

**ÉVALUATION DES PERFORMANCES
D'UNE GRILLE DE NOTATION DES LÉSIONS CUTANÉES
INDUITES PAR LA GALE SARCOPTIQUE CHEZ LE PORC.
APPROCHE COMPARÉE DE LA SENSIBILITÉ ET DE LA SPÉCIFICITÉ
DES MÉTHODES DE NOTATION VISUELLE DES LÉSIONS ET D'UN TEST ELISA**

**Delsart Maxime^{1,2}, Dufour Barbara¹, Arné Pascal², Risco-Castillo Veronica²,
Bernigaud Charlotte², Le Roux Delphine³, Guillot Jacques², Rose Nicolas⁴**



RÉSUMÉ

La gale sarcoptique est probablement la parasitose externe la plus fréquente dans les élevages de porcs. 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. Quarante-deux élevages du Centre et du Nord-Est de la France ont été inclus, les lésions cutanées de 4 574 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 se sont révélés séropositifs, répartis dans 6 élevages. 9,5 % des animaux contrôlés présentaient des lésions cutanées étendues (note 2 ou 3). Aucune association entre la notation individuelle et le statut sérologique de l'élevage n'a pu être 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 (comprises entre 0,5 et 0,77, avec des intervalles de crédibilité très importants), d'après les résultats d'une approche statistique bayésienne des performances comparées de la notation visuelle et de l'ELISA, sans test de référence.

Mots-clés : gale, *Sarcoptes scabiei*, porc, ELISA, notation visuelle, abattoir, sensibilité, spécificité, bayésien.

ABSTRACT

*Sarcoptic mange is probably the most frequent ectoparasitosis of swine worldwide. The objective of this study was to evaluate the performances of a skin lesion score performed at the slaughterhouse by a comparative approach to sensitivity and specificity of an ELISA test and scoring methods for dermatitis at slaughterhouse. Eighty-four farms in Central and North-eastern France were included, skin lesions of 4 574 pigs were scored from 0 to 3 at the slaughterhouse, according to severity of scabies-induced dermatitis. For each farm, 10 blood samples were collected and analysed using the *Sarcoptes-ELISA 2001®Pig* test. Out of 837 samples, only 8 were seropositive, distributed among 6 farms. 9.5% of the animals had extensive skin lesions (score 2 or 3).*

.../..

Reçu le 24 septembre 2019, accepté le 25 novembre 2019

¹ EPIMAI, USC Anses, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, Maisons-Alfort, France

² EA Dynamyc, UPEC, EnvA, USC Anses, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, Maisons-Alfort, France

³ Secteur Microbiologie/Immunologie, BioPôle Alfort, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, Maisons-Alfort, France

⁴ Laboratoire de Ploufragan-Plouzané, Anses, France

.../..

No association between individual scoring and serological status of the farm was identified. Whether the status of the herd was defined by the average dermatitis score or the rate of animals with extensive lesions, the sensitivity and specificity of sarcoptic mange diagnosis by this type of scoring method was insufficient (between 0.5 and 0.77, with very important credibility intervals) according to the results of a Bayesian statistical approach of the comparative performances of the visual score and the ELISA, without a gold standard.

Keywords: Mange, *Sarcoptes scabiei*, Swine, ELISA, Dermatitis, Scoring, Slaughterhouse, Sensitivity, Specificity, Bayesian method.



La gale sarcoptique affecte de très nombreuses espèces de mammifères, y compris l'Homme chez qui elle représente un réel problème de santé publique, en particulier chez les enfants vivant sous climat tropical [Mounsey *et al.*, 2010 ; Chosidow et Fuller, 2017]. *Sarcoptes scabiei* var. *suis* est l'agent responsable de la gale chez le porc domestique et chez le sanglier [Haas *et al.*, 2015]. La gale est considérée comme la parasitose externe la plus fréquente chez le porc [Greve et Davies, 2012 ; Delsart *et al.*, 2018]. Elle est aussi très pénalisante 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]. À la suite d'une réaction d'hypersensibilisation, des lésions de dermatite papuleuse peuvent apparaître [Cargill et Dobson, 1979]. Quand elles sont sévères et étendues, les lésions cutanées sont à l'origine de déclassement des carcasses à l'abattoir.

La maladie est subclinique chez la plupart des animaux. Le diagnostic n'est pas aisé. Il n'existe à l'heure actuelle pas de test diagnostique 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]. À l'inverse, l'observation des lésions à l'abattoir est beaucoup plus sensible mais la spécificité est médiocre lorsque

les lésions sont peu étendues [Cargill *et al.*, 1997]. Des tests sérologiques (ELISA) existent, avec une sensibilité et une spécificité variant respectivement de 88 % à 95 % et de 97 à 99 % selon les tests et selon les fabricants [Bornstein et Wallgren, 1997 ; AFOSA GmbH, s. d.].

