la spécificité de ces lésions vis-à-vis de gale étant généralement estimée à 98 % (Cargill *et al.*, 1997; Davies *et al.*, 1996). En diminuant ces seuils, nous aurions dégradé les niveaux de spécificité qui sont déjà très décevants, respectivement de 0,5 [0,39 ; 0,6]_{95 %} et 0,67 [0,58 ; 0,77]_{95 %} pour ADS et Note2et3. Les résultats de spécificité de Note2et3 sont très étonnants au regard de la bibliographie (Cargill *et al.*, 1997; Davies *et al.*, 1991a, 1996). Sur 270 porcs issus d'élevages indemnes de gale, Davies *et al.* (1994) n'avaient attribué une note strictement supérieure à 1 qu'à un unique porc (0,4 %).

Compte tenu des caractéristiques évaluées des tests, la prévalence d'élevages positifs dans notre échantillon est estimée de 3,5 % [0,1 % ; 11,7 %]_{95%} à 9,1 % [1,5 % ; 29,7 %]_{95%} selon le niveau informatif des priors. Il ne s'agissait pas ici d'une étude de prévalence et nous ne pouvons en aucun cas inférer ces résultats à l'ensemble des élevages français. Toutefois ces niveaux de prévalence sont très nettement inférieurs à ce qui avait été décrit lors de la dernière enquête réalisée en France (Delsart, 1999), avec un taux d'élevages séropositifs de 84 % [74 % ; 94 %]_{95%}. Notons toutefois que dans cette étude, les sérologies avaient été réalisées sur sérums de truies, à l'aide d'un autre test sérologique (CHECKIT® Sarcoptes).

Conclusion

L'objectif de cette étude était d'évaluer les performances d'une grille de notation via une approche comparée de la sensibilité et de la spécificité des méthodes de notation visuelle et d'un test ELISA. La validation et l'étalonnage de la grille de notation par la sérologie devait permettre de réaliser une étude de prévalence sur un ensemble d'élevages plus important, sans utiliser l'outil sérologique dont le coût aurait été un frein pour une étude incluant beaucoup d'élevages.

Les résultats obtenus tendent à montrer que la notation des lésions cutanées à l'abattoir n'est pas un outil pertinent pour réaliser une enquête de prévalence de la gale chez des porcs en croissance, quels que soient les critères de positivité choisis (moyenne ou taux d'animaux présentant des lésions étendues).

- ALONSO DE VEGA F., MENDEZ DE VIGO J., ORTIZ SANCHEZ J., et al. (1998) Evaluation of the prevalence of sarcoptic mange in slaughtered fattening pigs in southeastern Spain. *Vet. Parasitol.* 76(3), 203-209
- BREWER M.T., GREVE J.H. (2019) External Parasites. In *Diseases of swine, 11th ed.* pp 1005-1009
- CARGILL C.F., POINTON A.M., DAVIES P.R., GARCIA R. (1997) Using slaughter inspections to evaluate sarcoptic mange infestation of finishing swine. *Vet. Parasitol.* 70(1-3), 191-200
- DAVIES P.R., BAHNSON P.B., GRASS J.J., et al. (1996) Evaluation of the monitoring of papular dermatitis lesions in slaughtered swine to assess sarcoptic mite infestation. *Vet. Parasitol.* 62(1), 143-153
- DAVIES P.R., BHANSON P., GRASS J., MARSH W., DIAL G. (1994) Dermatitis lesions at slaughter predict herd infestation with *Sarcoptes scabiei*. In *Proceedings of the 13th Conference of the International Pig Veterinary Society*, Bangkok, pp 247
- DAVIES P.R., MOORE M.J., POINTON A.M. (1991) Sarcoptic mite hypersensitivity and skin lesions in slaughtered pigs. - *PubMed - NCBI. Vet Rec* , 128(22):516-8.
- DELSART M. (1999) Estimation of the prevalence of sarcoptic mange in swine in France. *Thèse Pour Dr. Vét.*
- GALUPPI R., AVENOSO A.M., LEOTTI G., et al. (2007) Diagnosis of Sarcoptic Mange in Slaughtered Swine. *Vet. Res. Commun.* 31(1), 233-236
- GARCIA R., PICHE C., DAVIES P., GROSS S. (1994) Prevalence of sarcoptic mange and dermatitis in slaughtered pigs in North America and Western Europe. In *Proceedings of the 13th Conference of the International Pig Veterinary Society*, Bangkok,
- GREVE J.H., DAVIES P. (2012) Diseases of swine 10th Edition. In *Diseases of swine 10th Edition*, Jeffrey J. Zimmerman, Locke A. Karriker, Alejandro Ramirez, Kent J. Schwartz and Grégory W. Stevenson. ed. pp 885-889
- GUALANDI G., BONI P., VARISCO G., et al. (1994) Study of the prevalence of sarcoptic mange in pigs at slaughterhouses in major swine production areas in Northern Italy. In *Proceedings of the 13th Conference of the International Pig Veterinary Society*, Bangkok, pp 246
- GUTIÉRREZ J.F., MÉNDEZ DE VIGO J., CASTELLÁ J., MUÑOZ E., FERRER D. (1996) Prevalence of sarcoptic mange in fattening pigs sacrificed in a slaughterhouse of northeastern Spain. *Vet. Parasitol.* 61(1-2), 145-149
- KESSLER E., MATTHES H.-F., SCHEIN E., WENDT M. (2003) Detection of antibodies in sera of weaned pigs after contact infection with *Sarcoptes scabiei* var. *swis* and after treatment with an antiparasitic agent by three different indirect ELISAs. *Vet. Parasitol.* 114(1), 63-73
- LAHA R. (2015) Sarcoptic mange infestation in pigs: an overview. *J. Parasit. Dis. Off. Organ Indian Soc. Parasitol.* 39(4), 596-603
- LUNN D., SPIEGELHALTER D., THOMAS A., BEST N. (2009) The BUGS project: Evolution, critique and future directions. *Stat. Med.* 28(25), 3049-3067
- POINTON A.M., DAVIES P.R., BAHNSON P.B. (1999) Disease Surveillance at Slaughter. In *Disease of swine 8th Edition*. pp 1111-1132

Liste des abréviations

ADS : Average Dermatitis Score

ELISA : Enzyme-Linked Immunosorbent Assay, (dosage d'immunoabsorption par enzyme liée)

GEE : équations d'estimation généralisées

Pa : Prévalence attendue

Pi = π : Prévalence

Posterior : distribution *a posteriori*

Pr : Prévalence réelle

Prior : distribution *a priori*

S. scabiei : *Sarcoptes scabiei*

TPL : Taux de prévalence limite

VPN : Valeur prédictive négative

VPP : Valeur prédictive positive

Introduction

La gale sarcoptique est causée par l'acarien *Sarcoptes scabiei*. Cette parasitose concerne de très nombreuses espèces de mammifères, y compris l'homme chez qui elle pose encore aujourd'hui un réel problème, en particulier chez les enfants dans les pays tropicaux. La gale sarcoptique est la parasitose externe la plus fréquente chez le porc. Elle est très impactante économiquement : à l'origine de prurit, particulièrement sur les reproducteurs, elle induit une augmentation du nombre de porcelets écrasés durant la phase de lactation. Sous sa forme subclinique, elle génère une baisse de croissance et une dégradation des indices de consommation (Zimmermann et Kircher, 1998; Cargill et Dobson, 1979; Mercier *et al.*, 2002). Quand elles sont sévères et étendues, les lésions cutanées sont à l'origine de déclassement de carcasse à l'abattoir.

La maladie est subclinique chez la plupart des porcs. Le diagnostic n'est pas aisé. Il n'existe notamment pas de test de référence (Laha, 2015). L'observation des parasites à partir de croûtes prélevées dans les oreilles des animaux est une technique très spécifique, mais sa sensibilité est faible (Gutiérrez *et al.*, 1996). A contrario, l'observation des lésions à l'abattoir est beaucoup plus sensible mais la spécificité est très médiocre lorsque les lésions sont peu étendues. Des tests sérologiques (ELISA) existent, avec une sensibilité et une spécificité variant respectivement de 87,8 % à 95 % et de 97 à 99,5 % selon les tests (AFOSA GmbH, s. d.; Bornstein et Wallgren, 1997).

Peu d'études de prévalence ont été récemment réalisées (Gutiérrez *et al.*, 1996; Alonso de Vega *et al.*, 1998; Neumann *et al.*, 2014; Maioli *et al.*, 2016; Damriyasa *et al.*, 2004). Selon l'outil diagnostic utilisé, les résultats sont très variables, allant de 24 % des élevages en Belgique (Hollanders et Vercruyse, 1990) à plus de 86 % en Espagne (Gutiérrez *et al.*, 1996). En France les dernières descriptions datent de 1997 (Delsart, 1999), avec un taux d'élevages séropositifs vis-à-vis de la gale estimé à 84±10 %. La gale sarcoptique est aujourd'hui une affection peu étudiée en élevage de porcs. Nous n'avons notamment pas connaissance d'étude récente concernant les conséquences économiques de la gale dans ces élevages.

L'étude qui est présentée ici devait s'inscrire dans une étude générale de la gale sarcoptique chez le porc, dont l'objectif général était d'estimer la prévalence et l'impact technico-économique de cette parasitose dans les élevages porcins. La validation et l'étalonnage d'une grille de notation visuelle par la sérologie devait permettre de réaliser une étude de prévalence sur un ensemble d'élevages important, sans utiliser l'outil sérologique ; par conséquent à moindre coût. L'objectif était ainsi d'évaluer les performances d'une grille de notation via une approche comparée de la sensibilité et de la spécificité des méthodes de notation visuelle et d'un test ELISA, sans test de référence, grâce à une approche statistique bayésienne.

Ce rapport propose dans un premier temps un état des lieux des connaissances actuelles sur la gale en production porcine, de son étiologie jusqu'à son contrôle en élevage. Puis, après rappel du contexte, le matériel et méthodes, les résultats de l'étude seront présentés avant d'être discutés.

Synthèse bibliographique : La gale sarcoptique chez le porc

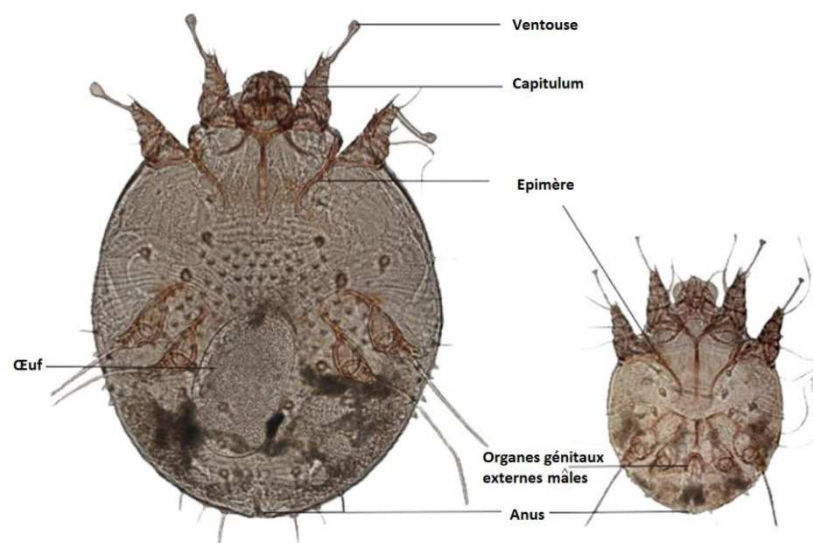
La gale sarcoptique est une parasitose rapportée chez de très nombreuses espèces de mammifères, qu'elles soient domestiques ou sauvages. La gale est également observée chez l'homme où elle pose un réel problème en particulier chez les enfants dans les pays tropicaux. Une seule espèce, *Sarcoptes scabiei*, est décrite mais il existe de nombreuses variétés de sarcoptes, généralement adaptées à un hôte ou un petit nombre d'hôtes phylogénétiquement proches. *Sarcoptes scabiei* var. *suis* est responsable de la gale chez le porc domestique et chez le sanglier (Haas *et al.*, 2015). La spécificité d'hôte des variétés n'est pas absolue et certaines gales animales (dont celle du porc) peuvent présenter un caractère zoonotique (Chakrabarti, 1990).

Sarcoptes scabiei est le parasite externe le plus fréquent chez le porc, et le plus impactant économiquement pour les éleveurs. Il peut réduire significativement la croissance, la conversion alimentaire des animaux et les performances de reproduction. Cependant, les éleveurs sous-estiment très souvent l'importance de cette maladie, souvent considérée comme une affection bénigne. Cette présentation propose un état des lieux des connaissances actuelles sur la gale en production porcine, de son étiologie jusqu'à son contrôle en élevage.

1- Etiologie et cycle parasitaire

Sarcoptes scabiei est un arthropode microscopique de la classe des Arachnides, de l'ordre des Acariens et de la famille des Sarcoptidés. La taille de cet acarien varie en fonction du sexe du parasite. A l'âge adulte, la femelle, de forme ellipsoïde, mesure environ 0,5 mm alors que le mâle, d'aspect plus circulaire, ne mesure que 0,25 mm de long (figure 1) (Arlan *et al.*, 1988). La face ventrale est plate alors que la face dorsale est convexe. Le parasite possède deux paires de pattes antérieures rattachées au bord du corps. Ces pattes sont courtes, dépassent à peine du corps de l'acarien et sont munies de ventouses à long pédicelle non articulé. Deux paires de pattes postérieures, non saillantes, sont rattachées à la surface ventrale. Les femelles ne possèdent pas de ventouse à l'extrémité de ces pattes alors que les mâles en sont munis sur la paire la plus postérieure. Les segments terminaux des pattes des mâles et des femelles présentent des griffes (Arlan et Morgan, 2017).

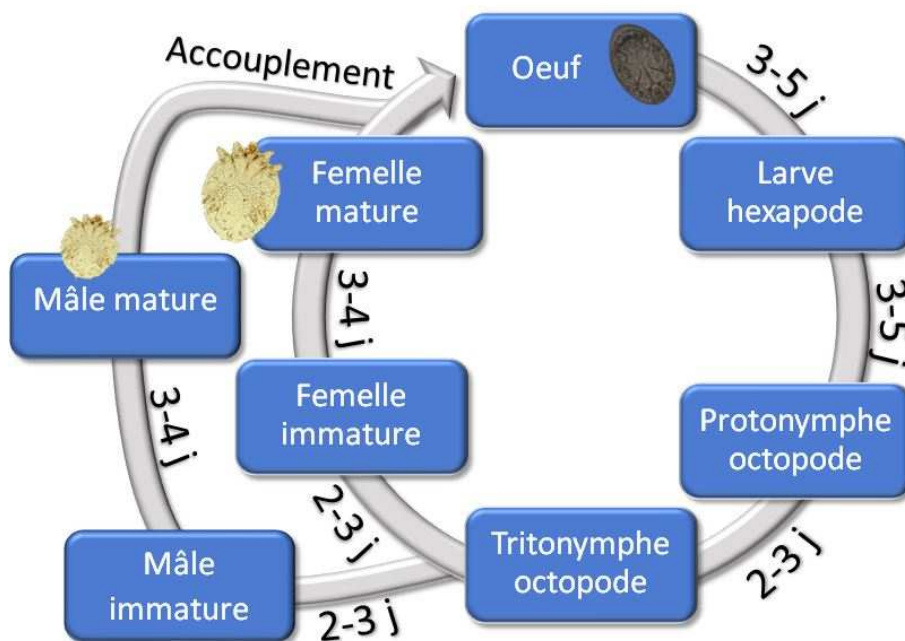
Figure 1 : *Sarcoptes scabiei* femelle et mâle



Crédit photo : Parasitologie ENVA

Sarcoptes scabiei est un acarien fouisseur aérobie (Arlan *et al.*, 1988). C'est un parasite permanent de l'épiderme des mammifères, l'intégralité de son cycle (de l'œuf au stade adulte) se déroulant sur l'hôte (figure 2). Après l'accouplement en surface, la femelle fécondée creuse une galerie dans l'épiderme (environ 2 mm par jour) jusqu'à proximité du corps muqueux de Malpighi. Elle sécrète un fluide clair (probablement de la salive) qui forme comme une goutte autour de son corps (Arlan et Morgan, 2017). Ce fluide aide à lyser la couche cornée, le parasite avançant dans la galerie à la manière d'une tortue avec ses deux paires de pattes antérieures. La femelle fécondée pond alors entre un et trois œufs par jour. On a longtemps cru que *S. scabiei* était histophage et se nourrissait exclusivement des cellules lysées de la couche cornée. Il ingère également la lymphe dermique qui s'infiltré dans la galerie. Entre l'éclosion et l'accouplement s'écoulent 10 à 15 jours, au maximum 25 jours (Rapp *et al.*, 2006). Le parasite meurt au bout d'environ 70 jours.

Figure 2 : Cycle de *Sarcoptes scabiei* var. *suis*



2- Epidémiologie

La gale sarcoptique est une maladie omniprésente. Elle a été décrite récemment en Israël (Erster *et al.*, 2015), dans plusieurs pays d'Afrique (Tanzanie (Braae *et al.*, 2013; Wilson et Swai, 2013), Ethiopie (Jufare *et al.*, 2015), Ghana (Permin *et al.*, 1999)), en Inde (Laha, 2015). En 2002, une étude Québécoise montrait que 25 % des élevages testés étaient séropositifs vis-à-vis de *S. scabiei* (Ravel *et al.*, 2002), alors que 56 % des élevages présentaient des lésions à l'abattoir dans une autre enquête américaine (Davies *et al.*, 1996). En Europe, *S. scabiei* est très répandu. En Espagne des enquêtes réalisées à l'abattoir ont montré que 78,1 % (Alonso de Vega *et al.*, 1998) à 86,6 % (Gutiérrez *et al.*, 1996) des élevages étaient contaminés. En Allemagne 19,1 % des truies prélevées présentaient des sarcoptes au niveau des oreilles ; 45,4 % des élevages sélectionnés dans l'étude avaient au moins une truie infestée (Damriyasa *et al.*, 2004). En Belgique, 23,9 % des élevages dont les animaux ont été prélevés à l'abattoir étaient contaminés (Hollanders et Vercruyse, 1990). En France, Fanneau de la Horie (1990) a montré que 43 % des porcs charcutiers prélevés à l'abattoir présentaient des sarcoptes au niveau de leurs oreilles. Une autre étude réalisée dans 50 élevages a mis en évidence que 84 +/- 10 % des élevages de truies étaient séropositifs (Delsart, 1999).

Au sein d'un élevage infesté, le taux d'animaux parasités est variable d'un élevage à l'autre. Dans un élevage autrichien, Löwenstein *et al.* (2006) ont isolé des sarcoptes sur la peau de 38,7 % des animaux prélevés (6,7 % des truies, 54,4 % des porcs en engraissement, 18,2 % des cochettes de renouvellement).

Le principal réservoir de sarcoptes dans un élevage est constitué par les animaux, notamment les truies développant une forme chronique (Greve et Davies, 2012). Dans les élevages contaminés depuis longtemps, seule une faible proportion d'animaux héberge la plupart des parasites (Goyena *et al.*, 2013). Ces porcs ont développé une forme hyperkératosique de la maladie, avec de nombreux parasites présents dans les croûtes. Les suidés dépourvus de croûtes sont peu contaminants.

La transmission se fait principalement par contact direct. Les porcelets se contaminent avant tout par contact avec leur mère. La contamination horizontale durant la phase d'engraissement est lente ; un porc charcutier infesté contamine en moyenne 0,06 congénère par jour (Stegeman *et al.*, 2000).

La transmission indirecte (via l'environnement ou des objets contaminés) est réduite du fait de la faible capacité de survie du parasite hors de l'hôte, laquelle dépend de la température ambiante mais aussi et surtout de l'humidité (Arlian, 1989). Une température basse (< 10°C) et une humidité relative élevée (>90 %) ralentissent la dessiccation des sarcoptes. Ainsi les femelles ne survivent que quelques heures à 45°C et 45 % d'humidité mais résistent 19 j à 10°C et 97 % d'hygrométrie (Arlian, 1989). L'éleveur est un relai possible, s'il a été en contact avec des animaux fortement infestés (Cinotti *et al.*, 2015).

L'obligation depuis 2013 en Europe de conduire les truies gestantes en liberté et en groupe à partir de 4 semaines de gestation, a augmenté les contacts entre les animaux et ainsi les risques de transmissions de *S. scabiei*. Une conduite en continu en engraissement (avec mélange d'animaux d'âges différents, à l'inverse d'une conduite en tout vide tout plein) augmente fortement les risques de persistance du parasite dans l'élevage. Le risque pour les animaux élevés sur paille, environnement favorable au parasite, est plus grand (Damriyasa *et al.*, 2004). Une hygiène globale déficiente de l'élevage et l'absence de traitement antiparasitaire constituent également des facteurs de risque. Un effet saison a été décrit : il y a plus de lésions de gale sur les carcasses de porcs à l'abattoir en hiver et au printemps (Davies *et al.*, 1991b).

3- Impact économique

L'infestation par *S. scabiei* peut avoir de lourdes répercussions économiques dans un élevage. La gale n'induit peu, voire pas de mortalité chez le porc, mais cette parasitose a un impact reconnu sur les performances de reproduction (Gaafar *et al.*, 1986; Smets *et al.*, 1999), sur le comportement maternel, sur les performances de croissance (de -5 % à -12,5 % selon les études (Alva-Valdes *et al.*, 1986; Cargill et Dobson, 1979; Elbers *et al.*, 2000; Mercier *et al.*, 2002)) et sur la conversion alimentaire (Arends *et al.*, 1990). Elle peut aussi nuire à la valorisation des carcasses (papules érythémateuses) et augmenter les coûts d'entretien du matériel (dommages liés au prurit). Enfin, les frais représentés par les traitements acaricides ne sont pas négligeables (Davies, 1995).

4- Pathogénie et signes cliniques

Durant les trois premières semaines post infestation, les sarcoptes femelles pénètrent dans l'épiderme. L'entrée des galeries se couvre progressivement d'une croûte riche en parasites, laquelle s'épaissit jusqu'à tomber. Ces croûtes, surtout présentes au niveau des oreilles, peuvent recouvrir 70 % de leur surface interne. Sur la plupart des animaux, une hypersensibilisation se met en place et les croûtes disparaissent environ 14 semaines après infestation (Cargill et Dobson, 1979). Des papules érythémateuses apparaissent sur la plupart des animaux atteints, particulièrement sur la croupe, les

flancs et l'abdomen. On retrouve dans ces lésions des polynucléaires éosinophiles en grand nombre, des mastocytes et des lymphocytes, mais très peu de parasites. Le prurit apparaît entre deux et onze semaines après l'infestation et s'accroît avec l'hypersensibilisation (Cargill et Dobson, 1979).

Une forme chronique hyperkératosique, aujourd'hui rare, peut se développer sur quelques individus de l'élevage, surtout chez les reproducteurs. Les lésions croûteuses intra-auriculaires s'étendent progressivement à la tête, au cou, aux épaules, aux membres antérieurs puis au dos (figure 3). La peau des zones lésées est rugueuse et épaisse (Das *et al.*, 2010), avec des croûtes très adhérentes riches en sarcoptes.

Suite à une infestation par *S. scabiei*, une immunité à médiation cellulaire (Arlian et Morgan, 2017) et humorale se met en place. Les anticorps sériques sont détectables 4 à 7 semaines après l'infestation (Bornstein et Zakrisson, 1993; Kessler *et al.*, 2003). On observe en parallèle une augmentation des IgG dirigées contre des protéines liant le fer, comme la transferrine, la lactoferrine ou la ferritine (Shittu *et al.*, 2018; Toet *et al.*, 2014; Zalunardo *et al.*, 2006). Cette réponse pourrait être soit un mécanisme de défense de l'hôte pour limiter la disponibilité du fer pour l'acarien, soit une réponse à l'exposition de l'hôte à des antigènes homologues de l'acarien (Toet *et al.*, 2014).

Figure 3 : Lésions hyperkératosiques au niveau du cou et des membres postérieurs sur un porc immunodéprimé



5- Surinfections

L'acarien *S. scabiei* produit des inhibiteurs pouvant moduler divers aspects de la réponse immunitaire innée ou acquise des mammifères. Ces capacités immunomodulatrices incluent des activités anti-inflammatoires et anti-immunitaires, en lien notamment avec le système du complément (Arlian et Morgan, 2017; Swe *et al.*, 2014). Dans un tel contexte, le développement de bactéries de surinfection,

notamment de staphylocoques, est favorisé (Engelman *et al.*, 2013). L'acarien *S. scabiei* génère en outre un stress oxydatif (Dimri *et al.*, 2014) qui pourrait être responsable, au moins partiellement, de lésions dégénératives du derme, voire d'une potentialisation des surinfections bactériennes.

6- Diagnostic

La présence de papules érythémateuses sur les animaux en engraissement, de prurit et d'hyperkératose, doit faire suspecter une infestation par *S. scabiei*. Le diagnostic n'est néanmoins pas aisé, l'infestation étant le plus souvent subclinique sans lésions spécifiques. Le diagnostic différentiel inclut une parakératose (d'origine alimentaire), une épidermite exsudative, des carences en niacine / biotine, la variole, une photosensibilisation, des coups de soleil et des piqûres d'insectes (Cargill et Davies, 1999).

La technique de référence pour le diagnostic de la gale chez le porc consiste à prélever des croûtes présentes sur la face interne du pavillon auriculaire, en effectuant un raclage sur une surface d'environ un à deux cm², jusqu'à la rosée sanguine avec une curette, une lame de couteau ou un ciseau émoussé, voire à l'aide d'une cuillère au bord aiguisé.