La gale sarcoptique est aujourd'hui une affection peu étudiée en élevage de porcs. Nous n'avons notamment pas connaissance d'études récentes sur les conséquences économiques de la gale dans ces élevages. Peu d'études de prévalence récentes existent [Gutiérrez *et al.*, 1996 ; Alonso de Vega *et al.*, 1998 ; Damriyasa *et al.*, 2004 ; Neumann *et al.*, 2014 ; Maioli *et al.*, 2016]. Selon l'outil diagnostique utilisé, les résultats peuvent être très variables, allant de 24 % des élevages trouvés parasités en Belgique [Hollanders et Vercruyse, 1990] à plus de 86 % en Espagne [Gutiérrez *et al.*, 1996]. En France, les dernières descriptions datent de 1999 [Delsart, 1999], avec un taux d'élevages séropositifs vis-à-vis de la gale estimé à 84 % ± 10 %.

Pour des raisons pratiques et économiques, beaucoup d'études de prévalence sont réalisées dans des abattoirs, en utilisant une grille de notation des lésions cutanées décrites par Pointon *et al.* [1999]. L'objectif visé par cette étude était d'évaluer les performances de cette grille *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.

I - 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), sur des porcs provenant d'élevages adhérents d'un groupement de producteurs. Un seul lot de porcs par élevage a fait l'objet d'observations et de notations.

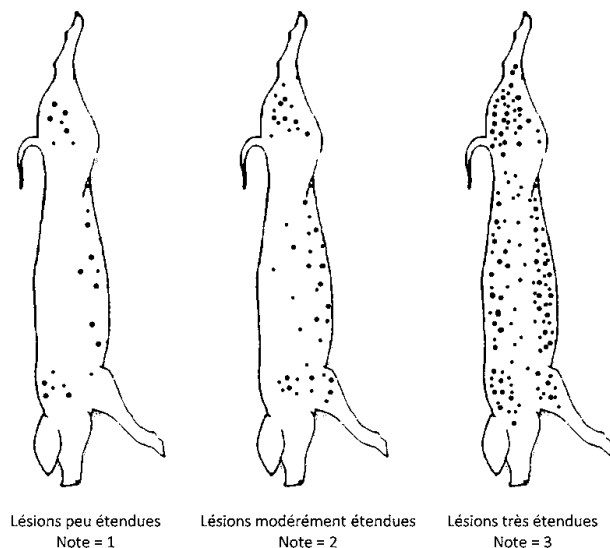
1. NOTATION DES LÉSIONS CUTANÉES

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 la présence et

de l'étendue de papules érythémateuses sur la carcasse : 0- absence de lésion, 1- lésions localisées derrière les oreilles ou sur l'abdomen 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 1). 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. Toutes les notations ont été effectuées par le même examinateur (Maxime Delsart).

Figure 1

Notation des lésions sur les carcasses à l'abattoir selon le score établi par Pointon *et al.* [1999]



2. ANALYSES SÉROLOGIQUES

Dix prélèvements sanguins par lot ont été collectés au hasard, sur dix animaux différents, au moment de la saignée, sur tubes secs. Ils étaient conservés à température ambiante jusqu'en fin de journée. Le sérum de chacun des prélèvements était alors obtenu par centrifugation pendant 7 min à 3 500 tours/min. Le surnageant prélevé était placé individuellement dans des microtubes coniques stockés au réfrigérateur entre +4 et +8° C jusqu'à l'analyse. Une analyse sérologique a été réalisée sur ces prélèvements grâce à un test commercial ELISA indirect, en suivant les instructions du fabricant (Sarcoptes-ELISA 2001@Pig, AFOSA GmbH, Allemagne). Les valeurs de densité optique ont été lues à une longueur d'onde de 450 nm à l'aide d'un lecteur de microplaques (Multiskan™ GO, Thermo Scientific™, France) et du logiciel Skanit™

software 3.2, téléchargées puis retranscrites dans un fichier Excel. Les équations fournies avec le test commercial ont été intégrées dans le fichier Excel, permettant de définir le caractère négatif, douteux ou positif de chaque prélèvement en calculant le ratio S/P, S étant le résultat de l'échantillon et P le résultat du contrôle positif. Les analyses ont été réalisées au BioPôle de l'École nationale vétérinaire d'Alfort, par la même personne (Maxime Delsart).

3. DÉFINITION DU STATUT DES ÉLEVAGES

Pour le diagnostic sérologique, un élevage était considéré comme positif si au moins un animal était séropositif parmi les dix animaux analysés du lot.

Pour le diagnostic par notation visuelle, deux critères de positivité ont été testés :

- Pour chaque lot a été calculé un score lésionnel intitulé ADS (*Average Dermatitis Score*) et correspondant à la moyenne des notes attribuées visuellement aux animaux dans le lot. Le seuil de 0,5 est très souvent utilisé dans la littérature pour convenir d'un défaut de maîtrise de la gale dans les élevages [Davies *et al.*, 1994 ; Galuppi *et al.*, 2007]. Dans notre étude, nous avons considéré ce seuil sous réserve qu'après inférence au lot d'animaux, la borne inférieure de l'intervalle de confiance à 95 % soit strictement supérieure à 0,5 ;
- Un lot était considéré positif au diagnostic « Note2et3 » si la proportion d'animaux ayant été notés « 2 » ou « 3 » dans le lot était supérieure ou égale à 5 %.

4. ANALYSE STATISTIQUE

4.1 DESCRIPTION ET ANALYSES DESCRIPTIVES

Les résultats sérologiques et les notations visuelles ont été analysés au niveau individuel et pour chaque lot. L'analyse descriptive des résultats a été réalisée grâce au logiciel R software [R Development Core Team, 2008]. 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 individuelle (note « 0 » d'une part, et note « 2 ou 3 » d'autre part) et le statut sérologique de l'élevage.

4.2 ESTIMATION DE LA SENSIBILITÉ ET DE LA SPÉCIFICITÉ DES MÉTHODES DE NOTATION VISUELLE ET DU TEST SÉROLOGIQUE, SANS TEST DE RÉFÉRENCE

4.2.1 Description du modèle

La méthode décrite par Rose *et al.* [2010] a été appliquée pour estimer les caractéristiques des deux approches diagnostiques dans une même population sans test de référence. L'estimation est réalisée dans le cadre de l'évaluation de deux tests diagnostiques dans une population unique. Dans ce cadre, le nombre de paramètres à estimer est supérieur au nombre de degrés de libertés. C'est la raison pour laquelle une approche bayésienne a été réalisée. Les paramètres du modèle sont les deux sensibilités, les deux 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 sérologique et négatif au diagnostic visuel, y_{01} le nombre de lots négatifs au diagnostic sérologique et positifs au diagnostic visuel et y_{00} , le

nombre de lots trouvés négatifs avec les deux diagnostics.

$$\begin{aligned}
 y &\sim \text{multinomial}(n, (p_{11}, p_{10}, p_{01}, p_{00})), \\
 P_{11} &= P(D1, D2) \\
 &= \pi [Se1Se2] (1 - \pi) [(1 - Sp1) (1 - Sp2)] \\
 P_{10} &= P(D1, D2-) \\
 &= \pi [Se1 (1 - Se2)] (1 - \pi) [(1 - Sp1) Sp2] \\
 P_{01} &= P(D1-, D2) \\
 &= \pi [(1 - Se1) Se2] (1 - \pi) [Sp1 (1 - Sp2)] \\
 P_{00} &= P(D1-, D2-) \\
 &= \pi [(1 - Se1) (1 - Se2)] (1 - \pi) [Sp1Sp2]
 \end{aligned}$$

P étant la probabilité, π la prévalence réelle des lots positifs vis-à-vis de la gale, $Se1$ et $Sp1$ la sensibilité et la spécificité du diagnostic sérologique ($D1$), $Se2$ et $Sp2$ la sensibilité et spécificité du diagnostic visuel ($D2$).

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

4.2.2 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 (sensibilité, spécificité, 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 un taux de prévalence intra-troupeau estimé de 15 %. Pour les notations visuelles, l'absence de données sur la sensibilité et la spécificité de l'ADS nous a contraints à utiliser des priors très peu informatifs. Les données bibliographiques sur la spécificité des notes individuelles « 2 » ou « 3 » [Davies *et al.*, 1996] ont permis de déterminer des priors plus informatifs, alors que l'absence de données sur la sensibilité nous a poussés à être plus prudents et à utiliser des données faiblement informatives, voire non informatives. Pour la prévalence, les informations issues de la littérature sont anciennes et divergentes. Les données utilisées ici sont faiblement informatives, voire non informatives.

Les paramètres des lois bêta ont été définis en intégrant la valeur la plus probable ainsi que la valeur la plus basse (95 % de confiance) du caractère dans le calculateur Beta Buster disponible sur le site : <http://252s-epi.vet.unimelb.edu.au:3838/epi/beta.buster/>

4.2.3 Mise en œuvre du modèle

Les modèles ont été exécutés à l'aide du programme WinBUGS [Lunn *et al.*, 2009]. Les paramètres d'intérêt ont été estimés grâce aux résumés analytiques de 10 000 itérations de l'échantillonneur de Gibbs avec une phase de rodage de 1 000 itérations (non incluses dans les estimations). Trois chaînes parallèles ont été exécutées avec différentes valeurs de départ choisies au hasard parmi les distributions uniformes : (0,3 ; 1) pour la sensibilité du diagnostic sérologique, (0,5 ; 1) pour la sensibilité du diagnostic visuel, (0,7 ; 1) pour les spécificités des deux diagnostics et (0 ; 1) pour la prévalence.