Les croûtes peuvent être observées directement à la loupe binoculaire (figure 4). L'incubation du prélèvement à 37°C durant 24 h dans une solution d'hydroxyde de potassium diluée à 10 % ou de lactophénol, permet d'observer plus facilement les œufs, les formes immatures ou les sarcoptes adultes (Alonso de Vega *et al.*, 1998; Gutiérrez *et al.*, 1996; Sheahan et Hatch, 1975). L'examen direct d'un produit de raclage pêche toutefois par sa sensibilité, estimée à moins de 50 % (Löwenstein *et al.*, 2004) et dépend du choix des animaux, la charge parasitaire étant plus importante lors de la phase hyperkératosique de la maladie. La spécificité est excellente. Attention toutefois à ne pas confondre *S. scabiei* avec des acariens vivant dans la paille, morphologiquement distincts (les pattes sont longues), qui peuvent être sporadiquement présents dans les prélèvements (Greve et Davies, 2012).

Figure 4 : Observation de sarcoptes dans des croûtes à la loupe binoculaire (grossissement X50)



Le prurit est le principal signe d'appel de la gale chez le porc. C'est pourquoi des index de grattage, de frottement ont été proposés pour estimer le niveau de prurit. Cet index s'obtient en comptabilisant le nombre d'épisodes de grattages et de frottements dans une salle ou une case durant 15 minutes, rapporté au nombre total d'animaux présents (Cargill *et al.*, 1994). Un index de grattage supérieur à 0,1 évoque la présence de sarcoptes et la nécessité de revoir le plan de déparasitage (Pointon *et al.*, 1999). Cette méthode demeure peu spécifique et non fiable (Loewenstein *et al.*, 2006). Elle ne doit pas être utilisée sur les truies (Smets et Vercruyse, 2000). Elle est cependant mentionnée dans de nombreuses investigations pour objectiver l'efficacité d'un protocole médicamenteux par exemple (Cargill *et al.*, 1996; Hollanders *et al.*, 1995; Smets *et al.*, 1999). Il importe de réaliser les comptages à heures fixes pour pouvoir les comparer, le comportement des animaux n'étant pas le même selon le moment de la journée (Loewenstein *et al.*, 2006). Les claquements d'oreilles, souvent observés en cas de gale, sont peu spécifiques de la maladie et ne sont pas pris en compte ici.

L'infestation par *S. scabiei* est la cause principale de la présence de papules érythémateuses sur les carcasses à l'abattoir (Hollanders *et al.*, 1995). Une grille de notation a été proposée en fonction de l'étendue des lésions sur la carcasse (Pointon *et al.*, 1999) : 0- absence de lésion, 1- lésions localisées derrière les oreilles ou sur le ventre et les postérieurs, 2- lésions étendues sur la tête, le cou, les épaules, le dos, l'abdomen et les postérieurs, 3- lésions généralisées avec des zones papuleuses intenses (figures 5 et 6). On considère que la gale n'est pas maîtrisée si le score moyen est supérieur à 0,5 (Galuppi *et al.*, 2007). La sensibilité de cette méthode diagnostique est décrite comme très bonne. La spécificité individuelle s'améliore avec le niveau lésionnel. Elle est estimée à plus de 98 % pour des notes individuelles de 2 ou 3 (Davies *et al.*, 1996).

Figure 5 : Dermatite papuleuse sur des carcasses à l'abattoir



Crédit photo : M Delsart

Les techniques de sérodiagnostic se sont beaucoup développées, mais restent encore peu utilisées en routine. Plusieurs tests ELISA existent avec des valeurs de sensibilité et de spécificité différentes. L'un d'eux a été conçu à partir d'une préparation antigénique de sarcoptes prélevés sur des renards roux (Bornstein et Zakrisson, 1993). La spécificité de ce test (CHECKIT® Sarcoptes) est excellente, supérieure à 98 % (Hollanders *et al.*, 1997; Zimmermann et Kircher, 1998), mais la sensibilité n'est que de 80 % sur les porcelets et de seulement 50 % sur les truies. Les anticorps sont détectables 5 à 7 semaines après l'infestation et persistent durant 9 à 12 mois (Smets et Vercruyssen, 2000). Kessler *et al.* (Kessler *et al.*, 2003) ont comparé ce kit à deux autres tests développés à partir d'antigènes de *S. scabiei* var. *suis* (Sarcoptes ELISA 2001® Pig et Acar-Test P. ELISA®). La sensibilité des deux tests utilisant les antigènes de *S. scabiei* var. *suis* est meilleure. La séroconversion est de 4 semaines pour Acar-Test P. ELISA®, de 5 semaines pour Sarcoptes ELISA 2001® Pig, dont la sensibilité et la spécificité sont estimées respectivement à 95 % et 97 % par le fabricant (AFOSA GmbH, s. d.). La sérologie est utile dans le cadre d'un diagnostic de troupeau car les performances des tests ne permettent pas de diagnostic individuel. Au-delà de la détermination du statut de l'élevage, ils sont aussi intéressants pour valider l'efficacité d'un traitement (Bernigaud *et al.*, 2016; Löwenstein *et al.*, 2006) ou d'un programme d'assainissement (Jacobson *et al.*, 1999).

Des tests PCR ont été mis au point pour le diagnostic de la gale chez l'homme (Mallet *et al.*, 2014). A ce jour, la PCR n'est pas utilisée en routine pour le diagnostic de la gale du porc (elle n'a même jamais été testée chez le porc). Comme pour le raclage cutané, la sensibilité de cette technique est liée à la présence de parasites et, plus précisément, de leur ADN (Walton et Currie, 2007). Or, dans les formes hypersensibles de la maladie, la population parasitaire est très faible. La sensibilité de la PCR est aussi conditionnée à la technique de prélèvement et d'extraction de l'ADN (Alasaad *et al.*, 2009).

7- Méthodes de lutte

L'éradication du parasite dans un élevage est possible, avec des protocoles que nous développerons plus loin. Cependant, ce sont le plus souvent des traitements systématiques qui sont mis en place. Le contrôle consiste en général à traiter les truies avant leur entrée en maternité, pour limiter la transmission aux porcelets (Mercier *et al.*, 2002). Les truies avec les lésions les plus marquées doivent être réformées car elles hébergent le plus grand nombre de sarcoptes. En parallèle, les verrats doivent être traités tous les 3 à 6 mois. Tous les animaux introduits dans l'élevage doivent être traités à leur arrivée. Une conduite des salles en tout vide – tout plein avec nettoyage et désinfection entre deux lots d'animaux, permet d'éviter une contamination via l'environnement des porcelets issus de truies traitées. Si les animaux sont élevés sur litière, la paille ou la sciure doit être retirée et changée entre chaque lot. Malgré la faible capacité de survie du parasite dans le milieu extérieur (un ou deux jours tout au plus), un produit acaricide peut être appliqué par sécurité sur les murs, le sol et le matériel d'élevage avant l'entrée des animaux. Attention en outre à la transmission indirecte via des objets contaminés ou via l'homme qui doit respecter les précautions d'usage (lavage des mains, changement de tenue, de bottes...) (Mock, 1997).

La plupart des acaricides disponibles permettent de contrôler la gale (Greve et Davies, 2012). L'absence d'activité ovicide impose des traitements réguliers et répétés. Avec des produits dont la rémanence ne permet pas de couvrir l'ensemble du cycle parasitaire, il peut ainsi être nécessaire de faire deux traitements espacés de deux semaines environ.

Les organochlorés ne sont plus autorisés. Parmi les organophosphorés, le diazinon et le phoxime sont encore aujourd'hui utilisés, en usage externe (badigeon, bain ou application Pour On). L'amitraz est une alternative à l'utilisation des organophosphorés. Cet acaricide peut être appliqué soit en pulvérisation sur les animaux, soit en bain. Les avermectines (ivermectine, doramectine) s'administrent par voie injectable (sous-cutanée pour l'ivermectine, intramusculaire pour la

doramectine). Utilisées à 300 µg/kg de poids vif, ces molécules sont particulièrement efficaces. L'ivermectine est en outre disponible pour une administration par voie orale. La doramectine a une durée d'action supérieure à l'ivermectine ; Arends *et al.* (1999) estiment la durée de protection vis-à-vis d'une nouvelle infestation de sarcoptes à 18 j pour la doramectine contre 9 j pour l'ivermectine. Les avermectines, également nématocides, permettent à l'éleveur de combiner la lutte vis-à-vis de *S. scabiei* et aussi vis-à-vis du nématode *Ascaris suum*.

En utilisant un modèle d'infestation expérimentale, Bernigaud *et al.* (2016) ont montré qu'une seule administration orale de moxidectine (une molécule très proche des avermectines) était suffisante pour obtenir une guérison clinique complète et une élimination rapide des sarcoptes. Plus récemment, Bernigaud *et al.* (2018) ont apporté la preuve de la très grande efficacité de l'afoxolaner (une molécule de la famille des isoxazolines) par voie orale.

Même si des résistances aux acaricides (notamment à l'ivermectine ou à la perméthrine) existent (Bernigaud *et al.*, 2016; Khalil *et al.*, 2017; Mounsey *et al.*, 2010, 2008; Thomas *et al.*, 2015), les échecs de traitement ou de contrôle de la gale dans les élevages de porcs sont avant tout dus à la méconnaissance de l'épidémiologie du parasite, à la mauvaise utilisation des acaricides ou au manque de réactivité des éleveurs pour lesquels l'impact de la maladie n'est pas toujours évident (Dobson, 1986).

La vaccination pourrait représenter une alternative intéressante. Les essais de vaccination chez la chèvre ou le lapin ne sont pas concluants à ce jour (Casais *et al.*, 2016; Tarigan et Huntley, 2005), mais les vaccins à ADN pourraient offrir de nouvelles opportunités.

8- Eradication

L'assainissement des élevages est relativement aisé. Comme pour d'autres agents pathogènes, on peut imaginer un assainissement par dépopulation-repopulation à partir d'animaux issus d'élevages certifiés indemnes du parasite. De nombreux programmes d'assainissement sans dépopulation associant utilisation d'acaricides et mesures de biosécurité ont été proposés. Ils sont souvent efficaces à condition que la procédure soit scrupuleusement respectée (Greve et Davies, 2012; Heinonen *et al.*, 2000). Les protocoles consistent en général à faire deux traitements acaricides (à base d'amitraz (Rueda-López, 2006), de phoxim (Madsen, 1990) ou, plus souvent, d'ivermectines) sur tous les animaux de l'élevage à 14 jours d'intervalle. L'ivermectine est utilisée soit sous forme injectable (300 µg/kg de poids vif), avec deux injections réalisées à tous les animaux de l'élevage à 12-14 jours d'intervalle (Heinonen *et al.*, 2000; Jacobson *et al.*, 2000; Lambers, 1994), soit sous forme orale à raison de 100 µg/kg de poids vif et par jour via l'aliment durant deux semaines (Ebbesen, 1998; Köhler et Zabke, 1998) ou selon un programme 7-7-7 (2 x 7 jours avec ivermectine, espacés de 7 jours sans médication) (Mohr, 2000; Smets *et al.*, 1999; Spencer, 2006). Deux injections d'ivermectine à deux semaines d'intervalle sont toutefois nécessaires sur les animaux dont la prise alimentaire est insuffisante ou incontrôlée (animaux anorexiques, truies allaitantes, animaux de remplacement, porcelets non sevrés ou juste sevrés...). La durée d'action de la doramectine étant supérieure, des protocoles avec une injection unique à raison de 300 µg/kg de poids vif à tous les animaux ont été décrits (Jacobson *et al.*, 2000; Jensen *et al.*, 2002).

Quel que soit le protocole utilisé, il faut être très vigilant sur le bon dosage et sur la bonne administration du produit (Jacobson *et al.*, 2000). Il peut être recommandé d'accompagner le traitement des animaux par des traitements acaricides du bâtiment (Lambers, 1994) sans que cela *a priori* soit déterminant (Jacobson *et al.*, 1999; Jensen *et al.*, 2002; Madsen, 1990; Smets *et al.*, 1999).

Ces protocoles sont fastidieux et chronophages pour les éleveurs, ce qui explique qu'ils ne soient pas régulièrement mis en place. Pourtant l'intérêt économique est évident, le retour sur investissement étant de 3 mois à 1 an selon les études (Jensen *et al.*, 2002; Smets *et al.*, 1999).

Conclusion

La gale est une maladie ancienne, trop souvent négligée par les éleveurs, malgré l'impact économique qu'elle peut représenter. La filière porcine se préoccupe de plus en plus du statut sanitaire des élevages. L'amélioration des performances, mais aussi la prise de conscience qu'une moindre utilisation des anti-infectieux est nécessaire, poussent les organisations professionnelles à créer des filières assainies des principaux agents pathogènes. Les firmes génétiques investissent pour proposer des animaux indemnes, notamment de *S. scabiei* qui est sans doute l'un des agents pathogènes les plus simples à éradiquer. La possibilité d'introduire des animaux de renouvellement indemnes est une opportunité qui poussera probablement les éleveurs à mettre en place des plans d'assainissement dans leurs élevages.

Travail personnel

La gale, causée par l'acarien *S. scabiei*, est probablement la parasitose externe la plus importante chez le porc à travers le monde. C'est une maladie toutefois peu étudiée, malgré son impact économique certainement sous-estimé, notamment par les éleveurs eux-mêmes.

1- Contexte

Le diagnostic de la gale n'est pas aisé, la maladie étant subclinique chez la plupart des animaux. Il n'existe notamment pas de test de référence (Laha, 2015). L'observation des parasites à partir de croûtes prélevées dans les oreilles des animaux est une technique très spécifique, mais dont la sensibilité est faible (Gutiérrez *et al.*, 1996). A contrario, l'observation des lésions à l'abattoir est beaucoup plus sensible mais la spécificité est très médiocre lorsque les lésions sont peu étendues (confusion possible notamment avec des piqûres d'insectes). Des tests sérologiques (ELISA) ont été développés avec une sensibilité de 87,8 % à 95 % et une spécificité de 97 à 99,5 % (AFOSA GmbH, s. d.; Bornstein et Wallgren, 1997). Selon l'outil diagnostique utilisé, la prévalence apparente de la gale sarcoptique chez le porc est très variable : de 24 % des élevages en Belgique (étude à partir d'observation sur croûtes (Hollanders et Vercruysse, 1990)) à plus de 86 % en Espagne (notations des lésions à l'abattoir (Gutiérrez *et al.*, 1996)). Peu d'études récentes existent (Gutiérrez *et al.*, 1996; Alonso de Vega *et al.*, 1998; Damriyasa *et al.*, 2004; Neumann *et al.*, 2014; Maioli *et al.*, 2016) ; en France les dernières descriptions datent de 1997 (Delsart, 1999).

Cette étude s'inscrit dans une étude générale de la gale sarcoptique chez le porc, dont l'objectif est d'estimer la prévalence et l'impact technico-économique dans les élevages porcins.

L'objectif spécifique de cette étude est d'évaluer les performances d'une grille de notation des lésions observées sur des porcs charcutiers à l'abattoir via une approche comparée de la sensibilité et de la spécificité des méthodes de notation visuelle et d'un test ELISA. La validation et l'étalonnage de la grille de notation par la sérologie devrait permettre de réaliser une étude de prévalence sur un ensemble d'élevages plus important, sans utiliser l'outil sérologique dont le coût serait un frein pour une étude incluant beaucoup d'élevages.

2- Matériel et méthodes

2.1 Lieu de l'étude

Les observations et les prélèvements ont été réalisés dans un unique abattoir situé à Fleury les Aubrais, dans le Loiret (France). Cet abattoir appartient au groupe Sicarev et abat uniquement des porcs. Le rythme d'abattage est d'environ 370 porcs par heure. Entre 2 300 et 2 600 porcs sont abattus par jour. Quatre-vingt-cinq pourcents des animaux abattus sont issus d'élevages adhérents au groupement de producteur Cirhyo.

2.2 Sélection des élevages

L'étude a concerné l'ensemble des élevages adhérent au groupement de porcs Cirhyo, et dont des lots de porcs ont été abattus dans l'abattoir de Fleury les Aubrais durant les jours de présence de la personne en charge des notations et des prélèvements. Un lot de porcs correspondant à l'ensemble des animaux d'un élevage abattus sur une journée de tuerie. Un seul lot de porcs par élevage inclus a fait l'objet d'observations et de notations.

L'élevage était identifié à la fois par l'indicatif de marquage officiel du site d'élevage (Fr00XXX) et par un code propre à l'étude composé de 2 lettres, la première correspondant au rang du jour de

contrôle (A = 1^{er} jour de contrôle, B = 2^{ème} jour...), la seconde correspondant au rang de contrôle de l'élevage dans la journée (A = 1^{er} élevage contrôlé, B = 2^{ème} élevage...).

Ex : l'élevage BC est le 3^{ème} élevage contrôlé lors de la 2^{ème} journée.

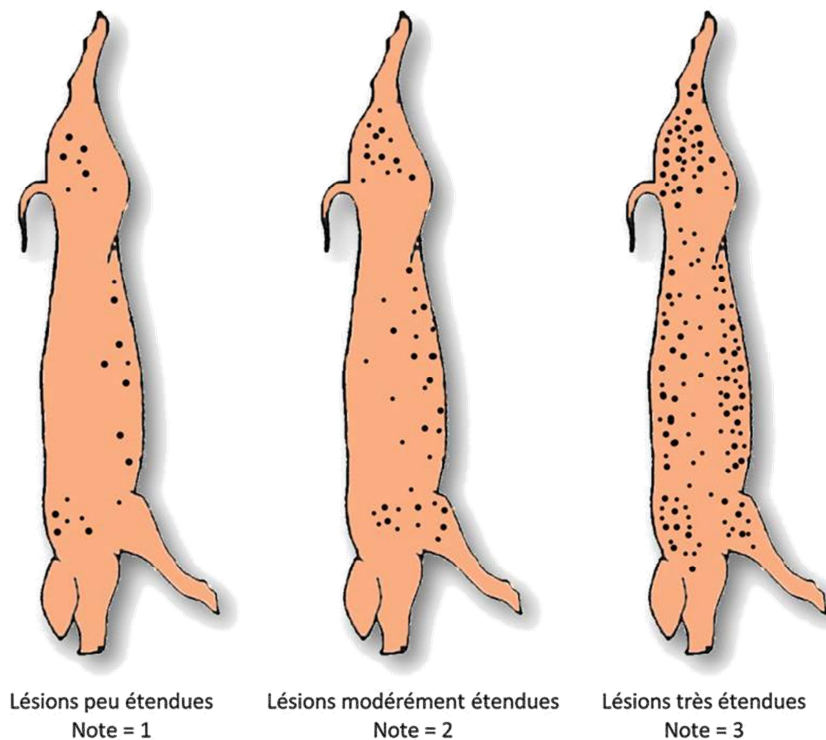
2.3 Période de l'étude à l'abattoir

L'ensemble des observations et des prélèvements à l'abattoir a été réalisé durant les mois de janvier et de février 2019. Durant 16 journées, l'ensemble de la tuerie a été suivie afin de ne pas omettre d'élevage.

2.4 Notation des lésions cutanées

Pour chaque élevage inclus, un échantillon d'animaux a été noté selon une grille établie par Pointon *et al.* (Pointon *et al.*, 1999), en fonction de l'étendue des lésions sur la carcasse, comme le montre la figure 6 : 0- absence de lésion, 1- lésions localisées derrière les oreilles ou sur le ventre et les postérieurs, 2- lésions étendues sur la tête, le cou, les épaules, le dos, l'abdomen et les postérieurs, 3- lésions généralisées avec des zones papuleuses intenses.

Figure 6 : Notation des lésions sur les carcasses à l'abattoir



Si le lot de porcs comportait 60 individus ou moins, l'ensemble des animaux étaient notés.

Si le lot de porcs était strictement supérieur à 60, un tirage au sort des 60 porcs était réalisé : un pas Δ était défini en arrondissant au nombre entier inférieur le quotient du nombre de porcs abattus par 60. Un tirage au sort parmi les nombres entiers compris entre $[1 ; \Delta]$ définissait le rang d'abattage a du 1^{er} porc dont la carcasse était notée selon la grille de notation précédemment décrite. Le rang d'abattage des n porcs dont les carcasses étaient notées était défini par $a+(n-1)\Delta$, n étant compris entre 1 et 60.

Toutes les notations ont été effectuées par une seule et unique personne (Maxime Delsart), positionnée sur un présentoir à environ 1 m de haut, permettant l'examen de la carcasse qui était

pendue par les membres extérieurs. L'observation et la notation ont été réalisées après le flambage de la carcasse, avant l'éviscération.

2.5 Prélèvements sanguins

Pour chaque lot contrôlé, 10 prélèvements sanguins ont été réalisés, sur 10 animaux différents, au moment de la saignée des animaux.

L'identifiant de marquage Fr00XXX était systématiquement contrôlé avant chaque prélèvement. Il est situé sur le flanc des animaux, derrière l'épaule gauche ou droite.

Le choix des animaux prélevés a été fait selon 2 modalités, selon la qualité d'identification des animaux :

- ✓ Si l'identifiant de marquage Fr00XXX était parfaitement lisible sur tous les animaux au poste de saignée :
 - Si le lot de porcs comportait 100 individus ou moins, un tirage au sort des 10 porcs était réalisé : un pas Δ' était défini en arrondissant au nombre entier inférieur le quotient du nombre de porcs abattus par 10. Un tirage au sort parmi les nombres entiers compris entre $[1 ; \Delta']$ définissait le rang d'abattage a du 1^{er} porc sur lequel un prélèvement sanguin était effectué. Le rang d'abattage des n porcs prélevés est défini par $a+(n-1)\Delta'$, n étant compris entre 1 et 10.
 - Si le lot de porcs était strictement supérieur à 100, un tirage au sort parmi les nombres entiers compris entre 1 et 10 définissait le rang d'abattage a du 1^{er} porc dont le sang était prélevé. Le rang d'abattage des n porcs dont les sangs étaient ensuite prélevés était défini par $a+(n-1) \times 10$, n étant compris entre 1 et 10.
- ✓ Si l'identifiant de marquage Fr00XXX n'était parfaitement lisible sur tous les animaux au poste de saignée : le sang des 10 premiers animaux dont l'identifiant de marquage était clairement lisible était prélevé.

Le sang était collecté directement au niveau des artères et veines du tronc brachiocéphalique, après que l'animal a été saigné par l'opérateur de la chaîne.

Le sang était collecté dans un tube sec Vacutainer® de 5 ml, à raison de 1 tube par prélèvement.

Tous les prélèvements ont été effectués par une seule et unique personne (Maxime Delsart).

Étaient inscrits sur chaque tube, à l'aide d'un feutre noir indélébile, le code propre à chaque élevage défini pour l'étude composé de 2 lettres (voir partie 2.2) suivi du n° d'ordre du prélèvement sanguin (ex : BC3 = 3^{ème} prélèvement sanguin pour le 3^{ème} élevage de la seconde journée d'abattage).

Tous les prélèvements d'un même élevage étaient regroupés et conditionnés dans un sac de congélation avec fermeture, un sac par élevage.

En fin de journée, le sérum de chacun des prélèvements faits durant la tuerie était obtenu par centrifugation pendant 7 minutes à 3500 tours / min, le surnageant prélevé et placé individuellement grâce à une pipette et des embouts jetables dans des microtubes coniques de 1,5 ml. Sur chaque microtube était retranscrit à l'aide d'un feutre noir indélébile, le code propre à chaque élevage défini pour l'étude composé de 2 lettres suivi du n° d'ordre du prélèvement sanguin. Les microtubes de chaque élevage étaient regroupés dans un sac de congélation avec fermeture, puis stockés au réfrigérateur entre +4 et +8° C jusqu'à l'analyse.

2.6 Analyses sérologiques

Toutes les analyses sérologiques ont été réalisées du 3 au 8 avril, après que l'ensemble des prélèvements et observations à l'abattoir a été fait. Les analyses ont été réalisées au Biopôle de l'École nationale vétérinaire d'Alfort par une seule et unique personne (Maxime Delsart).

Un test commercial ELISA indirect (Sarcoptes-ELISA 2001[®]Pig, AFOSA GmbH, Allemagne) a été utilisé conformément aux instructions du fabricant (annexe 1). Les valeurs de densité optique ont été lues à une longueur d'onde de 450 nm à l'aide d'un lecteur de microplaques, téléchargées puis retranscrites dans un fichier Excel. Les équations fournies avec le test commercial (annexe 1) ont été intégrées dans le fichier Excel, permettant de définir le caractère négatif, douteux ou positif de chaque prélèvement.

2.7 Gestion des données

Toutes les données collectées (notations de lésions, résultats sérologiques) ont été saisies grâce au logiciel Epidata (masque de saisie en annexe 2). Les données ont été exportées sous Excel.

2.7.1 Description et analyse descriptive

L'analyse descriptive des résultats de notations visuelles et de sérologies a été réalisée sous R. Les résultats sérologiques et les notations visuelles ont été analysés au niveau individuel et au niveau du lot.

Pour chacune des modalités diagnostiques ont été testés 2 critères de positivité :

- Diagnostic par notation visuelle :
 - **ADS** : pour chaque lot a été calculé un ADS (Average Dermatitis Score) correspondant à la moyenne des notes du lot. Cette moyenne définie sur une proportion plus ou moins importante du lot, a été inférée à l'ensemble du lot avec définition d'un intervalle de confiance à 95 %. Un lot était considéré positif au diagnostic ADS si l'intervalle de confiance 95 % de l'ADS était strictement supérieur à 0,5 ;
 - **Note2et3** : le quotient correspondant au nombre de porcs ayant été notés 2 ou 3 dans le lot sur l'ensemble des porcs notés dans le lot a été calculé pour chaque lot. Un lot était considéré positif au diagnostic Note2et3 si ce quotient était supérieur ou égal à 5 %.
- Diagnostic sérologique ELISA :
 - **SeroPOS** : un lot était considéré positif si au moins 1 animal était séropositif dans le lot ;
 - **SeroNNeg** : un lot était considéré positif si au moins 1 animal était non séronégatif dans le lot.

Un modèle de régression logistique de type GEE (équations d'estimation généralisées) tenant compte du facteur de confusion "élevage" a été utilisé pour quantifier l'association entre la notation visuelle (note 0 d'une part, et note 2 et 3 d'autre part) et le statut sérologique de l'élevage. Ce modèle a été réalisé dans RStudio[®], en utilisant les packages geepack, doBy et lme4.

2.7.2 Approche comparée des performances (sensibilité et spécificité) des méthodes de notation visuelle et ELISA, sans gold standard, grâce à une approche statistique bayésienne

2.7.2.1 Description du modèle

La méthode décrite par Rose *et al.* (Rose *et al.*, 2010) a été appliquée pour estimer les caractéristiques des deux approches diagnostiques dans une même population et sans gold standard. Les paramètres du modèle sont les 2 sensibilités, les 2 spécificités et la prévalence réelle. Nos données $y = (y_{11}, y_{10}, y_{01}, y_{00})$ comprenaient les résultats des diagnostics croisés pour les n lots testés de la population ; y_{11} était le nombre de lots positifs aux deux diagnostics, y_{10} le nombre de lots positifs au diagnostic visuel et négatif au diagnostic sérologique, y_{01} le nombre de lots négatifs au diagnostic visuel

et positifs au diagnostic sérologique et y_{00} , le nombre de lots trouvés négatifs avec les deux diagnostics.

y multinomial (n (p_{11} , p_{10} , p_{01} , p_{00})),

$$P_{11} = P(D_1, D_2) = \pi [Se_1 Se_2] (1 - \pi) [(1 - Sp_1) (1 - Sp_2)]$$

$$P_{10} = P(D_1, D_2^-) = \pi [Se_1 (1 - Se_2)] (1 - \pi) [(1 - Sp_1) Sp_2]$$

$$P_{01} = P(D_1^-, D_2) = \pi [(1 - Se_1) Se_2] (1 - \pi) [Sp_1 (1 - Sp_2)]$$

$$P_{00} = P(D_1^-, D_2^-) = \pi [(1 - Se_1) (1 - Se_2)] (1 - \pi) [Sp_1 Sp_2]$$

π étant la prévalence réelle des lots positifs vis-à-vis de la gale, Se_1 et Sp_1 la sensibilité et la spécificité du diagnostic visuel, Se_2 et Sp_2 la sensibilité et spécificité du diagnostic sérologique.

Le modèle décrit ci-dessus a été utilisé 2 fois pour estimer la sensibilité et la spécificité de **ADS** et de **Note2et3** conjointement à celle du diagnostic sérologique.

2.7.2.2 Distribution a priori des paramètres

Des distributions bêta ($a;b$) ou uniforme (0;1) ont été utilisées comme distributions *a priori* (= priors) pour les paramètres d'intérêt (sensibilités, spécificités, proportion de lots positifs). Des données externes ont été utilisées pour déterminer ces distributions bêta.

Pour les tests sérologiques, les données de sensibilité et de spécificité proposées par le laboratoire fournisseur ont permis de déterminer une estimation de la sensibilité et de la spécificité troupeau avec 10 prélèvements par lot.

Pour les notations visuelles, l'absence de données sur la sensibilité et la spécificité de l'ADS a contraint à utiliser des priors très peu informatives. Les données bibliographiques sur la spécificité des notes individuelles 2 et 3 (Davies *et al.*, 1996) ont permis de déterminer des priors plus informatives, alors que l'absence de données sur la sensibilité a poussé à être plus prudent et à utiliser des données légèrement informatives voire non informatives.

Pour la prévalence, les informations issues de la bibliographie sont anciennes et divergentes. Les données utilisées ici sont légèrement informatives voire non informatives.

Les paramètres des lois bêta du caractère 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 :

<http://252s-weblive.vet.unimelb.edu.au:3838/users/epi/beta.buster/> .

2.7.2.3 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 10000 itérations de l'échantillonneur de Gibbs avec une phase de rodage de 1000 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 la sensibilité du diagnostic sérologique, (0,5;1) pour la sensibilité du diagnostic visuel, (0,7;1) pour les spécificités des 2 diagnostics et (0;1) pour la prévalence.

2.7.2.4 *Évaluation de la convergence*

RStudio® Software (RStudio®, Inc.) a été utilisé pour évaluer la convergence des MCMC (Monte-Carlo Markov Chain) obtenus. 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) pour la convergence des chaînes simples ont été appliqués. Le diagnostic de Gelman – Rubin (Brooks et Gelman, 1998) a été réalisé pour évaluer la convergence des trois chaînes parallèles et les autocorrélations ont également été vérifiées.

2.7.2.5 *Analyse de sensibilité*

Afin d'évaluer l'influence des *a priori* sur les paramètres estimés du modèle, différentes options ont été utilisées avec différents niveaux informatifs des priors. Le tableau 1 décrit les différentes options utilisées selon le niveau informatif.

Tableau 1. Description des différentes hypothèses de distributions *a priori* (priors) utilisées dans le modèle pour estimer la sensibilité et la spécificité des diagnostics visuels et sérologiques de la gale sarcoptique du porc.

	Paramètre	Niveau informatif	Critères retenus	Distribution
Option A = Priors moyennement informatifs	Se Notation visuelle ADS	Prior moyennement informative sur la sensibilité de l'ADS	> 0,5 ; mode = 0,8	Beta (7,55;2,64)
	Sp Notation visuelle ADS	Prior non informative sur la spécificité de l'ADS	Inconnue	Uniform (0;1)
	Se Notation visuelle Note2et3	Prior moyennement informative sur la sensibilité du % de notes 2 et 3	> 0,3 ; mode = 0,5	Beta (8,00;8,00)
	Sp Notation visuelle Note2et3	Prior moyennement informative sur la spécificité du % de notes 2 et 3	> 0,8 ; mode = 0,9	Beta (42,57;5,62)
	Se ELISA	Prior moyennement informative sur la sensibilité de l'ELISA	> 0,6 ; mode = 0,8	Beta (14,84;4,46)
	Sp ELISA	Prior moyennement informative sur la spécificité de l'ELISA	> 0,6 ; mode = 0,75	Beta (23,57;8,52)
	Prévalence	Prior non informative sur la prévalence	Inconnue	Uniform (0;1)
Option B = Priors informatifs	Se Notation visuelle ADS	Prior informative sur la sensibilité de l'ADS	> 0,6 ; mode = 0,8	Beta (14,84;4,46)
	Sp Notation visuelle ADS	Prior non informative sur la spécificité de l'ADS	Inconnue	Uniform (0;1)
	Se Notation visuelle Note2et3	Prior informative sur la sensibilité du % de notes 2 et 3	> 0,5 ; mode = 0,8	Beta (7,55;2,64)
	Sp Notation visuelle Note2et3	Prior informative sur la spécificité du % de notes 2 et 3	> 0,8 ; mode = 0,95	Beta (21,20;2,06)
	Se ELISA	Prior moyennement informative sur la sensibilité de l'ELISA	> 0,6 ; mode = 0,8	Beta (14,84;4,46)
	Sp ELISA	Prior moyennement informative sur la spécificité de l'ELISA	> 0,6 ; mode = 0,75	Beta (23,57;8,52)
	Prévalence	Prior moyennement informative la prévalence	> 0,1 ; mode = 0,3	Beta (2,35;4,14)
Option C = Priors vagues	Se Notation visuelle ADS	Prior non informative sur la sensibilité de l'ADS	Inconnue	Uniform (0;1)
	Sp Notation visuelle ADS	Prior non informative sur la spécificité de l'ADS	Inconnue	Uniform (0;1)
	Se Notation visuelle Note2et3	Prior non informative sur la sensibilité du % de notes 2 et 3	Inconnue	Uniform (0;1)
	Sp Notation visuelle Note2et3	Prior moyennement informative sur la spécificité du % de notes 2 et 3	> 0,6 ; mode = 0,9	Beta (8,30;1,81)
	Se ELISA	Prior non informative sur la sensibilité de l'ELISA	Inconnue	Uniform (0;1)
	Sp ELISA	Prior moyennement informative sur la spécificité de l'ELISA	> 0,4 ; mode = 0,75	Beta (5,30;2,43)
	Prévalence	Prior non informative sur la prévalence	Inconnue	Uniform (0;1)

Se = sensibilité / Sp = spécificité

3- Résultats

3.1 Description des élevages

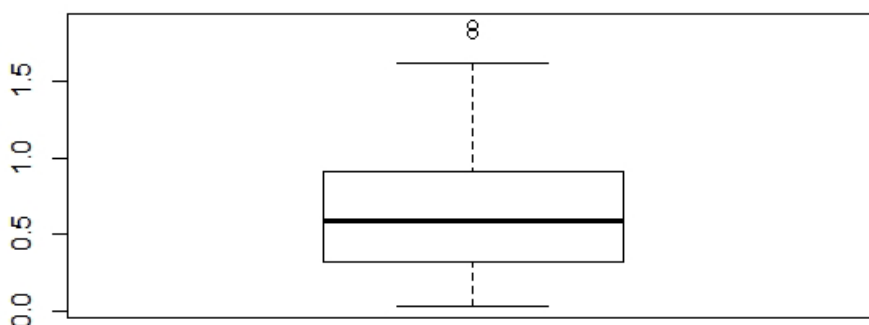
Quatre-vingt-quatre élevages ont été inclus dans l'étude. Ils sont issus de 16 départements (annexe 4). Il y avait 64 ateliers naisseurs-engraisseurs (76 %), 17 post-sevrer-engraisseurs (20 %) et 3 engraisseurs (4 %). Les lots abattus étaient constitués en moyenne de 126 animaux (minimum = 18 ; maximum = 280) avec 53 lots de plus de 100 animaux et 20 lots de moins de 60 animaux.

3.2 Lésions cutanées

Les lésions cutanées ont été évaluées pour 4584 porcs répartis dans les 84 lots. En moyenne, 55 porcs ont été notés par lot, avec un minimum de 18 et un maximum de 60. Parmi les 4584 porcs, 48,1 % ont été notés 0, 42,4 % 1, 8,3 % 2 et 1,2 % 3 selon l'étendue des lésions cutanées observées.

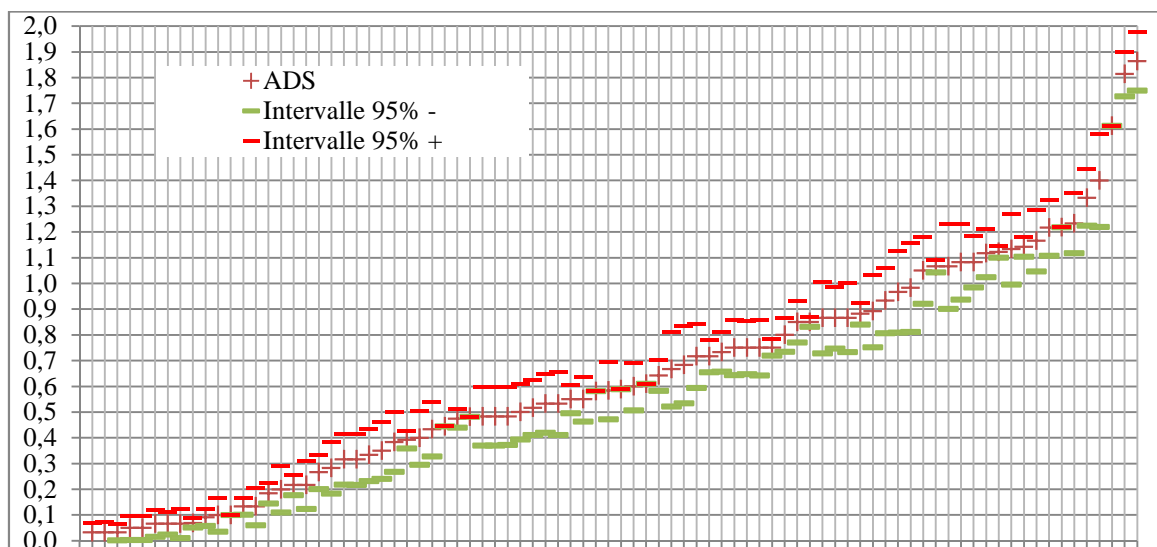
Pour chaque lot, un niveau lésionnel moyen (ADS : Average Dermatitis Score) a été calculé (moyenne des notes obtenues sur les animaux du lot). La moyenne des ADS était de 0,64, pour un minimum de 0,03 et un maximum de 1,86 (figure 7)

Figure 7 : ADS (Average Dermatitis Score)



Cinquante élevages (60 %) avaient un ADS supérieur à 0,5. Pour 43 d'entre eux (51 %), l'intervalle de confiance était strictement supérieur à 0,5 (positifs au diagnostic ADS). Le niveau lésionnel moyen (ADS) de chaque élevage est représenté sur la figure 8.

Figure 8 : Niveau lésionnel moyen (ADS) de chacun des 84 élevages



Les élevages sont classés par niveau croissant de lésions. Les intervalles 95% - et 95% + représentent l'intervalle de confiance au risque de 5%, calculé à partir de la moyenne des notes 29 inférée au lot d'animaux.

Le tableau 2 et les figures 9 à 12 représentent la répartition des notes 0, 1, 2 et 3 dans les élevages. Dans tous les élevages au moins 2 porcs n'ont pas été notés 0. Le pourcentage d'animaux diminuait très nettement avec le niveau lésionnel. Des lésions notées 3 n'ont été observées que dans 23 lots (27 %), des lésions notées 2 dans 58 lots (69 %), dont 10 avec un seul porc noté 2. Dans tous les lots dans lesquels un porc a été noté 3 on retrouve plusieurs animaux notés 2. L'ensemble des résultats figurent en annexe 5.

Tableau 2 : Répartition des notes dans les élevages

	% de notes 0	% de notes 1	% de notes 2	% de note 3
Minimum	0,0	3,3	0,0	0,0
Moyenne	47,6	42,2	8,7	1,5
Médiane	44,5	47,4	3,3	0,0
Maximum	96,7	75,0	46,5	22,7

Figure 9 : Répartition des élevages en fonction de la proportion d'animaux ayant été notés 0

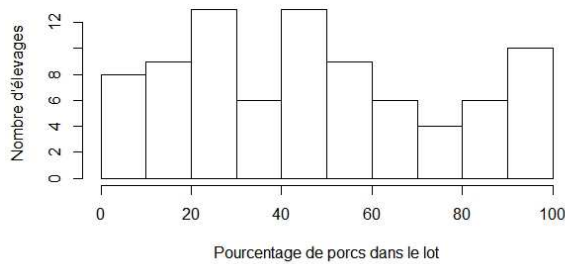


Figure 10 : Répartition des élevages en fonction de la proportion d'animaux ayant été notés 1

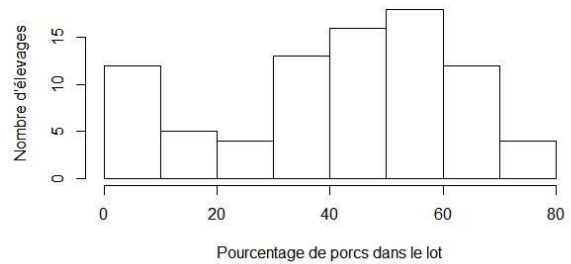


Figure 11 : Répartition des élevages en fonction de la proportion d'animaux ayant été notés 2

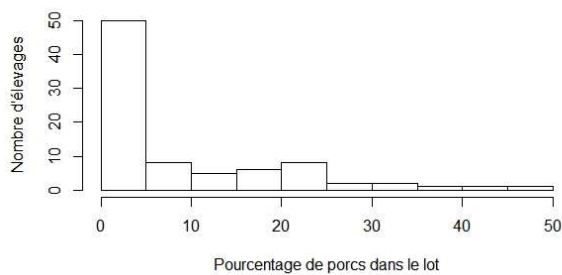
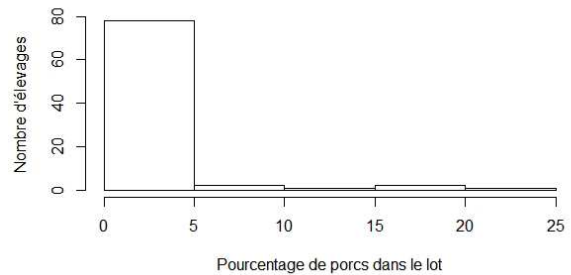


Figure 12 : Répartition des élevages en fonction de la proportion d'animaux ayant été notés 3



Quarante élevages (48 %) présentaient un taux de porcs notés 2 ou 3 supérieur ou égal à 5 % (positifs au diagnostic Note2et3). C'est sensiblement moins qu'au diagnostic ADS. A noter que ces 40 élevages avaient tous un ADS observé supérieur à 0,5.

3.3 Analyses sérologiques

Sur 837 prélèvements sanguins analysés, seuls 8 sont séropositifs avec le test Sarcopetes-ELISA 2001®Pig, 11 sont douteux. Six lots présentaient au moins un résultat positif (tableau 3), dont 2 avec 2 résultats positifs. Des résultats douteux ont été mis en évidence dans 9 élevages. Quatorze élevages ont présenté au moins un résultat non négatif.

Tableau 3 : Répartition des élevages en fonction des résultats au test Sarcopetes-ELISA 2001®Pig

Nombre d'élevages		Nombre de douteux			Totaux
		0	1	2	
Nombre de positifs	0	70	7	1	78
	1	4	0	0	4
	2	1	0	1	2
Totaux		75	7	2	84

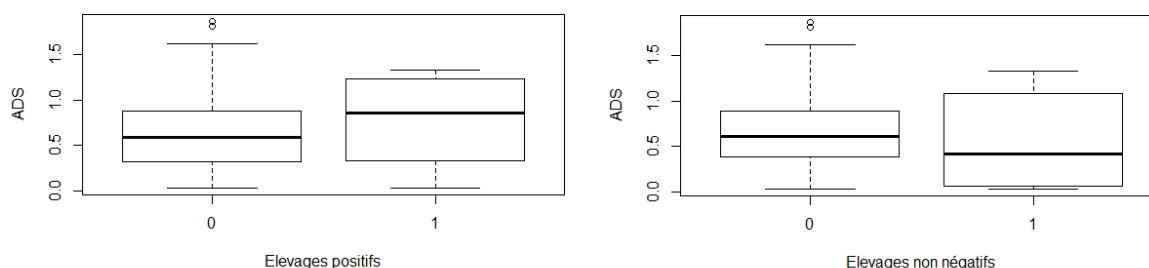
3.4 Association entre la notation visuelle et le statut sérologique

L'ADS des lots positifs SeroPOS était sensiblement supérieur à celui des élevages négatifs ; on observe l'inverse si on intègre les sérologies douteuses (diagnostic NNEG – tableau 4 et figure 13). Aucun de ces différences n'est significative (tests de Wilcoxon, p respectivement de 0,47 et de 0,36).

Tableau 4 : Valeurs des ADS des lots en fonction du statut sérologique des lots

SeroPOS	Nombre	ADS			
		Moyenne	Minimum	Maximum	Écart type
<i>Négatifs</i>	78	0,63	0,03	1,86	0,42
<i>Positifs</i>	6	0,78	0,03	1,33	0,55
SeroNNeg					
<i>Négatifs</i>	70	0,66	0,03	1,86	0,42
<i>Non négatifs</i>	14	0,55	0,03	1,33	0,50
Total	84	0,64	0,03	1,86	0,43

Figure 13 : Représentation des ADS des lots en fonction du statut sérologique des lots



Indépendamment de l'élevage, il n'existe pas d'association significative dans notre échantillon entre (tableau 5) :

- la notation visuelle 0 et le statut sérologique de l'élevage (que le statut soit défini par SeroPOS ou SeroNNEG)
- la notation visuelle 2 et 3 et le statut sérologique de l'élevage (que le statut soit défini par SeroPOS ou SeroNNEG)

Tableau 5 : Associations entre les notations visuelles individuelles et le statut sérologique des élevages, indépendamment du facteur élevage (modèle de régression logistique de type GEE avec prise en compte de l'effet élevage)

Associations testées				
Variable expliquée	Variable d'exposition	OR	IC95	p value
Note individuelle 0	Elevage positif SeroPOS ¹	1,50	[0,51;4,41]	0,46
	Elevage positif SeroNNeg ²	0,73	[0,35;1,54]	0,41
Note individuelle 2 ou 3	Elevage positif SeroPOS ³	2,05	[0,62;6,73]	0,24
	Elevage positif SeroNNeg ⁴	1,05	[0,39;2,81]	0,93

¹ Association entre la notation visuelle individuelle 0 et le classement Positif (= exposition) au test SeroPOS de l'élevage (c'est-à-dire au moins un porc séropositif dans le lot) dont est issu le porc charcutier noté

² Association entre la notation visuelle individuelle 0 et le classement Positif (= exposition) au test SeroNNeg de l'élevage (c'est-à-dire au moins un porc non séronégatif dans le lot) dont est issu le porc charcutier noté

³ Association entre la notation visuelle individuelle 2 ou 3 et le classement Positif (= exposition) au test SeroPOS de l'élevage (c'est-à-dire au moins un porc séropositif dans le lot) dont est issu le porc charcutier noté

⁴ Association entre la notation visuelle individuelle 2 ou 3 et le classement Positif (= exposition) au test SeroNNeg de l'élevage (c'est-à-dire au moins un porc non séronégatif dans le lot) dont est issu le porc charcutier noté

3.5 Approche comparée de la sensibilité et de la spécificité

Le diagnostic de convergence pour chaque modèle (quel que soit le choix des distributions *a priori* = priors) indiquait une bonne convergence et un nombre suffisant d'itérations. Les tracés successifs des chaînes indiquent un bon mélange avec un faible niveau d'autocorrélation (annexe 6).

La sensibilité du diagnostic grâce au test ELISA (SeroPOS = au moins un animal séropositif dans l'échantillon du lot) a été estimée de 0,7 [0,39 ; 0,90]_{95 %} à 0,75 [0,54 ; 0,92]_{95 %} selon les priors utilisées, alors que la spécificité était estimée de 0,88 [0,81 ; 0,94]_{95 %} à 0,89 [0,82 ; 0,94]_{95 %} (tableau 6, figure 14).

La sensibilité de l'ADS (élevage positif si l'intervalle de confiance 95 % de l'ADS (moyenne des notes cutanées du lot) était strictement supérieur à 0,5) est meilleure que celle de Note2et3 (élevage positif si % de notes 2 et 3 dans le lot ≥ 5 %), respectivement de 0,74 [0,45 ; 0,94]_{95 %} et 0,52 [0,29 ; 0,75]_{95 %}. C'est l'inverse qui est observé pour la spécificité avec respectivement 0,5 [0,39 ; 0,61]_{95 %} et 0,67 [0,58 ; 0,77]_{95 %} pour ADS et Note 2et3 (figure 15 et 16, tableau 6).

Les distributions *a posteriori* (= posteriors) sont très nettement modifiées, en fonction de l'option choisie, c'est à dire en fonction du niveau informatif des distributions *a priori*. Dans l'option B (priors informatives), les valeurs moyennes et les intervalles de crédibilité sont peu modifiés, hormis la sensibilité de Note 2et3 qui est nettement améliorée (0,77 [0,49 ; 0,95]_{95 %}). Dans l'option C, en raison de la plus grande incertitude liée aux priors non informatifs, les intervalles de crédibilité sont très étendus (tableau 6 et annexe 6) pour tous les critères, exceptée la spécificité du test ELISA.

Compte tenu des caractéristiques des tests, la prévalence d'élevages positifs est estimée de 3,5 % [0,1 % ; 11,7 %]_{95 %} à 9,1 % [1,5 % ; 29,7 %]_{95 %} selon le niveau informatif des priors (figure 17). A noter que dans le cadre de l'option C, la distribution de probabilité n'est pas unimodale concernant la prévalence (figure 18), ce qui rend son interprétation très délicate, d'autant que l'intervalle de crédibilité est très étendu (de 1 à 96 %).

L'ensemble des distributions selon les options est représenté en annexe 6.

Figure 14 : Distributions *a priori* et *a posteriori* de la sensibilité et de la spécificité du test sérologique SeroPOS (Option A)

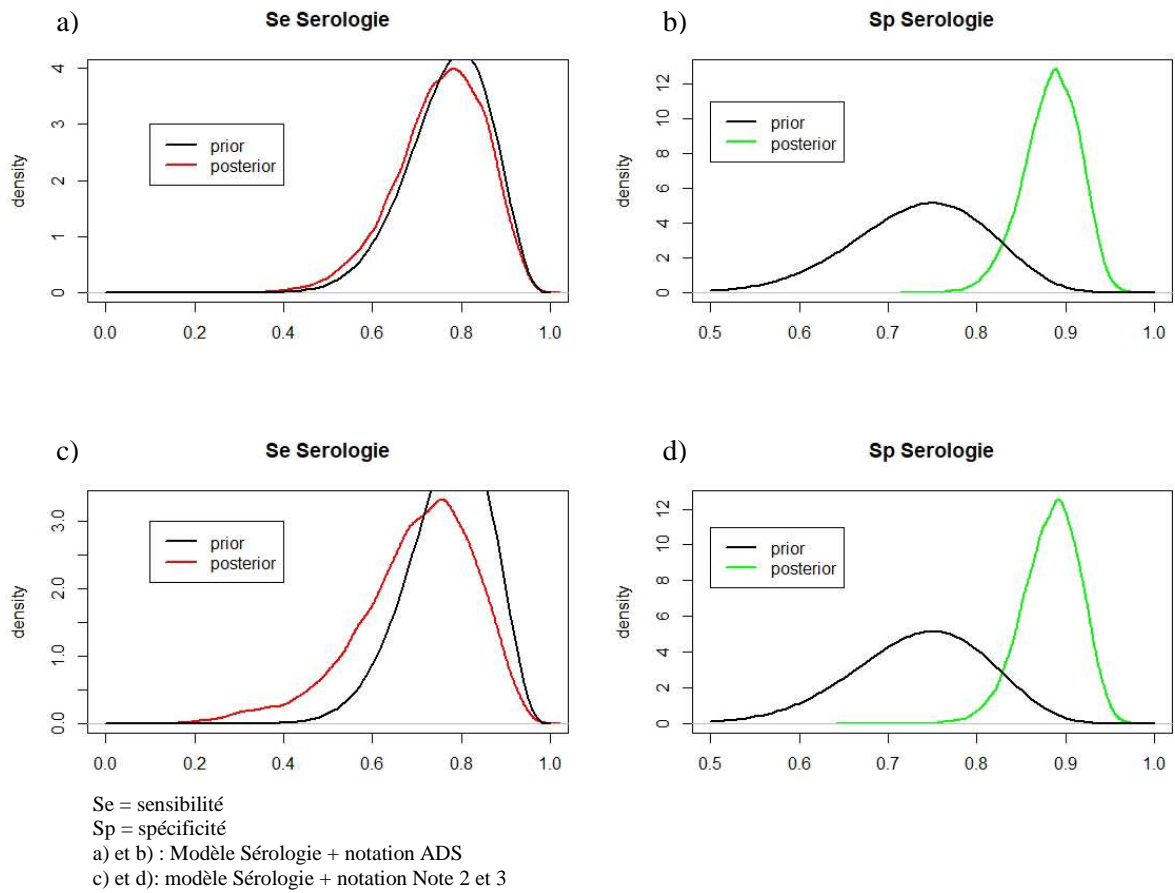


Figure 15 : Distributions *a priori* et *a posteriori* de la sensibilité et de la spécificité de la notation visuelle / ADS (Option A)

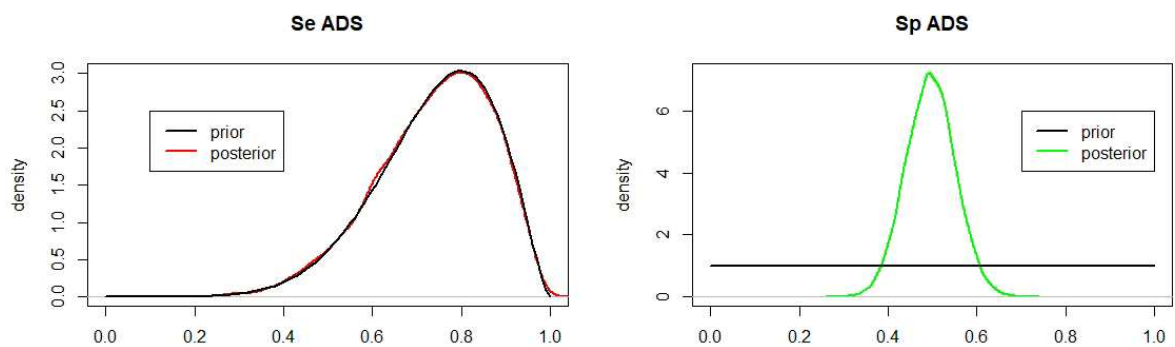


Figure 16 : Distributions *a priori* et *a posteriori* de la sensibilité et de la spécificité de la notation visuelle / Note2et3 (Option A)

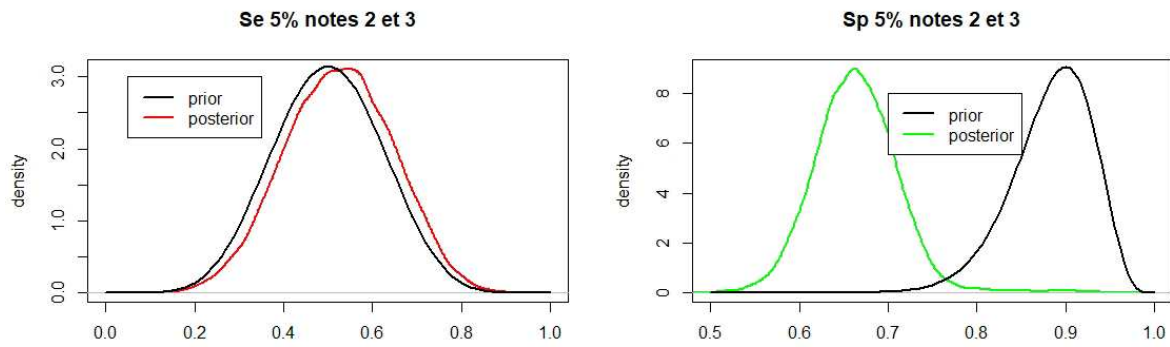
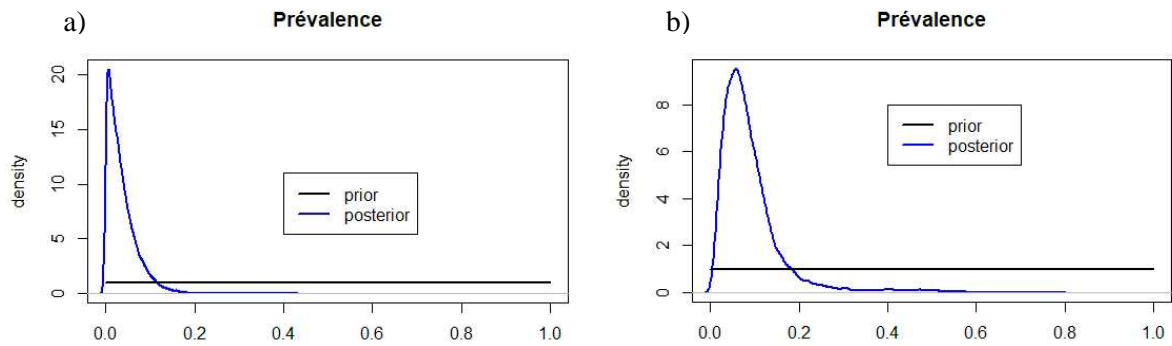
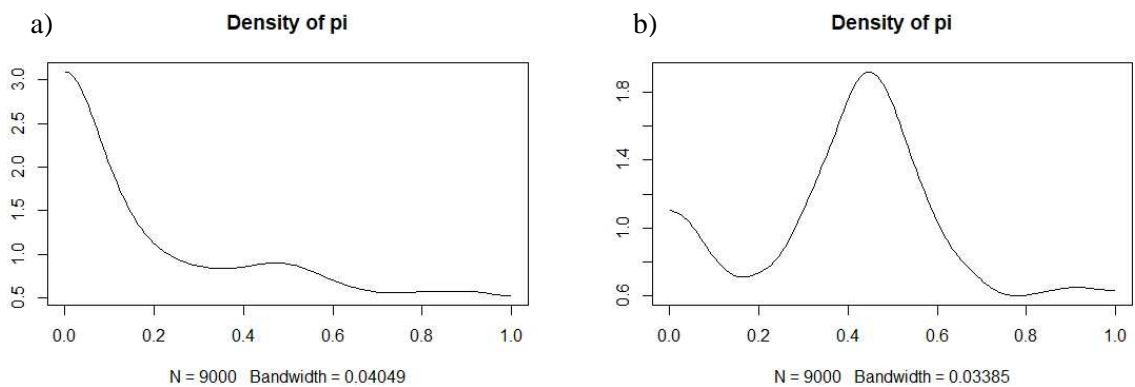


Figure 17 : Distributions *a priori* et *a posteriori* de la prévalence (Option A)



a) : Modèle Sérologie + notation ADS
 b) : Modèle Sérologie + notation Note 2 et 3

Figure 18 : Distributions *a posteriori* de la prévalence (Option C)



Pi = Prévalence
 a) : Modèle Sérologie + notation ADS
 b) : Modèle Sérologie + notation Note 2 et 3

Tableau 6 : Caractéristiques des distributions *a posteriori* en fonction du niveau informatif des distributions *a priori* (priors)

	ADS / SeroPOS					Note2et3 / SeroPOS				
	Variable	Moyenne	Percentile			Variable	Moyenne	Percentile		
			2,5 %	50 %	97,5 %			2,5 %	50 %	97,5 %
Option A = Priors moyennement informatifs	Se ADS	0,738	0,451	0,753	0,944	Se Note2et3	0,526	0,288	0,527	0,750
	Sp ADS	0,496	0,388	0,496	0,605	Sp Note2et3	0,666	0,576	0,664	0,771
	Se ELISA SeroPOS	0,754	0,538	0,763	0,916	Se ELISA SeroPOS	0,733	0,429	0,751	0,912
	Sp ELISA SeroPOS	0,884	0,817	0,886	0,938	Sp ELISA SeroPOS	0,884	0,812	0,886	0,941
	Prévalence	0,035	0,001	0,027	0,117	Prévalence	0,057	0,002	0,037	0,254
Option B = Priors informatifs	Se ADS	0,765	0,556	0,774	0,921	Se Note2et3	0,765	0,488	0,782	0,951
	Sp ADS	0,502	0,391	0,502	0,613	Sp Note2et3	0,635	0,531	0,632	0,769
	Se ELISA SeroPOS	0,733	0,507	0,743	0,909	Se ELISA SeroPOS	0,699	0,389	0,716	0,903
	Sp ELISA SeroPOS	0,889	0,823	0,891	0,943	Sp ELISA SeroPOS	0,887	0,816	0,889	0,943
	Prévalence	0,067	0,012	0,060	0,165	Prévalence	0,091	0,015	0,074	0,297
Option C = Priors vagues	Se ADS	0,585	0,072	0,587	0,973	Se Note2et3	0,714	0,247	0,742	0,991
	Sp ADS	0,537	0,102	0,519	0,940	Sp Note2et3	0,759	0,494	0,780	0,966
	Se ELISA SeroPOS	0,215	0,008	0,118	0,888	Se ELISA SeroPOS	0,136	0,006	0,089	0,695
	Sp ELISA SeroPOS	0,873	0,591	0,900	0,972	Sp ELISA SeroPOS	0,864	0,609	0,886	0,970
	Prévalence	0,354	0,008	0,282	0,953	Prévalence	0,462	0,022	0,451	0,961

Se = sensibilité / **Sp** = spécificité

ADS : un lot était considéré positif au diagnostic ADS si l'intervalle de confiance 95 % de l'ADS était strictement supérieur à 0,5.

Note2et3 : un lot était considéré positif au diagnostic Note2et3 si le pourcentage correspondant au nombre de porcs ayant été notés 2 ou 3 dans le lot était supérieur ou égal à 5 %.

SeroPOS : un lot était considéré positif si au moins 1 animal était séropositif dans le lot

Options A, B et C : voir tableau 1

4- Discussion

4.1 Matériel et méthodes

4.1.1 Choix des élevages

Tous les élevages inclus sont adhérents à un groupement de producteurs de porcs. En 2009, 93 % de la production porcine était réalisée par des éleveurs adhérent à un groupement de producteurs (Roguet et Rieu, 2011). Pour des raisons pratiques, nous avons choisi de ne sélectionner que des élevages adhérent à un unique groupement de producteur, Cirhyo, dont le siège social est situé à Montluçon dans l'Allier. Ce choix a été motivé à la fois par la proximité du site d'abattage avec le domicile de l'enquêteur et par la carrière de l'enquêteur, ancien salarié de Cirhyo. Cela a très nettement facilité la mise en place du protocole. Cirhyo est un groupement de producteurs dont l'agrément couvre 41 départements (annexe 3). Toutefois aucun de ces départements ne se situe en Bretagne qui représente 56,8 % de la production française (Roguet et Rieu, 2011). Avec 62 356 truies et 1,28 million de porcs charcutiers commercialisés, Cirhyo est cependant un acteur majeur de la production, comparable aux structures bretonnes. Cirhyo est actionnaire des abattoirs du groupe Sicarev. Les animaux abattus sur le site de Fleury les Aubrais sont issus principalement des élevages situés dans la partie nord du groupement.

Les élevages n'ont pas été tirés au sort. Tous les élevages adhérent au groupement de producteurs Cirhyo et dont un des lots de porcs a été abattu durant une des 16 journées de présence de l'enquêteur à l'abattoir ont été inclus. Ces 16 journées ont été choisies du 14 janvier au 28 février 2019, en fonction des disponibilités de l'enquêteur.

La double identification des élevages avec à la fois l'identifiant national et le code constitué par 2 lettres définies en fonction de la journée de l'observation et de l'ordre de l'observation dans la journée, a permis de simplifier les inscriptions sur les tubes et de limiter les risques d'erreur.

4.1.2 Notation des lésions cutanées

Soixante animaux étaient notés au maximum par lot. S'il y avait moins de 60 porcs dans un lot, tous les animaux étaient notés. Les lots étaient constitués au maximum de 280 porcs. Soixante individus dans un lot permettent de détecter au moins un animal avec une lésion, avec un taux de prévalence limite maximum de 5 %, au risque d'erreur par défaut de 5 %.

Le tirage au sort systématique à la fois du 1^{er} animal à contrôler et de l'écart entre 2 animaux permettait une bonne randomisation. A noter toutefois que des mélanges fréquents de lots en cours de tueries ont induit des décalages dans certaines notations, la priorité étant bien entendu mise sur l'origine de l'animal (identification nationale) plutôt que sur son rang d'abattage. En cas de lots successifs le pas entre 2 animaux notés pouvait être diminué pour pouvoir faire les prélèvements sanguins sur le lot suivant, toutes les notations et tous les prélèvements ayant été faits par une seule et unique personne, dans un laps de temps réduit (janvier et février). Ces libertés prises dans le tirage au sort impactent toutefois peu la représentativité de l'échantillon, les animaux d'un même lot étant mélangés à la fois dans les locaux d'attente de l'élevage, dans le camion les transportant à l'abattoir puis dans les cases de la porcherie de l'abattoir. On peut ensuite estimer que l'ordre d'abattage par case est là aussi aléatoire.

Le système de notation utilisé a été celui décrit par Pointon *et al.* (Pointon *et al.*, 1999). Il a été fréquemment utilisé notamment dans différentes enquêtes de prévalence (Alonso de Vega *et al.*, 1998; Gutiérrez *et al.*, 1996). Malgré la précision de la description, ce type de notation peut induire des biais liés avant tout à l'enquêteur. Toutes les notations des lésions cutanées ont été faites par une même et unique personne, ce qui limite ce biais au sein de cette étude. Les lésions se focalisant principalement

au niveau des pattes postérieures et notamment des cuisses, le positionnement en hauteur de l'enquêteur a permis de limiter les erreurs de notation par défaut.

4.1.3 Prélèvements sanguins

Pour que des questions principalement de coût, le nombre d'animaux prélevés était nettement inférieur au nombre d'animaux notés. Avec 10 animaux prélevés on peut détecter au moins un animal séropositif, avec un taux de prévalence limite maximum de 33 %, au risque d'erreur par défaut de 5 % avec un test sérologique dont la sensibilité serait de 95 %. L'ensemble de ces taux de prévalence limite lot par lot figure dans l'annexe 5.

Les animaux prélevés étaient tirés au sort. Il fallait environ 18 minutes pour qu'un animal venant d'être saigné arrive à l'emplacement de notation visuelle. Avec un rythme d'abattage de 370 porcs par heure, cela représente un peu plus de 100 porcs. Les prélèvements sanguins et les notations étant réalisés par une même et unique personne, le tirage au sort systématique des animaux prélevés était fait sur les 100 premiers animaux abattus si le lot comprenait plus de 100 animaux.

A noter que pour beaucoup de lots, l'identifiant de marquage, que les éleveurs apposent systématiquement sur le flanc des animaux, n'est pas facilement lisible au moment de la saignée des animaux. En effet les animaux sont encore recouverts de poils, peuvent être sales, l'encrage du tatouage insuffisant. Dix secondes séparent l'abattage de 2 porcs dans cet abattoir, laissant peu de temps à la recherche de ces identifiants. Dans ces lots nous avons prélevé les 10 premiers porcs dont l'identifiant étant parfaitement lisibles, au détriment du tirage au sort systématique, d'autant que les mélanges de lots étaient fréquents. Toutefois, comme décrit dans la partie précédente, ces libertés prises dans le tirage au sort impactent peu la représentativité de l'échantillon.

Nous avons initialement prévu que tous les animaux dont le sang était prélevé seraient notés selon la grille de Pointon *et al.* (1999). Toutefois, le mélange d'animaux possible entre la saignée et la notation visuelle a perturbé cet objectif. Le laps de temps très court entre l'abattage de 2 animaux et la présence d'un seul enquêteur ne permettaient pas un bouclage individuel des animaux au moment de la saignée, qui aurait permis cette concordance.

4.1.4 Analyses sérologiques

Toutes les sérologies ont été réalisées durant 5 demi-journées, sur 5 jours. Toutes les analyses ont été réalisées par la même personne, avec le même matériel. Les kits utilisés ont été produits et fournis par le même laboratoire, livré le même jour. Tous ces éléments contribuent à limiter les biais d'analyse.

4.1.5 Analyses statistiques

Au regard du faible nombre de sérologies positives (<1 %) il a été choisi de tester 2 critères différents de positivité des lots avec le test sérologique :

- SeroPOS : au moins un prélèvement est séropositif dans le lot
- SeroNNeg : au moins un prélèvement est non négatif dans le lot (on inclut ici les douteux).
Par ce truchement on augmente la sensibilité troupeau du test, et on diminue la spécificité.

Les critères de positivité liés aux notations visuelles ont été définis grâce à la littérature. Le seuil de 0,5 est souvent utilisé pour classer les élevages selon l'ADS. En inférant la moyenne des notes obtenues sur les animaux observés dans l'échantillon au lot, nous avons pu définir un intervalle de confiance 95 %. Les élevages dont la borne inférieure de cet intervalle était supérieure à 0,5 étaient considérés comme positifs gale par ce protocole diagnostic ADS. Vu le biais de classement possible lié au système de notation lui-même (différence de notation entre les observateurs), un autre seuil aurait pu être choisi, la médiane notamment. Or la médiane de notre échantillon est très proche du seuil de 0,5 (ADS_{médiane} = 0,59, IC95 % [0,52 ; 0,65]_{95 %}).

Le classement des élevages en fonction des taux d'animaux ayant été notés 2 ou 3 a été choisi grâce aux données bibliographiques. La spécificité de ces lésions vis à vis de gale est estimée à 98 % (Cargill *et al.*, 1997; Davies *et al.*, 1996). Pour 60 animaux observés, la probabilité d'obtenir de 0 à 3 animaux avec des lésions notées 2 ou 3 dans des élevages indemnes est inférieure à 4 %, la probabilité pour 4 animaux inférieurs à 1 % (loi binomiale avec 60 tirages et une probabilité de 2 %). Pour des lots inférieurs à 40 animaux, la probabilité est inférieure à 5 % dès 2 animaux notés 2 ou 3. C'est pourquoi le seuil de 5 % de notes 2 et 3 dans le lot a été choisi comme seuil de positivité.

Le choix des distributions *a priori* (= priors) est très important dans une approche bayésienne et conditionne les résultats en fonction du niveau informatif de ces priors. C'est pourquoi différents niveaux informatifs (moyennement informatif, informatif, vague) ont été utilisés pour estimer et comparer l'effet de ces priors sur les paramètres.

Pour les tests sérologiques, les données de sensibilité et de spécificité proposées par le laboratoire fournisseur ont permis de déterminer une estimation de la sensibilité et de la spécificité troupeau avec 10 prélèvements par lot. Ainsi la spécificité troupeau avec une spécificité individuelle de 97 % est de 74 %. Nous avons choisi 75 % comme valeur la plus probable avec des distributions différentes selon le niveau informatif. La sensibilité individuelle de la sérologie est estimée à 95 % par le laboratoire. Cependant nous recherchons la sensibilité de 10 sérologies à définir le statut d'un élevage. Or nous savons qu'avec 10 prélèvements par élevage les taux de prévalence limite sont élevés (minimum 22 % dans notre échantillon / voir partie 4.2.3). C'est pourquoi nous sommes restés vagues à peu informatifs sur les priors "sensibilité sérologie".

L'absence de données sur la sensibilité et la spécificité de l'ADS a contraint à utiliser des priors très peu informatives. Les priors concernant la spécificité du diagnostic Note2et3 ont été déterminés en tenant compte de la probabilité de détecter un taux d'animaux notés 2 ou 3 supérieur à 5 % dans les lots, avec une spécificité individuelle de 98 % (Davies *et al.*, 1996) ; l'absence de données sur la sensibilité a poussé à être plus prudent et à utiliser des données légèrement informatives voire non informatives.

Pour la prévalence, les informations issues de la bibliographie sont anciennes et divergentes. Les données utilisées ici sont légèrement informatives (prévalence > 10 %, mode 30 %) voire non informatives (inconnue).

4.2 Résultats

4.2.1 Description des élevages

Soixante-seize pourcents des élevages sélectionnés sont des naisseurs-engraisseurs. Cette classe d'élevages est sensiblement surreprésentée dans notre échantillon, les naisseurs-engraisseurs représentant 50 % des élevages français, pour 66 % des porcs charcutiers produits (Roguet, 2013). On peut imaginer que cette différence a un impact sur les résultats de l'étude si on considère que le parasitisme est géré de façon différente selon les types d'atelier, notamment la gestion de la transmission verticale ou le nombre d'origines d'animaux dans les ateliers spécialisés dans l'engraissement des animaux (post-sevreur-engraisseurs et engraisseurs). Toutefois, en comparant les résultats dans notre échantillon il n'y a pas de différence entre l'ADS obtenu chez les naisseurs engraisseurs (0,63) et chez les autres éleveurs (0,67) (Test de Wilcoxon, $p = 0,88$). Au moins un prélèvement séropositif a été mis en évidence dans 6,3 % des élevages naisseurs-engraisseurs, contre 10 % des autres élevages (différence non significative, test exact de Fisher)

4.2.2 Notation des lésions cutanées

Le nombre de lots contrôlés et de peaux notées est très important dans ce travail. Hormis une étude transcontinentale à la fois aux Etats unis, au Canada, au Mexique et en Europe en 1994 sur 12117 porcs (Garcia *et al.*, 1994), nous n'avons pas trouvé d'étude avec autant d'animaux observés.

Cinquante-et-un-virgule-neuf pourcents des animaux observés présentaient des lésions dans notre étude. C'est à la fois comparable à ce que Gualandi *et al.* (1994) ont observé sur 1015 porcs en Italie et beaucoup moins que dans des études espagnoles où respectivement 80,9 % (Gutiérrez *et al.*, 1996) et 92,8 % (Alonso de Vega *et al.*, 1998) des animaux présentaient des lésions. Le niveau lésionnel moyen (ADS) est en moyenne de 0,64. Ce résultat est très proche de celui obtenu par Gualandi *et al.* (1994) en Italie sur 1015 porcs (1994). Dans une autre étude italienne, 81,2 % des lots contrôlés avait obtenu un ADS supérieur à 0,5 (Galuppi *et al.*, 2007), contre 60 % dans notre étude. Ce seuil est très souvent utilisé pour convenir d'un défaut de maîtrise de la gale dans les élevages (Davies *et al.*, 1994; Galuppi *et al.*, 2007). Il semble toutefois plus pertinent de regarder la proportion d'animaux présentant des lésions étendues (notes 2 et 3), la spécificité étant décrite comme excellente pour ce type de lésions (Davies *et al.*, 1996). Le tableau 7 reprend la répartition des notes de plusieurs études. On voit que les proportions d'animaux ayant été notés 3 sont comparables, alors que la proportion d'animaux ayant reçu la note de 2 dans notre étude est nettement inférieure à ce qui avait été observé par ailleurs.

Tableau 7 : Répartition des notes cutanées dans l'étude, comparée à la répartition d'études antérieures

	Nombre d'animaux	% notes 0	% notes 1	% notes 2	% notes 3
Etude Master (France)	4584	48,1	42,4	8,3	1,2
Gualandi <i>et al.</i> , 1994 (Italie)	1015	49,3	33,3	15,7	1,7
Gutiérrez <i>et al.</i> , 1996 (Espagne)	816	19,1		80,9	
Alonso de la Vega <i>et al.</i> 1994 (Espagne)	1318	7,2	58,3	32,3	2,2

Des lésions notées 2 et/ou 3 ont été observées dans 58 lots, soit 69 % des élevages. Si on considère le seuil de 5 % d'animaux avec une note de 2 ou 3 dans un lot, 40 élevages (48 %) sont considérés comme positifs via cette méthode de diagnostic. C'est sensiblement moins qu'avec l'ADS comme critère de positivité. A noter que ces 40 élevages ont tous un ADS apparent supérieur à 0,5.

Notons un possible effet saison : les lésions de dermatite sont souvent plus sévères en hiver et au printemps (Davies *et al.*, 1991b). Notre étude s'étant déroulé en janvier et février, il est possible que les niveaux lésionnels (ADS et pourcentages de notes 2 et/ou 3) soient surestimés.

4.2.3 Résultats des tests sérologiques

Seuls 8 prélèvements sur 837 sont positifs avec le test Sarcoptes-ELISA 2001@Pig, ce qui représente moins de 1 % des prélèvements. La sensibilité du test est estimée à 95 % par le fabricant (AFOSA GmbH, s. d.). Il est donc tout à fait possible que le taux d'animaux positifs soit sous-estimé. La spécificité est estimée à 97 % par le fabricant. Avec ce niveau de spécificité la probabilité d'obtenir moins de 8 animaux positifs sur 837 échantillons est quasiment nulle ($<6.10^{-5}$).

En tenant compte des résultats des analyses, de la sensibilité et de la spécificité du test (données du laboratoire), on peut estimer la prévalence réelle grâce à l'équation : $Pr = (Pa+Sp-1) / (Se+Sp-1) = [(8/837) + 0,97 - 1]_{95\%} / (0,97 + 0,95 - 1)$. Cette prévalence réelle est ici inférieure à 0, ainsi que la valeur prédictive positive du test (tableau 8). Ces résultats semblent remettre en cause les valeurs de spécificité fournies par le laboratoire.

Tableau 8 : Estimation de la valeur prédictive positive (VPP) et négative (VPN) du test Sarcopetes-ELISA 2001®Pig dans l'échantillon

		Animaux infestés			
		+	-		
ELISA	+	a = -17,7	b = 25,7	a + b = 8	VPP= -2,2 VPN= 1
	-	c = -0,9	d = 829,9	c + d = 829	
		a + c = -18,8	b + d = 855,8	837	
		$a / (a + c) = 0,95$ $d / (b + d) = 0,97$			

Pour chaque élevage le taux de prévalence limite a été calculé en tenant compte du nombre d'animaux dans le lot, du nombre d'échantillons (10 pour 81 élevages, 9 pour 3 élevages) et de la sensibilité du test fournie par laboratoire (95 %), avec un risque d'erreur par défaut β de 5 %. Ces TPL vont de 22 à 33 %. Ces TPL sont élevés, le choix a été fait de privilégier le nombre de lots plutôt que le nombre de prélèvements par lot avec le budget disponible ; mais cela signifie que nous ne sommes pas en mesure dans notre protocole de détecter des taux d'infestation faibles au sein des élevages ; avec ce même test sérologique, Dockman *et al.* (2004) ont mis en évidence dans 14 des 25 élevages inclus dans l'étude que 1,7 à 25,4 % des truies étaient séropositives. Ces chiffres sont inférieurs à la plupart des TPL calculés pour les élevages inclus dans notre échantillon. Seulement 3 des 25 élevages inclus dans l'étude de Dockman *et al.* (2004) présentaient plus de 31 % de truies séropositives. Ces résultats ont été observés sur des truies et non sur des porcs charcutiers, comme c'est le cas dans notre étude. Sur 348 sérums prélevés à l'abattoir sur des porcs charcutiers issus de 16 lots par Galuppi *et al.* (2007), 54 (15,5 %) ont fournis des résultats positifs, dans 9 lots ; 3 lots avaient un taux d'animaux séropositifs supérieur à 30 %. A noter que cette étude a utilisé un autre test sérologique (CHECKIT® Sarcopetes) dont la spécificité est excellente, supérieure à 98 % (Hollanders *et al.*, 1997; Zimmermann et Kircher, 1998), mais dont la sensibilité n'est que de 80 % sur les porcelets. C'est avec ce même test que Vercruyse *et al.* (2006) ont trouvé 130 animaux séropositifs à l'abattoir parmi les 271 animaux prélevés.

Six lots (7 %) présentaient un ou plusieurs résultats positifs. Si on associe les résultats douteux, 14 élevages (17 %) présentaient un ou plusieurs résultats non négatifs. Nous n'avons pas de critères de comparaison, n'ayant pas trouvé d'étude utilisant l'outil sérologique pour un si grand nombre d'élevages. Toutefois ces chiffres sont très nettement inférieurs à ce que nous pouvions attendre en comparaison des enquêtes de prévalence utilisant d'autres outils diagnostiques (isolement de parasites après grattage d'oreille, ADS) et au regard des observations faites sur les carcasses à l'abattoir.

4.2.4 Association entre la notation visuelle et le statut sérologique

La note moyenne (ADS) est légèrement plus élevée dans les lots ayant présenté au moins une sérologie positive. La tendance s'inverse si on compare l'ADS des élevages ayant présenté au moins un résultat non négatif aux autres. Les différences sont non significatives. Nous avons voulu voir si le statut de l'élevage impactait la probabilité d'un animal d'être noté 0 ou de recevoir la note 2 ou 3 lors de l'inspection visuelle. Là aussi nous avons montré qu'il n'y avait pas d'association statistiquement significative dans notre étude entre ces critères. Ces éléments tendent à montrer l'absence de lien entre la notation visuelle et le statut sérologique des élevages vis-à-vis de la gale. Il aurait été intéressant d'étendre notre étude à l'individu et ainsi regarder s'il y avait une association entre le statut sérologique de l'animal et la notation visuelle qui lui a été attribuée. Les prélèvements de sang et les notations des animaux étant faits en 2 places différentes de l'abattoir, à environ 18 minutes d'intervalle, il était impossible de garantir l'appariement entre les animaux prélevés et les animaux notés. Il aurait fallu pour cela identifier les animaux au moment du prélèvement sanguin, par bouclage. L'ensemble des prélèvements et des notations étant fait par une unique personne, le bouclage était impossible au regard du rythme d'abattage (370 porcs par heure en moyenne) ; de plus il aurait fallu

poser 2 boucles par animal, voire de marquer en plus les carcasses au crayon à viande en raison des pertes fréquentes de boucle lors des opérations d'échaudage, d'épilage et de flambage, rendant l'opération encore plus chronophage.

L'absence d'association entre les notations visuelles et les résultats sérologiques est étonnante au regard des observations de nombreux auteurs qui ont décrit une association entre l'infestation par *S. scabiei* et l'ADS (Davies *et al.*, 1994; Garcia *et al.*, 1994). Hollanders et Vercruysse. (1990) avaient rapporté que des sarcoptes avaient été isolés, suite à des grattages d'oreilles, sur 14,9 % des animaux atteints de dermatite contre seulement 3,1 % des porcs dont la peau était normale. Cette différence était statistiquement significative. Cependant d'autres études plus récentes avaient remis en cause ce lien. Alonso *et al.* notamment n'avaient pas mis en évidence d'association statistiquement significative entre les lésions cutanées et la présence de *S. scabiei* après grattage d'oreille à l'abattoir (Alonso de Vega *et al.*, 1998), venant confirmer les résultats de Gutierrez *et al.* (1996). A notre connaissance, l'association entre lésions cutanées et résultats sérologiques n'a été explorée qu'une seule fois jusqu'à notre étude : Galuppi *et al.* (2007) ont à la fois noté les lésions cutanées de porcs issus de 12 élevages, réalisé des prélèvements de peaux et effectué des ELISA sur prélèvements sanguins et jus de viande. Trois-cent-quatre-vingts prélèvements de peau, 348 sérums ont été analysés. Le test ELISA utilisé n'était pas le même que celui employé dans notre étude (test CHECKIT® Sarcoptes (Smets et Vercruysse, 2000)). Aucune association statistiquement significative n'a été mise en évidence entre la présence de *S. scabiei* dans les prélèvements de peau et l'ADS ou entre l'isolement du parasite et l'ELISA. Une corrélation entre l'ADS et les résultats sérologiques a été observée. Cette corrélation n'était toutefois pas statistiquement significative ($p = 0,055$).

Le lien biologique entre l'infestation par *S. scabiei* et la dermatite papuleuse est complexe (Davies *et al.*, 1996). Les sarcoptes sécrètent des enzymes qui dissolvent les cellules cutanées vivantes qui sont ensuite ingérées par le parasite. Ces enzymes, ainsi que les excréments d'acariens et les œufs sont capables d'induire des réactions d'hypersensibilité (Brewer et Greve, 2019). Les lésions de dermatite papuleuse en sont la conséquence (Cargill et Dobson, 1979), avec diminution de la population d'acariens sur les porcs, contrairement aux lésions de gale hyperkératotique (ou gale « profuse »), dans lesquelles un grand nombre d'acariens est présent.

Durant leur phase d'engraissement les animaux sont mélangés, proches les uns des autres. On pourrait imaginer que des animaux hypersensibles puissent être contaminés par des quantités plus ou moins importantes de sarcoptes et développer une dermatite sans séroconversion. La sérologie et la notation visuelle à l'abattoir mesureraient 2 paramètres différents : la sérologie l'infestation par un grand nombre de sarcoptes, la notation visuelle une réaction allergique.

Le délai de séroconversion suite à une infestation par *S. scabiei* est estimé à 5 semaines avec Sarcoptes ELISA 2001® Pig (Kessler *et al.*, 2003). Il y a donc un décalage entre l'infestation et la détection des anticorps. En cas d'infestation tardive en engraissement, il peut donc y avoir hypersensibilisation avec apparition de papules érythémateuses sans séroconversion.

La contagiosité du parasite durant la phase d'engraissement est faible : la contamination horizontale durant la phase d'engraissement est très lente, un porc charcutier infesté contamine en moyenne 0,06 congénère par jour (Stegeman *et al.*, 2000). Le nombre de prélèvements réalisés par lot (10 prélèvements sanguins) est très nettement inférieur au nombre de porcs notés en fonction des lésions cutanées observées (55 en moyenne). Le taux de prévalence limite (TPL) est d'environ 30 % dans le 1^{er} cas de figure, ce qui signifie que dans un lot avec aucune sérologie positive sur 10, moins de 30 % des animaux sont infestés au risque d'erreur par défaut de 5 %. Avec 55 animaux notés dans un lot, il est possible de détecter au moins un animal avec une lésion, pour un TPL de 5 %, au risque d'erreur

par défaut de 5 %. En cas de prévalence faible dans les lots, nos différences de taille d'échantillons ont pu être à l'origine de discordances dans les résultats.

On ne peut bien entendu pas exclure l'hypothèse que les lésions observées à l'abattoir ne soient pas exclusivement dues à *S. scabiei*. Même si l'examen histologique des lésions cutanées révèle une périvasculite à éosinophiles compatible avec une réaction allergique suite à une infestation par *S. scabiei* (Hollanders et Verduyck, 1990) d'autres ectoparasites pourraient causer le même type d'hypersensibilité (Nickel et Danner, 1979). Des piqûres d'insectes pourraient aussi être à l'origine de ces lésions (Brewer et Greve, 2019; Greve et Davies, 2012). Cette dernière hypothèse reste toutefois assez peu probable au regard de la saison (hiver) et du nombre d'animaux concernés.

4.2.5 Approche comparée de la sensibilité et de la spécificité

La sensibilité du diagnostic grâce au test ELISA a été estimée de 0,7 [0,39 ; 0,90]_{95 %} à 0,75 [0,54 ; 0,92]_{95 %} selon les distributions *a priori* utilisées. Cette sensibilité peut paraître faible, avec notamment un intervalle de crédibilité très étendu ; il ne s'agit pas de la sensibilité du test au niveau individuel mais d'une sensibilité troupeau, à savoir la capacité à donner au moins un résultat positif sur 10 prélèvements lorsqu'un élevage est infesté. L'augmentation du nombre de prélèvements par lot aurait sans nul doute amélioré cette sensibilité, au détriment de la spécificité troupeau qui est ici estimée à 0,88 [0,81 ; 0,94]_{95 %}. L'intervalle de crédibilité est ici plus limité. Elle est meilleure que ce qui était attendu (figure 14). Les caractéristiques des distributions *a priori* ont été définies grâce aux informations délivrées par le laboratoire ayant fourni le test. Or nous avons vu précédemment que la spécificité était sans doute sous-estimée (paragraphe 4.2.3). Grâce à l'estimation de la spécificité troupeau dans notre étude, on peut calculer une spécificité individuelle du test et proposer 0,987 [0,979 ; 0,994]_{95 %}.

Comme nous l'avons déjà vu, le diagnostic via les lésions cutanées observées à l'abattoir a été évalué selon 2 modalités, soit la note moyenne (diagnostic ADS : ADS > 0,5), soit le taux d'animaux ayant été notés 2 ou 3 dans le lot (diagnostic Note2et3 : lot positif si le taux est supérieur à 5 %). La sensibilité de l'ADS est meilleure que celle de Note2et3 mais reste très faible (0,74), avec un intervalle de crédibilité très étendu, comprenant la valeur 0,5. La sensibilité de Note2et3 est très proche de 0,5. Ces niveaux de sensibilité médiocres sont étonnants, cette technique étant souvent décrite comme le test le plus sensible (Galuppi *et al.*, 2007). Pour améliorer la sensibilité nous aurions pu choisir de baisser les seuils de positivité, notamment pour Note2et3 où nous avons choisi le seuil de 5 % d'animaux positifs. Nous avons choisi ce seuil au regard de la bibliographie et des spécificités individuelles estimées (Cargill *et al.*, 1997; Davies *et al.*, 1996, 1991a). En diminuant ces seuils, nous aurions dégradé les niveaux de spécificité qui sont déjà très décevants, respectivement de 0,5 [0,39 ; 0,6]_{95 %} et 0,67 [0,58 ; 0,77]_{95 %} pour ADS et Note 2et3. L'ADS ne peut donc pas être considéré comme un test efficace d'après nos données. Les résultats de spécificité de Note2et3 sont encore plus étonnants et nettement inférieurs à ce que nous attendions (figure 16). Différentes publications nous laissaient espérer une spécificité bien meilleure (Cargill *et al.*, 1997; Davies *et al.*, 1996, 1991a). Sur 270 porcs issus d'élevages indemnes de gale, Davies *et al.* (1994) n'avaient attribué une note strictement supérieure à 1 qu'à un unique porc (0,4 %).

Compte tenu des caractéristiques évaluées des tests, la prévalence d'élevages positifs dans notre échantillon est estimée de 3,5 % [0,1 % ; 11,7 %]_{95 %} à 9,1 % [1,5 % ; 29,7 %]_{95 %} selon le niveau informatif des priors. Il ne s'agissait pas ici d'une étude de prévalence et nous ne pouvons en aucun cas inférer ces résultats à l'ensemble des élevages français ; tout au plus avons-nous une estimation du taux d'élevages infestés par la gale dans les élevages se situant dans le nord de la zone de production du groupement de producteurs de porcs Cirhyo. Ces niveaux de prévalence sont très nettement inférieurs à ce qui avait été décrit lors de la dernière enquête réalisée en France (Delsart, 1999), avec un taux d'élevages séropositifs de 84 % [74 % ; 94 %]_{95 %}. Notons toutefois que dans cette étude, les

sérologies ont été réalisées sur sérums de truies, à l'aide d'un autre test sérologique (CHECKIT® Sarcoptes).

Conclusion

L'objectif de cette étude était d'évaluer les performances d'une grille de notation via une approche comparée de la sensibilité et de la spécificité des méthodes de notation visuelle et d'un test ELISA. Les résultats obtenus chez les porcs charcutiers tendent à montrer que la notation des lésions cutanées à l'abattoir n'est pas un outil pertinent pour réaliser une enquête de prévalence, quels que soient les critères de positivité choisis (moyenne ou taux d'animaux présentant des lésions étendues).

Conclusion

L'objectif de cette étude était d'évaluer les performances d'une grille de notation visuelle via une approche comparée de la sensibilité et de la spécificité des méthodes de notation visuelle et d'un test ELISA. Le test ELISA utilisé (Sarcoptes ELISA 2001® PIG) a été choisi pour ses caractéristiques (sensibilité et spécificité) décrites parmi les meilleures dans les tests disponibles (Kessler *et al.*, 2003). La validation et l'étalonnage de la grille de notation par la sérologie devait permettre de réaliser une étude de prévalence dans les élevages porcins, sans utiliser l'outil sérologique dont le coût aurait été un frein pour une étude incluant de nombreux élevages. L'observation à l'abattoir des lésions cutanées induites par une réaction d'hypersensibilité, est une technique simple et peu onéreuse, régulièrement utilisée dans le cadre de diagnostic de gale ou de suivi de plan d'assainissement dans les élevages de porcs. Cette technique a aussi largement été utilisée dans le cadre d'étude de prévalence.

Cependant, que l'on définisse le statut d'un élevage par la note moyenne (ADS) ou par le taux de porcs présentant des lésions étendues dans un lot (Note2et3), la sensibilité et la spécificité de ce type de notation à l'échelle d'un lot d'animaux ne sont pas suffisantes pour imaginer utiliser la grille de notation décrite par Pointon *et al.* (1999) comme seul outil dans une étude de prévalence. La sérologie pourrait être utilisée dans ce type d'enquête. Mais il faudrait augmenter le nombre de prélèvements pour en améliorer la sensibilité et pouvoir détecter des taux de prévalence intra-lot plus faibles. Cela aurait un impact important sur le coût de l'étude, le kit étant facturé par le laboratoire 450 € les 96 puits (5€ environ l'analyse).

La gale est décrite comme la parasitose externe la plus importante chez le porc à travers le monde. On pense que cette affection et ses conséquences économiques sont sous-estimées, notamment en France. Les données sont aujourd'hui anciennes, les dernières études en France datant de la fin du XX^{ème} siècle. Une étude incluant à la fois l'estimation de la prévalence et les conséquences économiques de la gale serait donc très intéressante mais son coût représente un frein, le financement de l'étude étant d'autant plus difficile à trouver que la gale est considérée aujourd'hui par l'ensemble de la filière porcine comme une affection peu importante.

Bibliographie

- AFOSA GMBH (s. d.) SARCOPTES-ELISA 2001® PIG Enzyme immunoassay for the detection of IgG antibodies to the pathogen of sarcoptic mange, the mite *Sarcoptes scabiei* var. *suis* - OPERATING INSTRUCTIONS.
- ALASAAD S., ROSSI L., SORIGUER R.C., et al. (2009) Sarcoptes mite from collection to DNA extraction: The lost realm of the neglected parasite. *Parasitol. Res.* 104, 723–732
- ALONSO DE VEGA F., MENDEZ DE VIGO J., ORTIZ SANCHEZ J., et al. (1998) Evaluation of the prevalence of sarcoptic mange in slaughtered fattening pigs in southeastern Spain. *Vet. Parasitol.* 76(3), 203–209
- ALVA-VALDES R., WALLACE D.H., FOSTER A.G., ERICSSON G.F., WOODEN J.W. (1986) The effects of sarcoptic mange on the productivity of confined pigs. *Vet. Med. USA*
- ARENDS J.J., SKOGERBOE T.L., RITZHAUPT L.K. (1999) Persistent efficacy of doramectin and ivermectin against experimental infestations of *Sarcoptes scabiei* var. *suis* in swine. *Vet. Parasitol.* 82(1), 71–79
- ARENDS J.J., STANISLAW C.M., GERDON D. (1990) Effects of sarcoptic mange on lactating swine and growing pigs. *J. Anim. Sci.* 68(6), 1495-1499
- ARLIAN L.G. (1989) Biology, Host Relations, and Epidemiology of *Sarcoptes scabiei*. *Annu. Rev. Entomol.* 34(1), 139-159
- ARLIAN L.G., MORGAN M.S. (2017) A review of *Sarcoptes scabiei* : past, present and future. *Parasit. Vectors* 10
- ARLIAN L.G., RUNYAN R.A., VYSZENSKI-MOHER D.L. (1988) Water balance and nutrient procurement of *Sarcoptes scabiei* var. *canis* (Acari: Sarcoptidae). *J. Med. Entomol.* 25(1), 64–68
- BERNIGAUD C., FANG F., FISCHER K., et al. (2016) Preclinical Study of Single-Dose Moxidectin, a New Oral Treatment for Scabies: Efficacy, Safety, and Pharmacokinetics Compared to Two-Dose Ivermectin in a Porcine Model. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 10((10):e0005030)
- BERNIGAUD C., FANG F., FISCHER K., et al. (2018) Efficacy and Pharmacokinetics Evaluation of a Single Oral Dose of Afoxolaner against *Sarcoptes scabiei* in the Porcine Scabies Model for Human Infestation. *Antimicrob. Agents Chemother.* , 02334-17
- BORNSTEIN S., WALLGREN P. (1997) Serodiagnosis of sarcoptic mange in pigs. *Vet. Rec.* 141(1), 8–12
- BORNSTEIN S., ZAKRISSON G. (1993) Clinical Picture and Antibody Response in Pigs Infected by *Sarcoptes scabiei* var. *suis*. *Vet. Dermatol.* 4(3), 123–131
- BRAAE U.C., NGOWI H.A., JOHANSEN M.V. (2013) Smallholder pig production: Prevalence and risk factors of ectoparasites. *Vet. Parasitol.* 196(1), 241–244
- BREWER M.T., GREVE J.H. (2019) External Parasites. *In Diseases of swine*, 11th ed. pp 1005–1009
- BROOKS S.P., GELMAN A. (1998) General Methods for Monitoring Convergence of Iterative Simulations. *J. Comput. Graph. Stat.* 7(4), 434–455
- CARGILL C., DAVIES P., CARMICHAEL I., HOOKE F., MOORE M. (1994) Treatment of pigs with doramectin to control sarcoptic mange. *In Proceedings of the 13th International Pig Veterinary Society Congress*, Bangkok, Thailand, pp 238
- CARGILL C., DAVIES P., CARMICHAEL I., HOOKE F., MOORE M. (1996) Treatment of sarcoptic mite infestation and mite hypersensitivity in pigs with injectable doramectin. - *Vet Rec* , 138(19):468–471.
- CARGILL C., DAVIES P.R. (1999) External Parasites. *In Disease of swine 8th Edition.* pp 669–683
- CARGILL C.F., DOBSON K.J. (1979) Experimental *Sarcoptes scabiei* infestation in pigs: (2) Effects on production. *Vet. Rec.* 104(2), 33–36
- CARGILL C.F., POINTON A.M., DAVIES P.R., GARCIA R. (1997) Using slaughter inspections to evaluate sarcoptic mange infestation of finishing swine. *Vet. Parasitol.* 70(1–3), 191–200

- CASAI R., GRANDA V., BALSEIRO A., et al. (2016) Vaccination of rabbits with immunodominant antigens from *Sarcoptes scabiei* induced high levels of humoral responses and pro-inflammatory cytokines but confers limited protection. *Parasit. Vectors* 9
- CHAKRABARTI A. (1990) Pig Handler's Itch. *Int. J. Dermatol.* 29(3), 205–206
- CINOTTI E., PERROT J.L., LABELLE B., et al. (2015) Inefficacy of alcohol-based hand rub on mites in a patient with hyperkeratotic scabies. *Clin. Exp. Dermatol.* 40(2), 177-181
- 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
- DAS M., LAHA R., DEVI P., BORDOLOI R.K., NASKAR S. (2010) Sarcoptic mange infestation in pigs in a hilly region of Meghalaya. *Trop. Anim. Health Prod.* 42(5), 1009-1011
- DAVIES P.R. (1995) Sarcoptic mange and production performance of swine: a review of the literature and studies of associations between mite infestation, growth rate and measures of mange severity in growing pigs. *Vet. Parasitol.* 60(3-4), 249–264
- DAVIES P.R., BAHNSON P.B., GRASS J.J., et al. (1996) Evaluation of the monitoring of papular dermatitis lesions in slaughtered swine to assess sarcoptic mite infestation. *Vet. Parasitol.* 62(1), 143–153
- DAVIES P.R., BHANSON P., GRASS J., MARSH W., DIAL G. (1994) Dermatitis lesions at slaughter predict herd infestation with *Sarcoptes scabiei*. In *Proceedings of the 13th Conference of the International Pig Veterinary Society*, Bangkok, pp 247
- DAVIES P.R., MOORE M.J., POINTON A.M. (1991a) Sarcoptic mite hypersensitivity and skin lesions in slaughtered pigs. - PubMed - NCBI. *Vet Rec* , 128(22):516-518.
- DAVIES P.R., MOORE M.J., POINTON A.M. (1991b) Seasonality of sarcoptic mange in pigs in South Australia. *Aust. Vet. J.* 68(12), 390–392
- DELSART M. (1999) Estimation of the prevalence of sarcoptic mange in swine in France. *Thèse Pour Dr. Vét.*
- DIMRI U., BANDYOPADHYAY S., SINGH S.K., et al. (2014) Assay of alterations in oxidative stress markers in pigs naturally infested with *Sarcoptes scabiei* var. *suis*. *Vet. Parasitol.* 205(1–2), 295–299
- DOBSON K.J. (1986) External Parasites. In *Disease of Swine 6th Edition*. pp 664–669
- DOCKMANN J. (2004) Serologische Untersuchungen auf Antikörper gegen *Sarcoptes scabiei* v. *suis* in sauenhaltenden Betrieben mit unterschiedlichen Behandlungsstrategien gegen Ektoparasiten. PhD Thesis. Hannover University, Germany
- EBBESEN T. (1998) Eradication of Asrcoptic mange in farrow-to-finish herds with Ivomec vet.Premix and Ivopmec Vet.inj. In *Proceeding of the 15th International Pig Veterinary Society Congress*, Birmingham, England, pp 120
- ELBERS A.R., RAMBAGS P.G., VAN DER HEIJDEN H.M., HUNNEMAN W.A. (2000) Production performance and pruritic behaviour of pigs naturally infected by *Sarcoptes scabiei* var. *suis* in a contact transmission experiment. *Vet. Q.* 22(3), 145–149
- ENGELMAN D., KIANG K., CHOSIDOW O., et al. (2013) Toward the Global Control of Human Scabies: Introducing the International Alliance for the Control of Scabies. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 7(8)
- ERSTER O., ROTH A., POZZI P.S., BOUZNACH A., SHKAP V. (2015) First detection of *Sarcoptes scabiei* from domesticated pig (*Sus scrofa*) and genetic characterization of *S. scabiei* from pet, farm and wild hosts in Israel. *Exp. Appl. Acarol.* 66(4), 605–612
- FANNEAU DE LA HORIE (1990) Prevalence of sarcoptic mange in fattening pigs. Results of a french survey. *Proceeding 11th Int. Pig Vet. Soc. Congr.* , 320
- GAAFAR S.M., ARENDS J.J., HOLSCHER K.H., HOGG A., WILLIAMS R.E. (1986) An integrated program using Taktik® to control mange in swine. *J. Agric. Entomol.* , 3, 374–381.
- GALUPPI R., AVENOSO A.M., LEOTTI G., et al. (2007) Diagnosis of Sarcoptic Mange in Slaughtered Swine. *Vet. Res. Commun.* 31(1), 233–236

- GARCIA R., PICHE C., DAVIES P., GROSS S. (1994) Prevalence of sarcoptic mange and dermatitis in slaughtered pigs in North America and Western Europe. *In Proceedings of the 13th Conference of the International Pig Veterinary Society*, Bangkok,
- GOYENA E., RUIZ DE YBÁÑEZ R., MARTÍNEZ-CARRASCO C., et al. (2013) On the aggregated nature of chronic *Sarcoptes scabiei* infection in adult pigs. *Vet. Parasitol.* 192(1–3), 301–306
- GREVE J.H., DAVIES P. (2012) Diseases of swine 10th Edition. *In Diseases of swine 10th Edition*, Jeffrey J. Zimmerman, Locke A. Karriker, Alejandro Ramirez, Kent J. Schwartz and Grégory W. Stevenson. ed. pp 885–889
- GUALANDI G., BONI P., VARISCO G., et al. (1994) Study of the prevalence of sarcoptic mange in pigs at slaughterhouses in major swine production areas in Northern Italy. *In Proceedings of the 13th Conference of the International Pig Veterinary Society*, Bangkok, pp 246
- GUTIÉRREZ J.F., MÉNDEZ DE VIGO J., CASTELLÁ J., MUÑOZ E., FERRER D. (1996) Prevalence of sarcoptic mange in fattening pigs sacrificed in a slaughterhouse of northeastern Spain. *Vet. Parasitol.* 61(1–2), 145–149
- HAAS C., ORIGGI F.C., AKDESIR E., et al. (2015) First detection of sarcoptic mange in free-ranging wild boar (*Sus scrofa*) in Switzerland. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 157(5), 269–275
- HEIDELBERGER P., WELCH P.D. (1983) Simulation Run Length Control in the Presence of an Initial Transient. *Oper. Res.* 31(6), 1109–1144
- HEINONEN M., BORNSTEIN S., KOLHINEN R., SALONIEMI H., TUOVINEN V. (2000) Eradication of porcine sarcoptic mange within a health declared production model. *Acta Vet. Scand.* 41(1), 41–50
- HOLLANDERS W., HARBERS A.H., HUIGE J.C., et al. (1995) Control of *Sarcoptes scabiei* var. *suis* with ivermectin: influence on scratching behaviour of fattening pigs and occurrence of dermatitis at slaughter. *Vet. Parasitol.* 58(1–2), 117–127
- HOLLANDERS W., VERCRUYSSSE J. (1990) Sarcoptic mite hypersensitivity: a cause of dermatitis in fattening pigs at slaughter. *Vet. Rec.* 126(13), 308–310
- HOLLANDERS W., VERCRUYSSSE J., RAES S., BORNSTEIN S. (1997) Evaluation of an enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for the serological diagnosis of sarcoptic mange in swine. *Vet. Parasitol.* 69(1–2), 117–123
- JACOBSON M., BORNSTEIN S., PALMÉR E., WALLGREN P. (2000) Elimination of *Sarcoptes scabiei* in pig herds by single or double administrations of an avermectin. *Acta Vet. Scand.* 41(3), 227–235
- JACOBSON M., BORNSTEIN S., WALLGREN P. (1999) The efficacy of simplified eradication strategies against sarcoptic mange mite infections in swine herds monitored by an ELISA. *Vet. Parasitol.* 81(3), 249–258
- JENSEN J., NIELSEN L., ARNASON T., CRACKNELL V. (2002) Elimination of Mange Mites *Sarcoptes scabiei* var. *suis* from Two Naturally Infested Danish Sow Herds Using a Single Injection Regime with Doramectin. *Acta Vet. Scand.* 43(2), 75–84
- JUFARE A., AWOL N., TADESSE F., TSEGAYE Y., HADUSH B. (2015) Parasites of pigs in two farms with poor husbandry practices in Bishoftu, Ethiopia. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 82(1), 839
- KESSLER E., MATTHES H.-F., SCHEIN E., WENDT M. (2003) Detection of antibodies in sera of weaned pigs after contact infection with *Sarcoptes scabiei* var. *suis* and after treatment with an antiparasitic agent by three different indirect ELISAs. *Vet. Parasitol.* 114(1), 63–73
- KHALIL S., ABBAS O., KIBBI A.G., KURBAN M. (2017) Scabies in the age of increasing drug resistance. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 11(11), e0005920
- KÖHLER U., ZABKE J. (1998) Mange eradication with Ivomec Premix and Ivomec Injection in Large White unit. *In Proceeding of the 15th International Pig Veterinary Society Congress*, Birmingham, England, pp 255
- LAHA R. (2015) Sarcoptic mange infestation in pigs: an overview. *J. Parasit. Dis. Off. Organ Indian Soc. Parasitol.* 39(4), 596–603

- LAMBERS J.H. (1994) Elimination of *Sarcoptes scabiei* in Dutch pig breeding herd. *In Proceeding of the 13th International Pig Veterinary Society Congress*, Bangkok, Thailand, pp 252
- LOEWENSTEIN M., LUDIN A., SCHUH M. (2006) Comparison of scratching behaviour of growing pigs with sarcoptic mange before and after treatment, employing two distinct approaches. *Vet. Parasitol.* 140, 334–343
- LÖWENSTEIN M., KAHLBACHER H., PESCHKE R. (2004) On the substantial variation in serological responses in pigs to *Sarcoptes scabiei* var. *suis* using different commercially available indirect enzyme-linked immunosorbent assays. *Parasitol. Res.* 94(1), 24–30
- LÖWENSTEIN M., LUDIN A., PESCHKE R., KAHLBACHER H., SCHUH M. (2006) *Sarcoptes scabiei* var. *suis* in a closed pig breeding and fattening herd and control possibilities after treatment. *Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr.* 119(7–8), 348–354
- LUNN D., SPIEGELHALTER D., THOMAS A., BEST N. (2009) The BUGS project: Evolution, critique and future directions. *Stat. Med.* 28(25), 3049–3067
- MADSEN Sv.AA. (1990) Eradication of mange in pigs with Sebacyl Pour-On in combinaison with Ivomec and Sebacyl liniment 50%. *In Proceeding of the 11th International Pig Veterinary Society Congress*, Lausanne, Switzerland, pp 321
- MAIOLI G., SCOLLO A., LEOTTI G., et al. (2016) Large-scaled sarcoptic mange survey in slaughtered pigs in Northern Italy using a simplified and cost-effective monitoring technique. *24th IPVS Congr. 8th ESPHM Dublin Irel.*
- MALLET S., MARY C., DE SAINTE-MARIE B., et al. (2014) Intérêt de la technique de recherche des sarcoptes par PCR dans le diagnostic de la gale. *Ann. Dermatol. Vénérologie, Journées Dermatologiques de Paris 2014* 141(12, Supplement), S272
- MERCIER P., CARGILL C.F., WHITE C.R. (2002) Preventing transmission of sarcoptic mange from sows to their offspring by injection of ivermectin: Effects on swine production. *Vet. Parasitol.* 110(1), 25–33
- MOCK D. (1997) Lice, mange and other swine insect problems. Kansas State University
- MOHR M. (2000) Protocol for eradication for *Sarcoptes scabiei* var. *suis* with Ivomec Premix and Ivomec Injection. *In Proceeding of The 16th International Pig Veterinary Society Congress*, Melbourne, Australia, pp 338
- MOUNSEY K., HO M.-F., KELLY A., et al. (2010) A Tractable Experimental Model for Study of Human and Animal Scabies. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 4(7), e756
- MOUNSEY K.E., HOLT D.C., MCCARTHY J., CURRIE B.J., WALTON S.F. (2008) Scabies: molecular perspectives and therapeutic implications in the face of emerging drug resistance. *Future Microbiol.* 3(1), 57–66
- NEUMANN E., HALL W., STEVENSON M., MORRIS R., LING MIN THAN J. (2014) Descriptive and temporal analysis of post-mortem lesions recorded in slaughtered pigs in New Zealand from 2000 to 2010. *N. Z. Vet. J.* 62(3), 110–116
- NICKEL E.A., DANNER G. (1979) Experimentelle Untersuchungen über Verlauf und Auswirkungen des Lausebefalls beim Hausschwein. *Arch. Exp. Veterinarmed.*
- PERMIN A., YELIFARI L., BLOCH P., et al. (1999) Parasites in cross-bred pigs in the Upper East Region of Ghana. *Vet. Parasitol.* 87(1), 63–71
- POINTON A.M., DAVIES P.R., BAHNSON P.B. (1999) Disease Surveillance at Slaughter. *In Disease of swine 8th Edition.* pp 1111–1132
- 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
- RAPP C.M., MORGAN M.S., ARLIAN L.G. (2006) Presence of host immunoglobulin in the gut of *Sarcoptes scabiei* (Acari: Sarcoptidae). *J. Med. Entomol.* 43(3), 539–542
- RAVEL A., CHAMBERLIN J., CLOUTIER S. (2002) La gale dans les troupeaux de truies au Québec. *Porc Québec*

- ROGUET C. (2013) 11 500 élevages de porcs en France métropolitaine en 2010. *Tech Porc* n°n°12, 2–5
- ROGUET C., RIEU M. (2011) Les groupements de producteurs de porcs en France : une organisation originale. *In 11ème Journée Productions porcines et avicoles*, Gembloux, Belgique, pp 9
- 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
- RUEDA-LÓPEZ M. (2006) Elimination of sarcoptic mange due to *Sarcoptes scabiei* var *suis* from a 1800-sow farrow-to-finish farm. *Vet. Rec.* 159(18), 595–597
- SHEAHAN B.J., HATCH C. (1975) A method for isolating large numbers of *Sarcoptes scabiei* from lesions in the ears of pigs. *J. Parasitol.* 61(2), 350
- SHITTU O., OPEYEMI O.A., KADIR R.A., AJIBAYE S. (2018) Prevalence, Antigenic Recognition and IgG Antibody Response in Pigs Infected with *Sarcoptes Scabiei* var. *Suis* in Confined Pens. *Manila J. Sci.* 11, 11–21
- SMETS K., NEIRYNCK W., VERCRUYSSSE J. (1999) Eradication of sarcoptic mange from a Belgian pig breeding farm with a combination of injectable and in-feed ivermectin. *Vet. Rec.* 145(25), 721–724
- SMETS K., VERCRUYSSSE J. (2000) Evaluation of different methods for the diagnosis of scabies in swine. *Vet. Parasitol.* 90(1–2), 137–145
- SPENCER B. (2006) Eradication of *Sarcoptes scabiei* var *suis* by use of Ivomec Premix alone. *In Proceedings of the 19th International Pig Veterinary Society Congress*, Copenhagen, Denmark, pp 401
- STEGEMAN J.A., RAMBAGS P.G., VAN DER HEIJDEN H.M., ELBERS A.R., HUNNEMAN W.A. (2000) Experimental quantification of the transmission of *Sarcoptes scabiei* var. *suis* among finishing pigs. *Vet. Parasitol.* 93(1), 57–67
- SWE P.M., REYNOLDS S.L., FISCHER K. (2014) Parasitic scabies mites and associated bacteria joining forces against host complement defence. *Parasite Immunol.* 36(11), 585–593
- TARIGAN S., HUNTLEY J.F. (2005) Failure to protect goats following vaccination with soluble proteins of *Sarcoptes scabiei* : Evidence for a role for IgE antibody in protection. *Vet. Parasitol.* 133(1), 101–109
- THOMAS J., PETERSON G.M., WALTON S.F., et al. (2015) Scabies: an ancient global disease with a need for new therapies. *BMC Infect. Dis.* 15, 250
- TOET H.M., FISCHER K., MOUNSEY K.E., SANDEMAN R.M. (2014) Autoantibodies to iron-binding proteins in pigs infested with *Sarcoptes scabiei*. *Vet. Parasitol.* 205(1–2), 263–270
- VERCRUYSSSE J., GEURDEN T., PEELAERS I. (2006) Development and Bayesian evaluation of an ELISA to detect specific antibodies to *Sarcoptes scabiei* var *suis* in the meat juice of pigs. *Vet Rec*, 158(15):506–8
- WALTON S.F., CURRIE B.J. (2007) Problems in Diagnosing Scabies, a Global Disease in Human and Animal Populations. *Clin. Microbiol. Rev.* 20(2), 268–279
- WILSON R.T., SWAI E. (2013) A review of pig pathology in Tanzania. *Trop. Anim. Health Prod.* 45(6), 1269–1275
- ZALUNARDO M., CARGILL C.F., SANDEMAN R.M. (2006) Identification of auto-antigens in skin scrapings from scabies-infected pigs. *Int. J. Parasitol.* 36(10–11), 1133–1141
- ZIMMERMANN W., KIRCHER P. (1998) Continuous serologic study and sanitation inspection of *Sarcoptes scabiei* var. *suis* infection: preliminary results. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 140(12), 513–517

Annexes

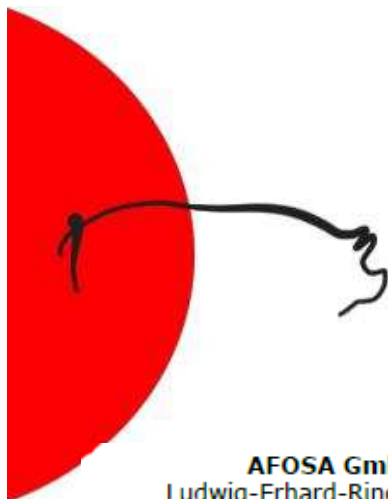
Annexe 1 : Guide d'utilisation du test ELISA indirect Sarcoptes-ELISA 2001®Pig



OPERATING INSTRUCTIONS

SARCOPTES-ELISA 2001[®] PIG

Enzyme immunoassay for the detection of IgG antibodies to the pathogen of sarcoptic mange, the mite *Sarcoptes scabiei* var. *suis*



AFOSA GmbH
Ludwig-Erhard-Ring 3
D-15827 Dahlewitz b. Berlin
Germany

For in-vitro diagnosis only

Package contents

- 1 Microtitre plate, 96 well
(coated with *Sarcoptes*-antigen)
- 50 ml Sample diluent
- 50 ml Washing solution (10-fold)
- 12 ml Conjugate solution
- 12 ml Substrate solution
- 12 ml Stopping solution
- 1.2 ml Positive control serum PC
- 1.2 ml Negative control serum NC

Tel.: +49-33708-938185
Fax: +49-33708-938186
info@afosa.com

Registr. no.
BgVV - B 335

■ **Simple testing, quick results**

■ **Reagents ready for use**

PRODUCT SPECIFICATION

The Sarcptes-ELISA 2001[®] PIG is an enzyme immunoassay (ELISA) in microtitre plate format. It detects IgG antibodies against *Sarcoptes scabiei* var. *suis*, the pathogen of the sarcoptic mange, in pig serum samples.

GENERAL INFORMATION

The mange mite *Sarcoptes scabiei* var. *suis* is an important ectoparasite of pigs. Infections frequently occur sub-clinically and last chronically with sarcoptic mites. Therefore, they are hardly detectable with conventional diagnosis methods (direct detection of the scabies mites). Our test is able to detect sub-clinical sarcoptic infections; specially common in herds with good housing and feeding conditions. It can be used for controlling pig herds for absence of mange mites. Usually only few animals of a pig herd are infected. Therefore, it is necessary to investigate a part of the herd for anti-sarcoptic antibodies. Dockmann et al. (2004) suggest the following number of serum samples for herd monitoring:

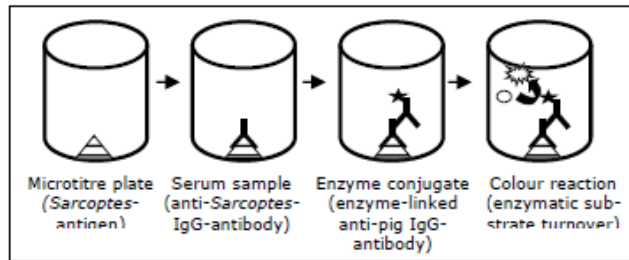
Herd (total number of sows)	number of sows to investigate
up to 15	15
16 ... 30	15 ... 20
from 30	20
from 50	25
from 100	30

Blood samples should be taken first from animals with clinical symptoms of sarcoptic mange. ELISA-test should be carried out in herds despite the lack of any clinical symptoms of mange (herd monitoring), in sows at the end of pregnancy period. Young animals including pregnant sows, before first farrowing, are unsuitable for this test. In some of these animals, despite the continuous contact with infected swine, no antibody can be detected before 150 days of age. Serum from piglets (up to 5 days of age) instead of serum from the sow can be used, but single samples could lead to misinterpretations. In cases with unclear clinical symptoms of mange this test can be applied in swine of all age. Persisting anti-sarcoptic antibodies have been detected up to 12 month after successful mange eradication in a herd. On the other hand: All swine of a herd born after mange eradication never show anti-sarcoptic antibodies. Herds for breeding pigs should be monitored for anti-sarcoptic antibodies twice a year.

Sensitivity and specificity of this test were evaluated in 134 pigs with clinically confirmed sarcoptic mange or sarcoptic free animals. Sensitivity and specificity were 95 % and 97 %, respectively.

PRINCIPLE OF THE TEST

The Sarcptes-ELISA 2001[®] PIG detects IgG antibodies against *Sarcoptes scabiei* var. *suis* in serum of pigs. The microtitre plates are coated with a *Sarcoptes* antigen. During serum incubation specific anti-*Sarcoptes* antibodies are bound to the immobilised antigen. Unbound material is removed by washing. The added enzyme-conjugate binds to the antigen-IgG antibodies complex. Unbound enzyme-conjugate is removed again by washing. Newly formed immune complexes are incubated with TMB substrate solution leading to the development of a blue colour. Blue colour turns into yellow by stopping the enzymatic reaction with sulphuric acid. The colour reaction correlates with the amount of *Sarcoptes* antibodies in the serum sample. The diagnostic assessment is made by the comparison of the extinction values of tests and controls.



REAGENTS AND CONTENTS

- Microtitre plate (1 plate):
Coated with *Sarcoptes*-antigen (inactive), 12 stripes with 8 wells each = 96 wells per plate.
- Sample diluent (1 bottle, 50 ml):
Buffer, preserved with sodium azide, ready-to-use.
- Washing solution concentrate (1 bottle, 50 ml):
Phosphate buffered, 10-fold concentrated, preserved with ProClin 300.
- Positive control serum PC (1 bottle, 1.2 ml):
Serum of *Sarcoptes scabiei* var. *suis*-infected pigs, preserved with sodium azide, ready-to-use
- Negative control serum NC (1 bottle, 1.2 ml):
Serum of not *Sarcoptes scabiei* var. *suis*-infected pigs, preserved with sodium azide, ready-to-use.
- Conjugate solution (1 bottle, 12 ml):
Horseradish peroxidase-conjugated anti-pig IgG immunoglobulins, ready-to-use, preserved with ProClin 300
- Substrate solution (1 bottle, 12 ml):
TMB solution, (TMB = 3,3',5,5'-tetramethylbenzidine), ready-to-use, preserved with kathon
- Stopping solution (1 bottle, 12 ml):
Sulphuric acid, 1 mol/l, ready-to-use, Attention: Corrosive !

WARNING

Kathon, ProClin 300 and sodium azide are toxic substances. Do not swallow; avoid contact with skin and mucous membranes.

Sulphuric acid irritates eyes and skin. Upon contact with eyes, rinse thoroughly with water and consult a physician!

REQUIRED EQUIPMENT AND MATERIALS (NOT INCLUDED IN THE TEST KIT)

Beakers, pipettes, pipette tips, reagent reservoirs, redistilled water, photometer for microtitre plates with a 450 nm filter

APPLICATON MODE

1. Use of microtitre plates

The microtitre plate is delivered in the foil bag with re-closure. In addition, there is a dry bag in the packaging with indicator. It should be stored at 4 - 7°C all time.

The microtitre plate consists of 12 stripes with 8 wells each. The number of wells to be used is equal to the number of samples to be measured, plus wells for the control measurements (double test run recommended). The wells have to be taken to room temperature (18 to 25° degrees Celsius) before use.

It is absolutely crucial to close again the foil bags after every usage. A colour change of the dry bag content of blue to red indicates too high relative air humidity in the foil bag. High humidity in the bag can affect the quality of the microtitre plate coated with antigen. The functionality of the bag should be checked and if necessary the dry bag should be replaced.

2. Preparation of test reagents

Before use bring all reagents to room temperature (18 – 25°C) and mix thoroughly. Return un-used reagents to the refrigerator (store at 4 – 7°C). Take only required amount of conjugate solution out of the vial and bring it to room temperature. Remaining conjugate should be continuously stored at 4 – 7°C. Be very careful in handling the substrate solution. Do never pipette directly out of the bottle. Just before use, take quickly the required amount of the solution with a clean pipette tip (sterile tip is recommended) or pour it into the liquid reservoir placed on a balance. The solution must not turn blue before pipetting into the wells!

Dilute washing solution concentrate with distilled water 1 : 10 (1 part washing solution concentrate + 9 parts distilled water). Diluted washing solution is ready to use and can be stored at 4 – 7°C up to one week and at – 20°C up to three months.

3. Sample preparation

Suitable for the test is fresh, cool stored blood serum or frozen and defrosted blood serum. Thawing of blood serum should be rapidly carried out at room temperature or at 37°C. All sera, especially the thawed sera, should be mixed thoroughly before use.

Give 5 µl of blood serum in 495 µl of sample diluent (1:100). Mix the dilution thoroughly.

4. Test procedure

- All reagents should be brought to room temperature (18 to 25°C) before use.
- Add 100 µl of control sera (positive control serum PC and negative control serum NC) into the wells (double test run).
- For the blank value pipette 100 µl sample diluent into the well (single test run).
- Add 100 µl of each diluted serum samples into one well (single test run).
- Cover the plate and incubate at room temperature for 60 minutes.
- Pour out or aspirate contents of the wells. Wash thoroughly by filling each well with 300 µl diluted washing buffer. Pour out or aspirate all fluid from wells after each wash. Repeat four times (five washing steps in total).
- Add 100 µl of conjugate solution into each well.
- Cover the plate and incubate at room temperature for 60 minutes.

- Pour out or aspirate contents of the wells. Wash thoroughly by filling each well with 300 µl diluted washing buffer. Pour out or aspirate all fluid from wells after each wash. Repeat four times (five washing steps in total).
- Add 100 µl of substrate solution into each well.
- Cover the plate and incubate at room temperature for exactly 15 minutes. Clock the time after filling the first well.
- Add 100 µl of stopping solution into each well. Do this in the same succession in which you have added the substrate solution.
- Shake thoroughly. Measure the extinction values (OD) with a photometer at 450 nm within 10 min after adding of the stop solution.

TEST INTERPRETATION

1. Test validity

- Calculate the mean values of control sera PC und NC (OD_{PC} , OD_{NC}).
- Calculate the percentage (P) of optical density of negative control serum (OD_{NC}) from the following formula:

$$P = \frac{OD_{NC} \times 100}{OD_{PC}}$$

- (OD_{PC} = optical density of positive control serum PC)
- The test procedure is valid if the following is fulfilled:

$$OD_{PC} > 0.8 < 2.8$$

$$P_{NC} < 20$$

$$\text{blank value} = OD < 0.1$$

2. Calculation of test results

- Subtract the optical density of negative control serum NC (OD_{NC}) from the optical density of positive control serum PC (OD_{PC}) as well as from the optical density of tested serum samples (OD_{sample}).

$$OD_{PC, \text{corr}} = OD_{PC} - OD_{NC}$$

$$OD_{\text{sample, corr}} = OD_{\text{sample}} - OD_{NC}$$

- Calculate the percentage of optical density of samples (= test results, TR) from the following formula:

$$TR = \frac{OD_{\text{sample, corr}} \times 100}{OD_{PC, \text{corr}}}$$

3. Interpretation of test results

- | | | | |
|---|----|-------|-------------|
| ■ | TR | <16 | negative |
| ■ | TR | 16-24 | unequivocal |
| ■ | TR | >24 | positive |

INTERPRETATION OF THE TEST RESULTS

The interpretation of the test results should be carried out by a veterinary surgeon. The veterinary surgeon should take into account: Anamnesis, clinical symptoms, titre dynamics and the differential diagnosis of other etiologies and further aspects.

WARNINGS AND PRECAUTIONS

Store all reagents at 4°C - 7°C and bring them to room temperature (18°C - 25 °C) just before usage. Do not expose substrate solution to direct sunlight. The test components should not be contaminated or mixed with reagents from other lots. Do not use any components of the test kit after expiry date.

Only persons with laboratory experience should perform the ELISA test. Adequate diligence should be taken in handling ELISA tests. For correct performance and results clean materials, precise pipetting, washing and keeping exact incubation times are necessary.

Some of the components contain toxic substances (sodium azide, ProClin 300, kathon). At disposal of waste material the corresponding laws and regulations have to be taken into account.

The test kit has been produced for veterinary and in-vitro diagnostic use only.

Annexe 2 : Masque de saisie Epidata

ID Identification

CODE :

DATE :

TYPE :

NE Naisseur Engraisseur

PE Post sevreur engraisseur

EN Engraisseur

BIO

1 oui

0 Non

LR

1 oui

0 Non

Multiplicateur

1 oui

0 non

NBabattu Nombre de porcs abattus

NBPC1 N° du 1er porc

P1 <input type="text"/>	P18 <input type="text"/>	P35 <input type="text"/>	P52 <input type="text"/>
P2 <input type="text"/>	P19 <input type="text"/>	P36 <input type="text"/>	P53 <input type="text"/>
P3 <input type="text"/>	P20 <input type="text"/>	P37 <input type="text"/>	P54 <input type="text"/>
P4 <input type="text"/>	P21 <input type="text"/>	P38 <input type="text"/>	P55 <input type="text"/>
P5 <input type="text"/>	P22 <input type="text"/>	P39 <input type="text"/>	P56 <input type="text"/>
P6 <input type="text"/>	P23 <input type="text"/>	P40 <input type="text"/>	P57 <input type="text"/>
P7 <input type="text"/>	P24 <input type="text"/>	P41 <input type="text"/>	P58 <input type="text"/>
P8 <input type="text"/>	P25 <input type="text"/>	P42 <input type="text"/>	P59 <input type="text"/>
P9 <input type="text"/>	P26 <input type="text"/>	P43 <input type="text"/>	P60 <input type="text"/>
P10 <input type="text"/>	P27 <input type="text"/>	P44 <input type="text"/>	
P11 <input type="text"/>	P28 <input type="text"/>	P45 <input type="text"/>	
P12 <input type="text"/>	P29 <input type="text"/>	P46 <input type="text"/>	
P13 <input type="text"/>	P30 <input type="text"/>	P47 <input type="text"/>	
P14 <input type="text"/>	P31 <input type="text"/>	P48 <input type="text"/>	
P15 <input type="text"/>	P32 <input type="text"/>	P49 <input type="text"/>	
P16 <input type="text"/>	P33 <input type="text"/>	P50 <input type="text"/>	
P17 <input type="text"/>	P34 <input type="text"/>	P51 <input type="text"/>	

elisa1

elisa2

elisa3

elisa4

elisa5

elisa6

elisa7

elisa8

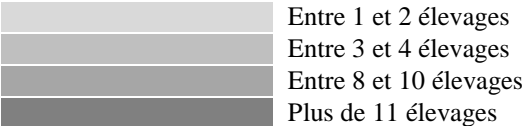
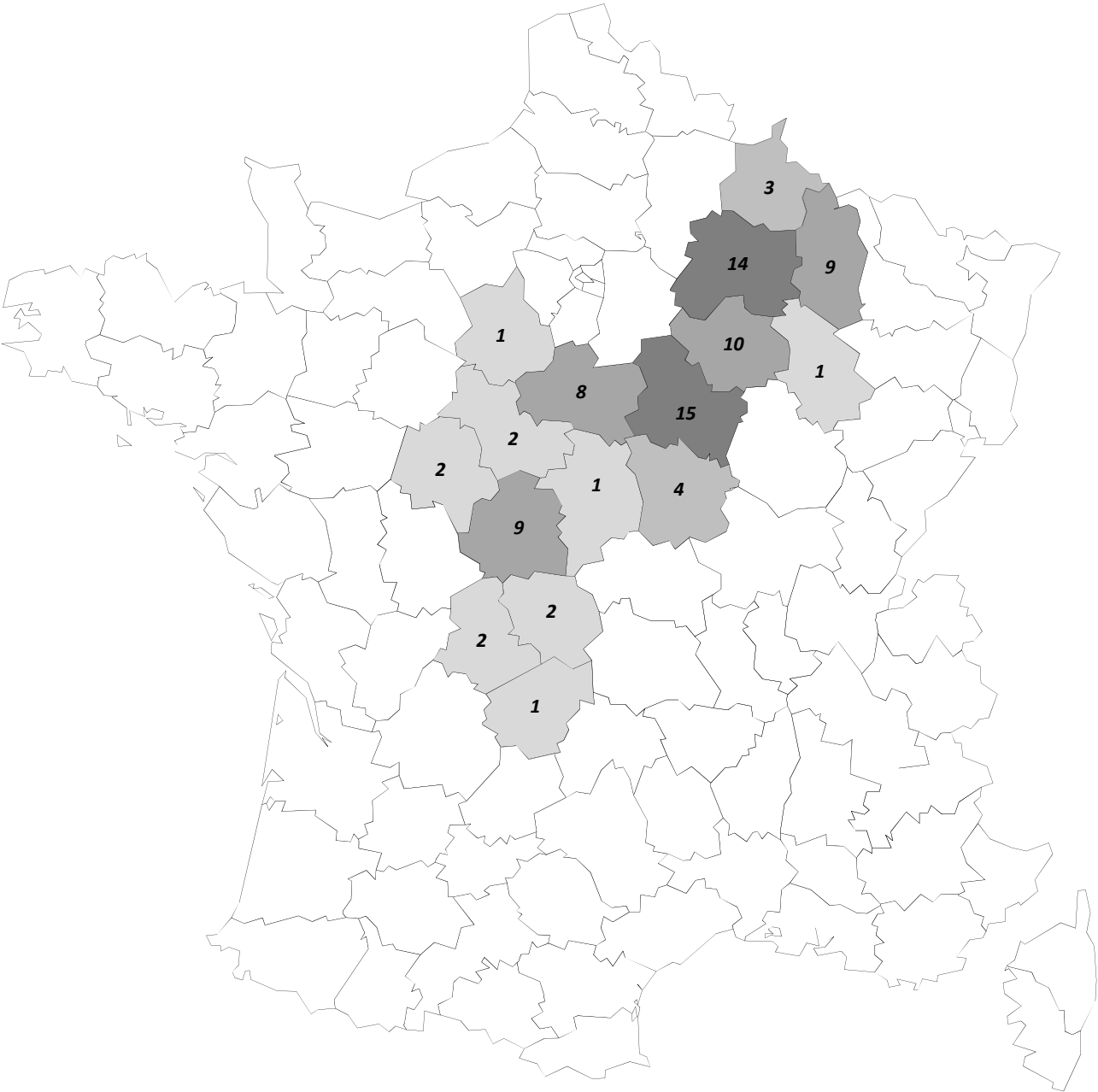
elisa9

elisa10

Annexe 3 : Implantation des élevages adhérents au groupement de producteurs Cirhyo



Annexe 4 : Répartition géographique par département des élevages inclus dans l'étude



Annexe 5 : Résultats par élevage

ID	CODE	DATE	TYPE	NBabattu	Notation visuelle										Sérologie			
					nb de dermes notés	ADS	Intervalle 95 % -	Intervalle 95 % +	% de notes 0	% de notes 1	% de notes 2	% de notes 3	% de notes 2 et 3	Nombre de prélèvements sanguins	% positifs ELISA	% douteux ELISA	TPL (%) Se=0,95	
89AU3	AA	15/01/2019	NE	200	60	0,350	0,241	0,459	67%	32%	2%	0%	2%	10	0%	0%	30	
55RZT	AB	15/01/2019	NE	150	60	0,317	0,218	0,416	70%	28%	2%	0%	2%	9	0%	0%	33	
89VTG	AC	15/01/2019	NE	37	33	0,091	0,058	0,124	91%	9%	0%	0%	0%	10	0%	0%	30	
51SSG	AD	15/01/2019	NE	200	60	1,400	1,220	1,580	15%	38%	38%	8%	47%	10	0%	0%	30	
89VTA	AE	15/01/2019	NE	170	60	0,283	0,183	0,383	73%	25%	2%	0%	2%	10	0%	0%	30	
10PIG	AF	15/01/2019	NE	166	60	0,200	0,110	0,290	82%	17%	2%	0%	2%	10	0%	0%	30	
10BUS	AG	15/01/2019	NE	200	60	0,500	0,393	0,607	50%	50%	0%	0%	0%	10	10%	0%	30	
10EFA	AH	15/01/2019	NE	90	60	0,267	0,201	0,332	73%	27%	0%	0%	0%	10	0%	20%	29	
36V01	AI	15/01/2019	PE	173	60	0,033	-0,004	0,070	97%	3%	0%	0%	0%	10	20%	20%	30	
23C88	BA	16/01/2019	NE	50	45	0,133	0,101	0,165	87%	13%	0%	0%	0%	9	0%	11%	31	
23H88	BB	16/01/2019	NE	42	38	0,184	0,145	0,223	82%	18%	0%	0%	0%	10	0%	0%	27	
87BD1	BC	16/01/2019	NE	30	29	0,069	0,052	0,086	93%	7%	0%	0%	0%	10	0%	0%	26	
55HCK	BD	16/01/2019	NE	62	59	0,475	0,439	0,510	59%	34%	7%	0%	7%	9	0%	0%	32	
51HEL	BE	16/01/2019	NE	60	37	0,892	0,751	1,032	30%	51%	19%	0%	19%	10	0%	0%	28	
10JC1	BF	16/01/2019	NE	200	60	0,683	0,535	0,832	43%	47%	8%	2%	10%	10	0%	0%	30	
18HTJ	BG	16/01/2019	NE	180	60	0,967	0,810	1,124	28%	48%	22%	2%	23%	10	0%	0%	30	
89AV7	CA	21/01/2019	NE	115	60	1,083	0,938	1,229	23%	52%	18%	7%	25%	10	0%	10%	29	
58007	CB	21/01/2019	NE	31	31	1,613	1,613	1,613	10%	39%	32%	19%	52%	10	0%	0%	26	
10SVP	CC	21/01/2019	NE	190	60	0,933	0,806	1,061	22%	63%	15%	0%	15%	10	0%	0%	30	
45TFB	CD	21/01/2019	PE	180	60	1,050	0,921	1,179	17%	62%	22%	0%	22%	10	0%	0%	30	
58484	CE	21/01/2019	NE	160	60	0,717	0,594	0,840	37%	55%	8%	0%	8%	10	0%	0%	30	
55PHX	CF	21/01/2019	NE	85	60	0,733	0,658	0,809	32%	63%	5%	0%	5%	10	0%	0%	29	
89AH6	CG	21/01/2019	NE	195	60	0,583	0,471	0,695	43%	55%	2%	0%	2%	10	0%	0%	30	
51CE2	CH	21/01/2019	NE	150	60	1,133	0,996	1,271	17%	55%	27%	2%	28%	10	0%	0%	29	
89YQA	CI	21/01/2019	NE	190	60	0,033	-0,005	0,071	97%	3%	0%	0%	0%	10	0%	0%	30	
51ERE	CJ	21/01/2019	NE	200	60	0,867	0,729	1,005	28%	57%	15%	0%	15%	10	0%	0%	30	
10BRO	CK	21/01/2019	NE	200	60	0,317	0,217	0,416	68%	32%	0%	0%	0%	10	0%	0%	30	
45AM2	CL	21/01/2019	PE	62	60	1,067	1,043	1,090	10%	73%	17%	0%	17%	10	0%	0%	28	
89PBE	CM	21/01/2019	NE	200	60	0,050	0,003	0,097	95%	5%	0%	0%	0%	10	0%	0%	30	
10BZA	CN	21/01/2019	NE	160	60	0,483	0,370	0,597	55%	42%	3%	0%	3%	10	0%	0%	30	
51AL5	DA	22/01/2019	NE	200	60	0,533	0,420	0,647	48%	50%	2%	0%	2%	10	0%	0%	30	
36U15	DB	22/01/2019	PE	105	60	1,083	0,985	1,182	12%	70%	17%	2%	18%	10	0%	0%	29	

ID	CODE	DATE	TYPE	NBabattu	Notation visuelle					Sérologie							
					nb de dermes notés	ADS	Intervalle 95% -	Intervalle 95% +	% de notes 0	% de notes 1	% de notes 2	% de notes 3	% de notes 2 et 3	Nombre de prélèvements sanguins	% positifs ELISA	% douteux ELISA	TPL (%) Se=0,95
36P21	DC	22/01/2019	EN	25	22	1,864	1,749	1,978	0%	36%	41%	23%	64%	10	0%	0%	25
51DWB	DD	22/01/2019	NE	180	60	0,383	0,268	0,498	65%	32%	3%	0%	3%	10	0%	0%	30
55QTK	DE	22/01/2019	NE	200	60	0,667	0,522	0,811	45%	43%	12%	0%	12%	10	0%	0%	30
89TCA	DF	22/01/2019	NE	50	43	1,814	1,728	1,900	2%	33%	47%	19%	65%	10	0%	0%	28
89AG6	DG	22/01/2019	NE	200	60	0,050	0,003	0,097	95%	5%	0%	0%	0%	10	0%	10%	30
55MFX	DH	22/01/2019	NE	110	60	1,233	1,118	1,349	10%	60%	27%	3%	30%	10	10%	0%	29
55XHE	DI	22/01/2019	NE	200	60	1,067	0,901	1,232	23%	50%	23%	3%	27%	10	0%	0%	30
89QFB	EA	23/01/2019	NE	27	27	0,481	0,481	0,481	52%	48%	0%	0%	0%	10	0%	0%	25
36X04	EB	23/01/2019	PE	105	60	1,333	1,224	1,442	7%	57%	33%	3%	37%	10	10%	0%	29
45AG5	EC	23/01/2019	NE	105	60	0,850	0,770	0,930	20%	75%	5%	0%	5%	10	0%	0%	29
58YCA	ED	23/01/2019	PE	175	60	0,067	0,015	0,118	93%	7%	0%	0%	0%	10	0%	10%	30
10MAY	EE	23/01/2019	NE	200	60	0,333	0,232	0,434	67%	33%	0%	0%	0%	10	10%	0%	30
372C4	EF	23/01/2019	NE	110	60	0,067	0,024	0,110	93%	7%	0%	0%	0%	10	0%	10%	29
51CE4	EG	23/01/2019	NE	200	60	0,867	0,746	0,987	23%	67%	10%	0%	10%	10	0%	10%	30
89AL7	FA	28/01/2019	NE	18	18	0,444	0,444	0,444	56%	44%	0%	0%	0%	10	0%	0%	22
89AE2	FB	28/01/2019	EN	60	56	0,393	0,359	0,426	61%	39%	0%	0%	0%	10	0%	0%	28
55DNB	FC	28/01/2019	NE	135	60	0,483	0,370	0,596	57%	38%	5%	0%	5%	10	0%	0%	29
89DMA	FD	28/01/2019	NE	70	51	1,118	1,024	1,212	14%	63%	22%	2%	24%	10	0%	0%	28
45AA4	FE	28/01/2019	PE	70	60	0,550	0,496	0,604	48%	48%	3%	0%	3%	10	0%	0%	28
45AP9	FF	28/01/2019	PE	70	60	0,217	0,177	0,257	78%	22%	0%	0%	0%	10	0%	0%	28
41TFM	GA	29/01/2019	NE	115	60	0,600	0,507	0,693	42%	57%	2%	0%	2%	10	0%	0%	29
36D21	GB	29/01/2019	EN	61	60	0,850	0,831	0,869	25%	65%	10%	0%	10%	10	0%	0%	28
36L36	GC	29/01/2019	PE	51	51	0,588	0,588	0,588	41%	59%	0%	0%	0%	10	0%	0%	28
36V28	GD	29/01/2019	NE	30	28	0,643	0,582	0,703	43%	50%	7%	0%	7%	10	0%	0%	26
10UXF	GE	29/01/2019	PE	80	60	0,800	0,735	0,865	25%	70%	5%	0%	5%	10	0%	0%	29
55AYF	GF	29/01/2019	PE	120	60	1,167	1,047	1,287	12%	63%	22%	3%	25%	10	0%	0%	29
89AE6	GG	29/01/2019	NE	172	60	0,217	0,124	0,310	80%	18%	2%	0%	2%	10	0%	0%	30
51CLE	GH	29/01/2019	NE	150	60	0,483	0,372	0,595	55%	42%	3%	0%	3%	10	0%	0%	29
36J78	HA	30/01/2019	NE	32	32	1,219	1,219	1,219	19%	53%	16%	13%	28%	10	20%	0%	26
08XBL	HB	30/01/2019	NE	150	60	0,750	0,644	0,856	30%	65%	5%	0%	5%	10	0%	0%	29
08XXG	HC	30/01/2019	NE	120	60	0,750	0,647	0,853	32%	62%	7%	0%	7%	10	0%	0%	29
51CCH	HD	30/01/2019	NE	200	60	0,750	0,642	0,858	28%	68%	3%	0%	3%	10	0%	0%	30
36G01	HE	30/01/2019	NE	102	60	0,550	0,463	0,637	47%	52%	2%	0%	2%	10	0%	10%	29
08KPE	IA	01/02/2019	N3	180	60	1,217	1,108	1,325	3%	73%	22%	2%	23%	10	0%	0%	30

ID	CODE	DATE	TYPE	NBabattu	Notation visuelle					Sérologie							
					nb de dermes notés	ADS	Intervalle 95% -	Intervalle 95% +	% de notes 0	% de notes 1	% de notes 2	% de notes 3	% de notes 2 et 3	Nombre de prélèvements sanguins	% positifs ELISA	% douteux ELISA	TPL (%) Se=0,95
37DXJ	IB	01/02/2019	NE	215	60	0,533	0,411	0,655	50%	47%	3%	0%	3%	10	0%	0%	30
89LUC	JA	04/02/2019	NE	36	35	1,143	1,104	1,182	14%	60%	23%	3%	26%	10	0%	0%	27
10DEA	JB	04/02/2019	NE	41	41	0,610	0,610	0,610	44%	51%	5%	0%	5%	10	0%	0%	27
55XDJ	JC	04/02/2019	NE	70	60	0,717	0,655	0,778	37%	57%	5%	2%	7%	10	0%	0%	28
51LAR	JD	04/02/2019	NE	200	60	0,133	0,061	0,206	87%	13%	0%	0%	0%	10	0%	0%	30
45TDA	JE	04/02/2019	NE	50	49	1,122	1,100	1,145	8%	73%	16%	2%	18%	10	0%	0%	28
45LNF	JF	04/02/2019	PE	200	60	0,100	0,036	0,164	90%	10%	0%	0%	0%	10	0%	0%	30
45AJ3	KA	07/02/2019	PE	200	60	0,400	0,295	0,505	60%	40%	0%	0%	0%	10	0%	0%	30
28JH4	KB	07/02/2019	NE	280	60	0,067	0,010	0,123	93%	7%	0%	0%	0%	10	0%	0%	30
51TUS	LA	19/02/2019	PE	200	60	0,433	0,327	0,539	57%	43%	0%	0%	0%	10	0%	0%	30
52TRG	LB	19/02/2019	NE	35	34	0,882	0,840	0,924	29%	56%	12%	3%	15%	10	0%	0%	27
87JUP	MA	20/02/2019	NE	55	55	0,582	0,582	0,582	47%	49%	2%	2%	4%	10	0%	0%	28
51AD5	MB	20/02/2019	PE	130	60	0,517	0,411	0,622	52%	45%	3%	0%	3%	10	0%	0%	29
19EPJ	NA	22/02/2019	NE	50	50	0,100	0,100	0,100	90%	10%	0%	0%	0%	10	0%	0%	28
51JJG	OA	26/02/2019	NE	210	60	0,867	0,733	1,000	27%	60%	13%	0%	13%	10	0%	0%	30
51AM5	PA	28/02/2019	NE	62	60	0,750	0,719	0,781	37%	53%	8%	2%	10%	10	0%	0%	29
41GEL	PB	28/02/2019	PE	115	60	0,033	0,002	0,065	97%	3%	0%	0%	0%	10	0%	0%	29
58038	PC	28/02/2019	PE	140	60	0,983	0,812	1,155	35%	37%	23%	5%	28%	10	0%	0%	28

Légende :

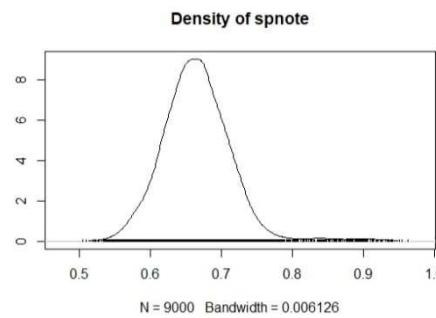
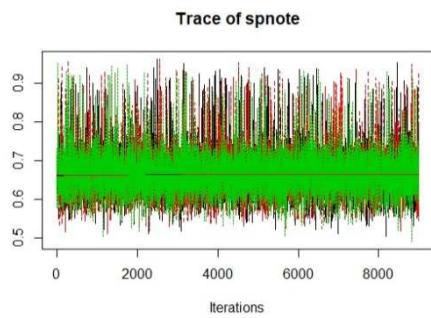
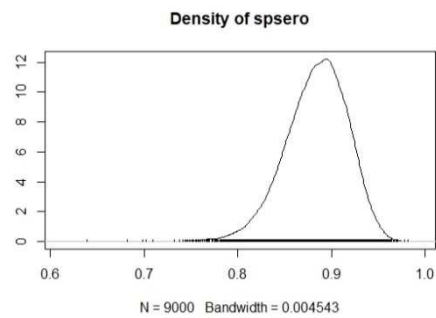
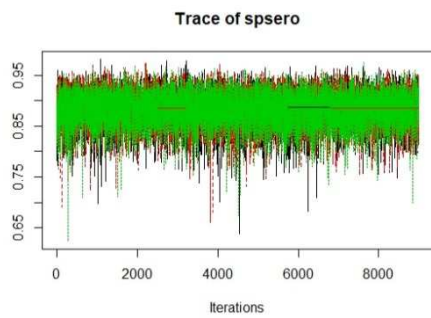
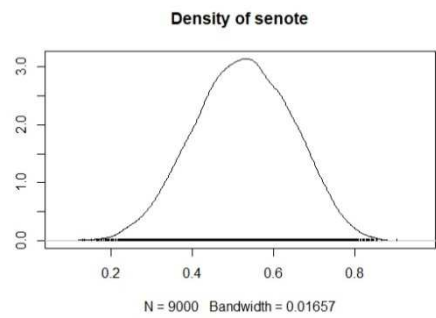
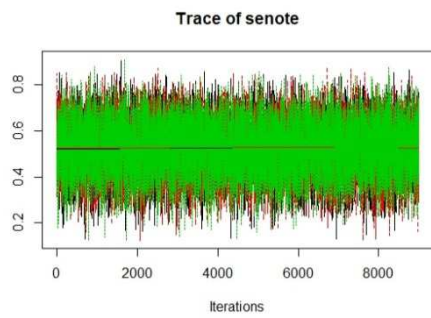
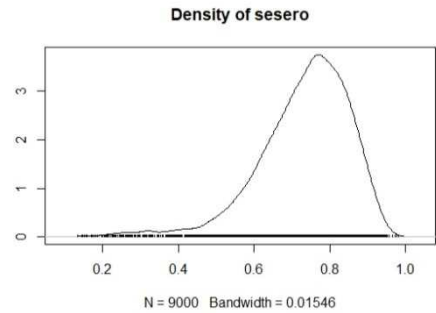
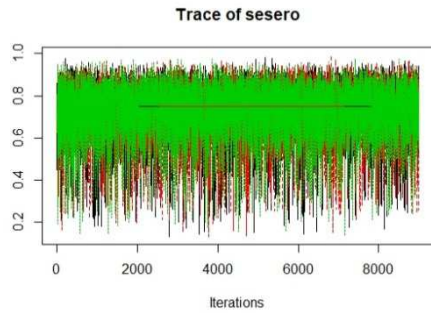
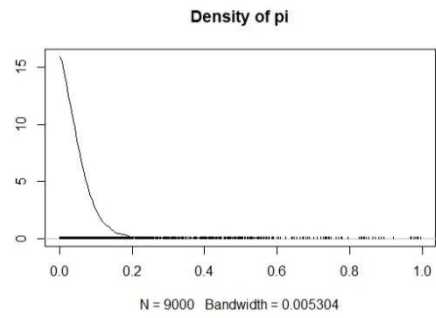
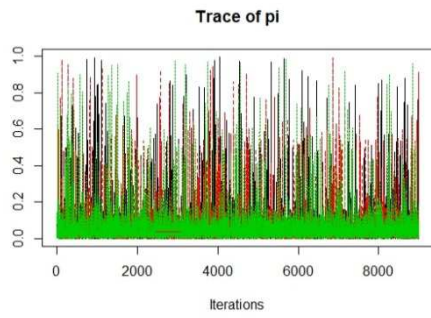
- **ID** : identifiant de marquage
- **Code** : Code de l'étude
- **Date** : date du contrôle
- **Type** : catégorie d'élevage (NE = naisseur-engraisseur ; PE = post sevrer engraisseur ; EN = engraisseur)
- **NBabattu** : nombre d'animaux abattus dans le lot
- **Nb de dermes notés** : nombre de porcs notés selon l'étendue des lésions cutanées
- **ADS** : Average Dematitis score, note moyenne de lésions cutanées dans le lot
- **Intervalle 95% - / 95% +** : intervalle de confiance ADS
- **% de notes 0, 1, 2 et 3** : % de porcs ayant été notés 0, 1, 2 ou 3 dans le lot
- **Nombre de prélèvements sanguins** : Nombre de prélèvements sanguins réalisés dans le lot
- **% positifs ELISA** : % d'animaux séropositifs avec le kit Sarcoptes-ELISA 2001® Pig dans le lot
- **% douteux ELISA** : % d'animaux douteux avec le kit Sarcoptes-ELISA 2001® Pig dans le lot
- **TPL (%) Se = 95%** : Taux de prévalence limite avec le nombre d'animaux prélevés dans le lot, au risque d'erreur par défaut de 5% avec un test sérologique dont la sensibilité serait de 95%

Annexe 6 : 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

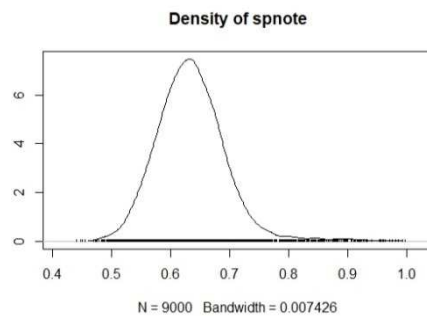
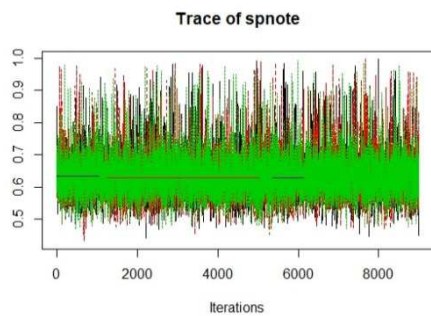
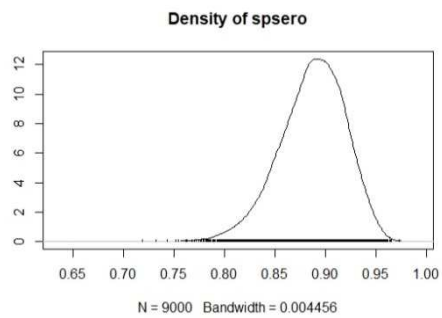
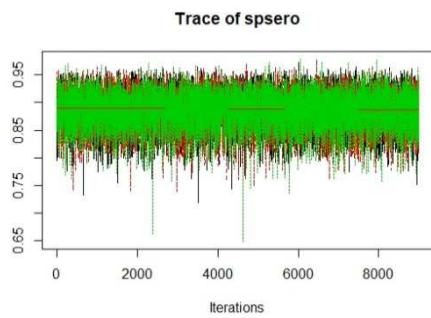
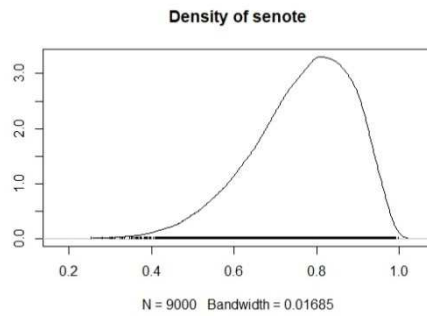
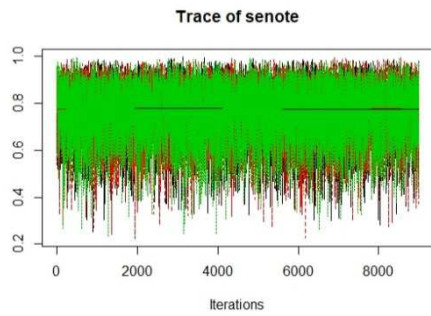
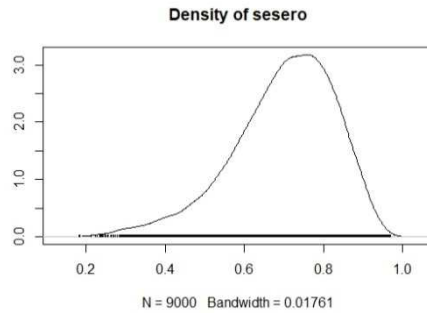
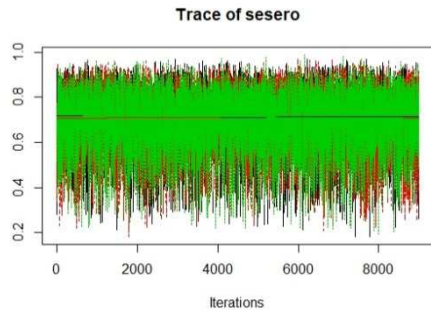
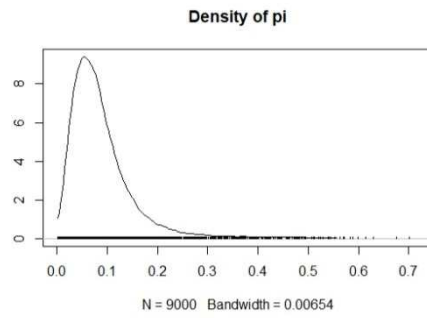
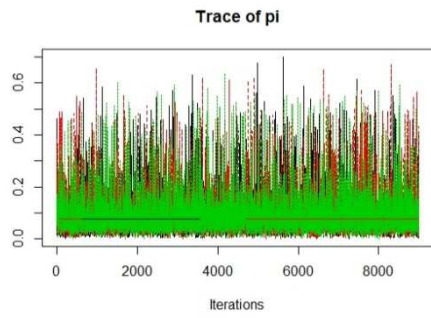
Légende (pour les figures des 6 pages suivantes) :

- P_i = prévalence
- $sesero$: sensibilité du diagnostic sérologique
- $spsero$: spécificité du diagnostic sérologique
- $senote$: sensibilité du diagnostic visuel
- $spnote$: spécificité du diagnostic visuel

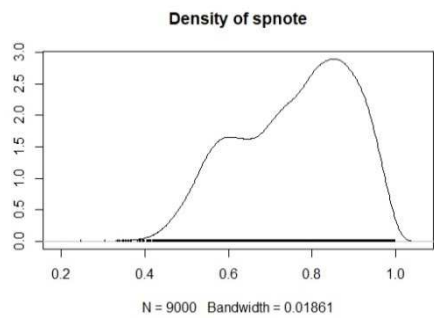
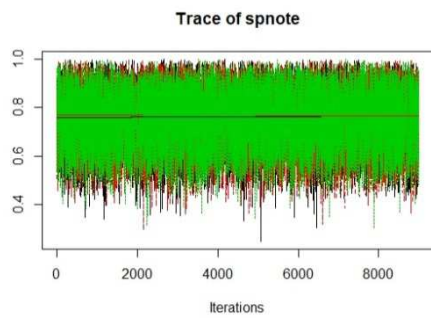
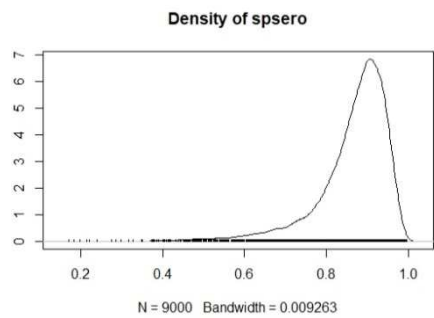
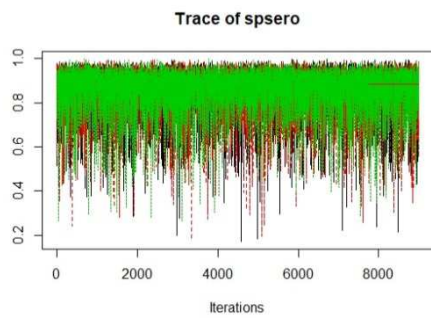
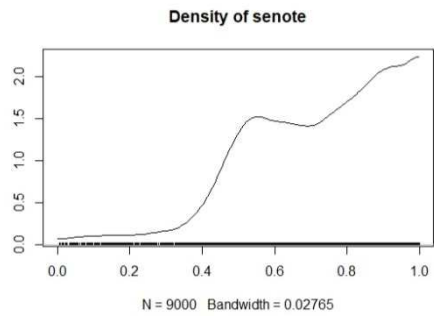
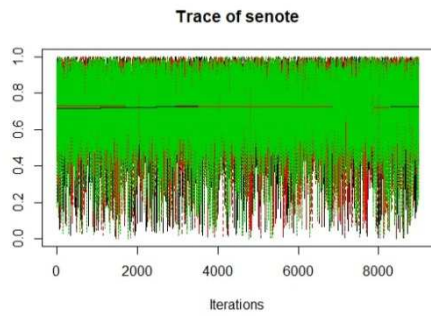
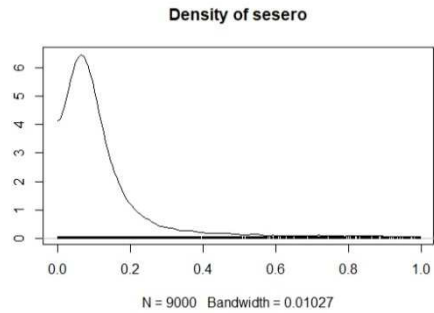
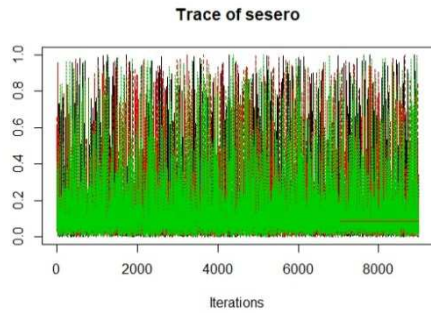
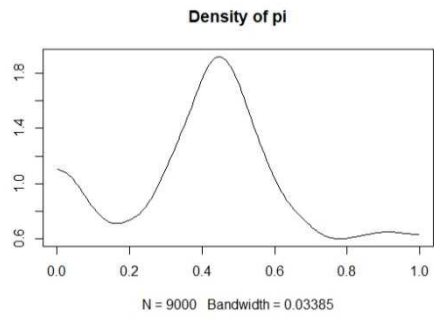
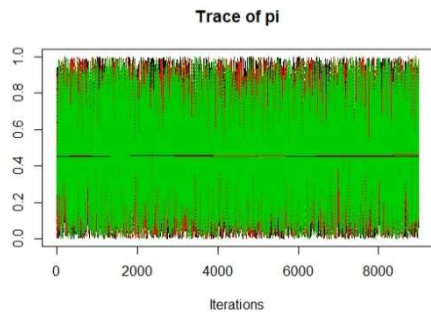
Diagnostics Note2et3 et ELISA SeroPOS (Option A = Priors moyennement informatifs)



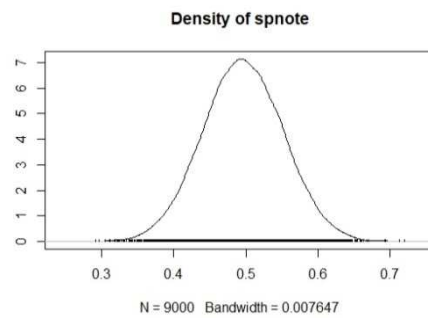
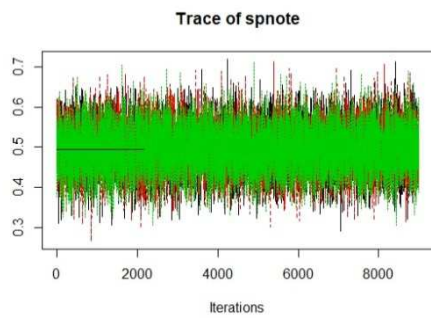
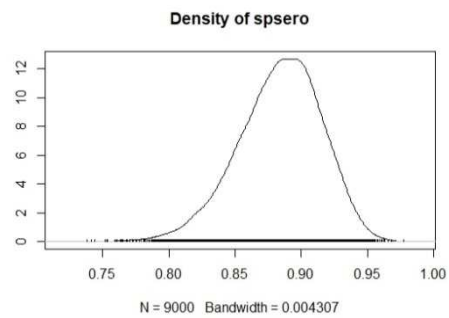
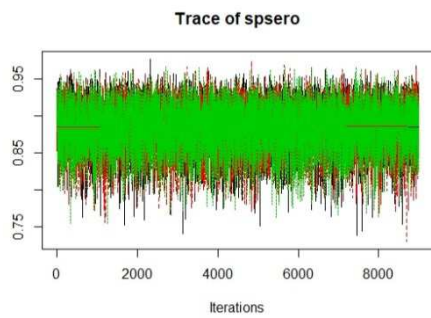
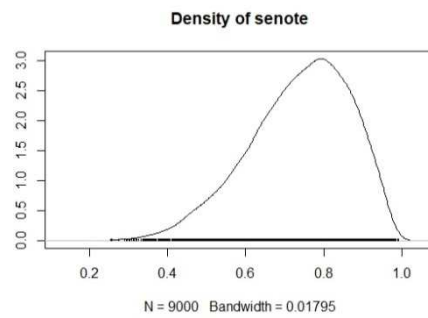
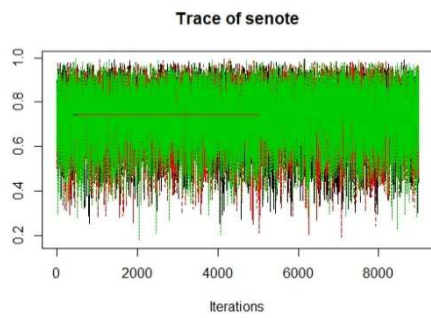
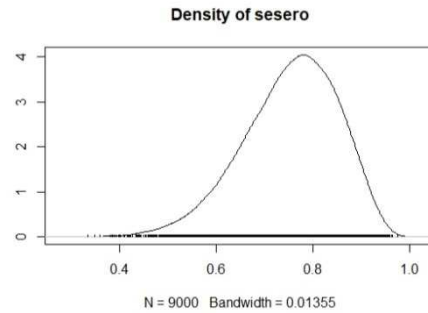
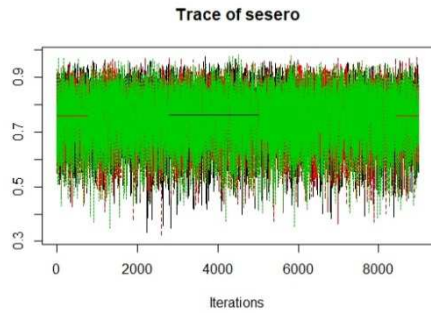
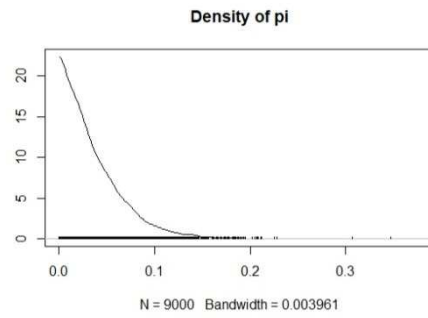
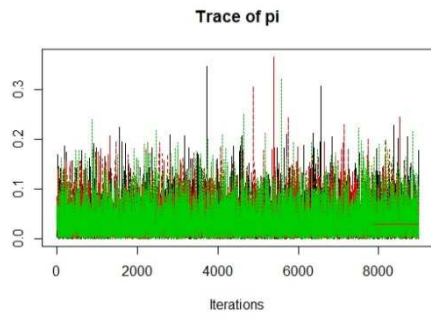
Diagnostics Note2et3 et ELISA SeroPOS (Option B = Priors informatifs)



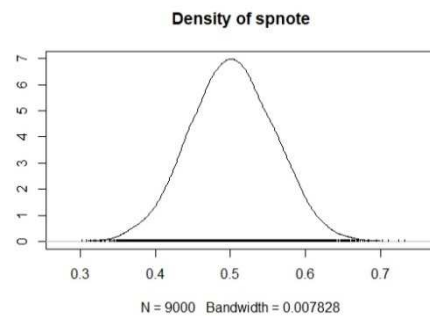
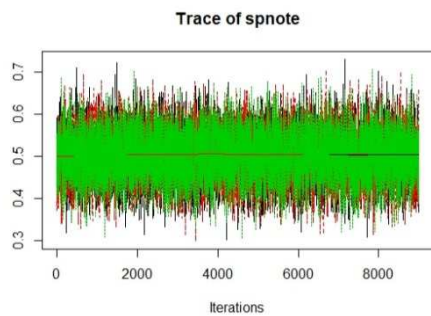
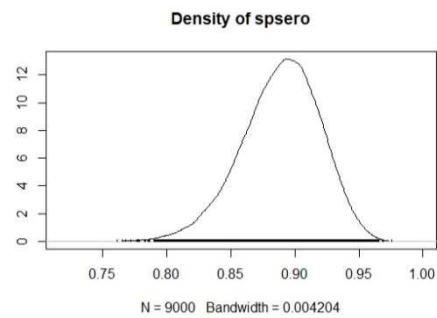
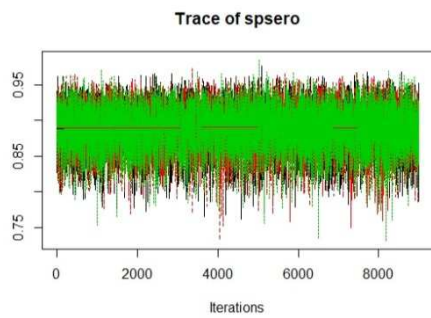
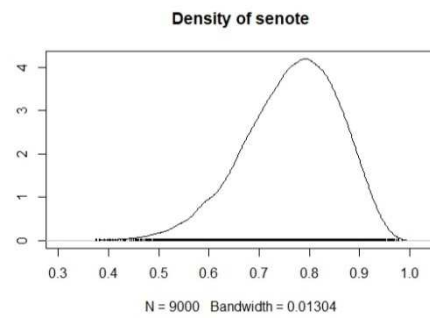
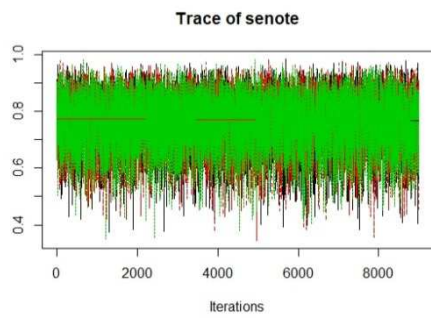
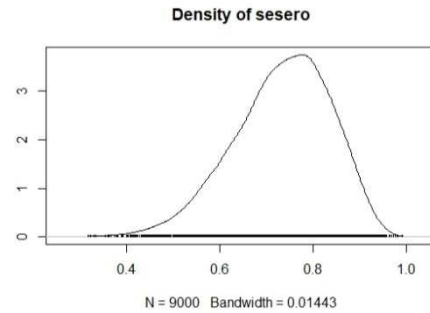
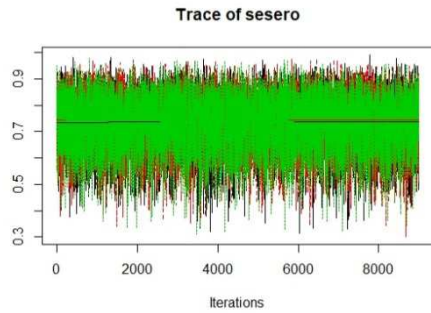
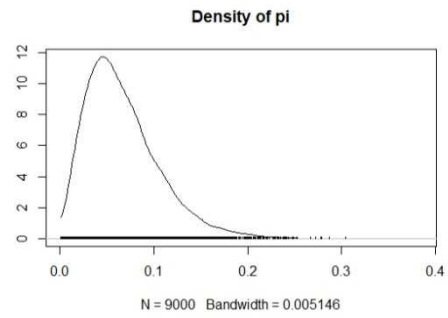
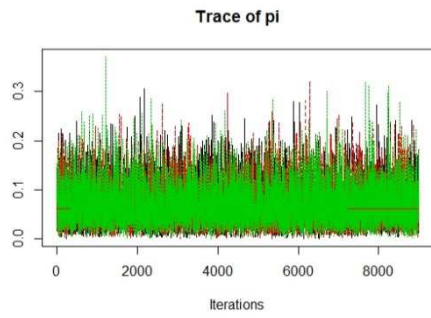
Diagnostics Note2et3 et ELISA SeroPOS (Option C = Priors vagues)



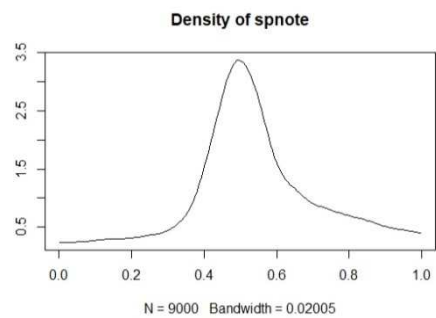
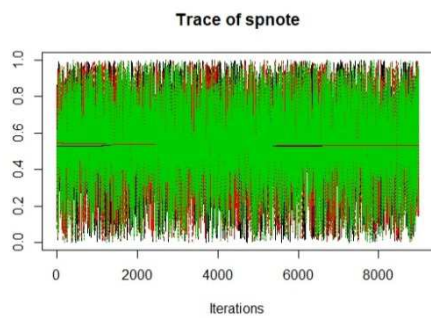
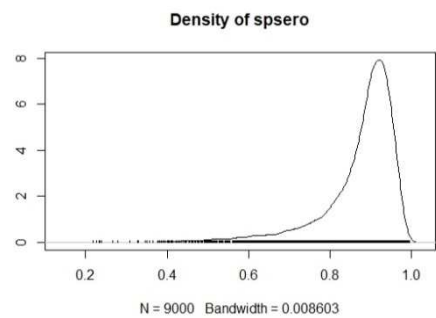
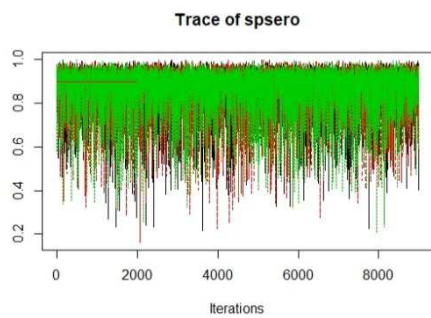
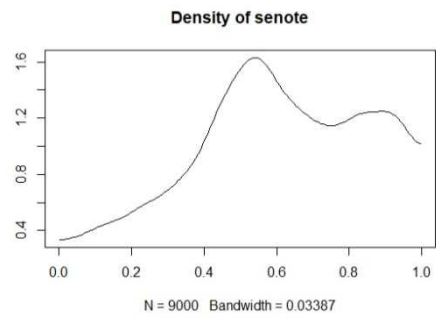
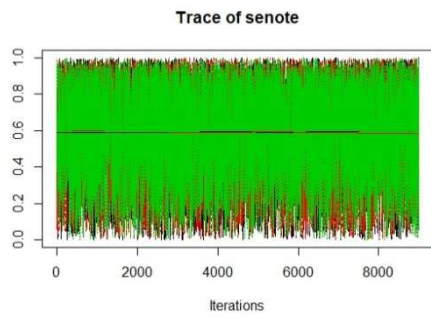
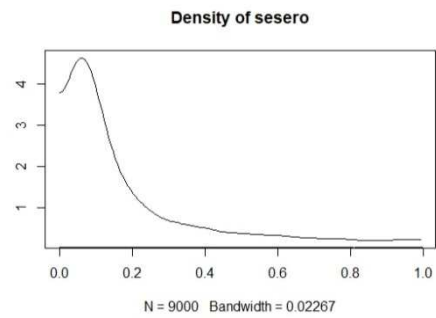
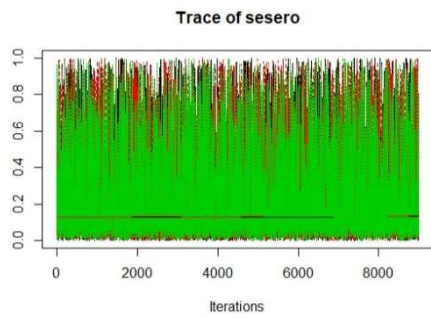
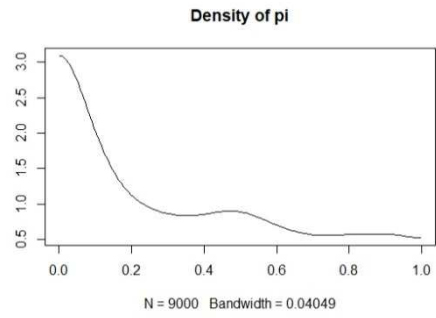
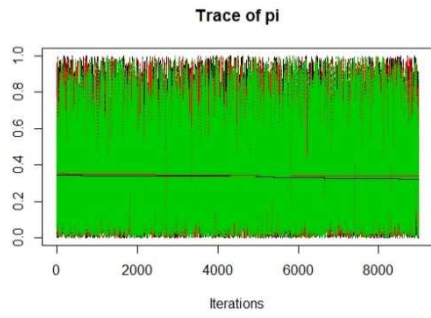
Diagnostics ADS et ELISA SeroPOS (Option A = Priors moyennement informatifs)



Diagnostics ADS et ELISA SeroPOS (*Option B = Priors informatifs*)



Diagnostics ADS et ELISA SeroPOS (Option C = Priors vagues)



Résumé

La gale sarcoptique est probablement la parasitose externe la plus répandue dans les élevages de porcs. Le plus souvent sous une forme subclinique, son diagnostic fait appel à différentes techniques ou examens complémentaires. Il n'existe cependant pas de test de référence. L'objectif de cette étude était d'évaluer les performances d'une grille de notation des lésions cutanées induites par la gale sarcoptique chez le porc charcutier via une approche comparée de la sensibilité et de la spécificité des méthodes de notation visuelle à l'abattoir et d'un test ELISA permettant de détecter la présence d'anticorps.

Quatre-vingt-quatre élevages du Centre et du Nord-Est de la France ont été inclus, les lésions cutanées de 4574 porcs ont été notées individuellement de 0 à 3 à l'abattoir, selon la grille de notation décrite par Pointon et *al.* (1999). Pour chaque élevage 10 prélèvements sanguins ont été réalisés au moment de la saignée des animaux, puis analysés à l'aide du test *Sarcoptes*-ELISA 2001@Pig. Sur l'ensemble des prélèvements, seuls 8 sont séropositifs (prévalence apparente < 1 %), répartis dans 6 élevages. 9,5 % des animaux contrôlés présentent des lésions cutanées étendues (note 2 ou 3), mais aucune association entre la notation individuelle et le statut sérologique de l'élevage n'est mise en évidence. Que le statut de l'élevage soit défini par la note moyenne des lésions ou par le taux d'animaux présentant des lésions étendues, la sensibilité et la spécificité du diagnostic de la gale par ce type de notation à l'échelle du troupeau sont insuffisantes au regard des résultats d'une approche statistique bayésienne des performances comparées de la notation visuelle et de l'ELISA, sans test de référence.

Mots clé

Gale, *Sarcoptes scabiei*, porc, ELISA, notation visuelle, abattoir, sensibilité, spécificité, bayésien