4.2.4 Évaluation de la convergence

RStudio® Software (RStudio®, Inc.) a été utilisé

pour évaluer la convergence des MCMC (Monte-Carlo Markov Chain) obtenues. Les tracés successifs ont été examinés pour détecter un mélange lent. Les tests de Heidelberg [Heidelberg et Welch, 1983] et de Raftery et Lewis [Raftery et Lewis, 1992] ont été appliqués pour la convergence des chaînes simples. 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.

4.2.5 Analyse de sensibilité

Afin d'évaluer l'influence des priors sur les paramètres estimés du modèle, différentes options ont été utilisées avec différents niveaux informatifs des priors (tableau 1).

II - RÉSULTATS

1. NOTATIONS VISUELLES

Quatre-vingt-quatre élevages issus de 16 départements ont été inclus dans l'étude. Les lésions cutanées ont été évaluées pour 4 584 porcs, soit une moyenne de 55 porcs par lot, avec un minimum de 18 animaux par lot et un maximum de 60. Les tableaux 2 et 3 résument les répartitions des notes attribuées selon l'étendue des lésions cutanées observées. Quarante-trois élevages (51 %) étaient positifs au critère ADS (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 »).

2. ANALYSES SÉROLOGIQUES

Sur 837 prélèvements sanguins analysés, seuls 8 étaient séropositifs avec le test ELISA, 11 étaient douteux. Six lots présentaient au moins un résultat

positif. Quatorze élevages ont présenté au moins un résultat non négatif (positif ou douteux).

3. ASSOCIATION ENTRE NOTATION VISUELLE ET STATUT SÉROLOGIQUE

Parmi les six élevages positifs au diagnostic sérologique, seuls 2 étaient positifs aux diagnostics de notation visuelle, comme en témoignent les tableaux 4 et 5.

Le score lésionnel (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 ou 3 » et le statut sérologique de l'élevage (tableau 6).

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

Se = sensibilité ; Sp = spécificité

Tableau 2**Répartition des notes lésionnelles pour l'ensemble des animaux**

Note 0	Note 1	Note 2	Note 3
2 204	1 943	382	55
48,1 %	42,4 %	8,3 %	1,2 %

Tableau 3**Répartition des notes lésionnelles dans les élevages**

	Note 0	Note 1	Note 2	Note 3
Minimum	0,0 0,0 %	2,0 3,3 %	0,0 0,0 %	0,0 0,0 %
Moyenne	26,2 47,6 %	23,1 42,2 %	5,5 8,7 %	1,7 1,5 %
Médiane	26,5 44,5 %	25,5 47,4 %	2,0 3,3 %	0,0 0,0 %
Maximum	58,0 96,7 %	45,0 75,0 %	23,0 46,5 %	8,0 22,7 %

Tableau 4**Répartition des élevages en fonction du diagnostic sérologique et du diagnostic « ADS »**

		Diagnostic « ADS »	
		Négatif	Positif
Diagnostic sérologique	Négatif	37	41
	Positif	4	2

Tableau 5**Répartition des élevages en fonction du diagnostic sérologique et du diagnostic « Note2et3 »**

		Diagnostic « Note2et3 »	
		Négatif	Positif
Diagnostic sérologique	Négatif	40	38
	Positif	4	2

Tableau 6**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)

Variable expliquée	OR	IC95	p value
Note individuelle 0 ¹	1,50	[0,51 ; 4,41]	0,46
Note individuelle 2 ou 3 ²	2,05	[0,62 ; 6,73]	0,24

¹ Association entre la notation visuelle individuelle 0 et le classement sérologique Positif (= variable d'exposition) de l'élevage dont est issu le porc charcutier noté² Association entre la notation visuelle individuelle 2 ou 3 et le classement sérologique Positif (= variable d'exposition) de l'élevage dont est issu le porc charcutier noté

4. ESTIMATION BAYÉSIENNE DE LA SENSIBILITÉ ET DE LA SPÉCIFICITÉ DES TESTS DIAGNOSTIQUES

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

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 « Note2et3 ».

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. Dans l'option C, en raison de la plus grande incertitude liée aux priors non informatifs, les intervalles de crédibilité sont très étendus pour tous les critères, exceptée la spécificité du test ELISA. L'ensemble des caractéristiques des distributions *a posteriori* sont reprises dans le tableau 7, la figure 2 représentant les distributions des paramètres d'intérêt (sensibilité et spécificité) pour l'option utilisant des priors moyennement informatifs (option A).

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.

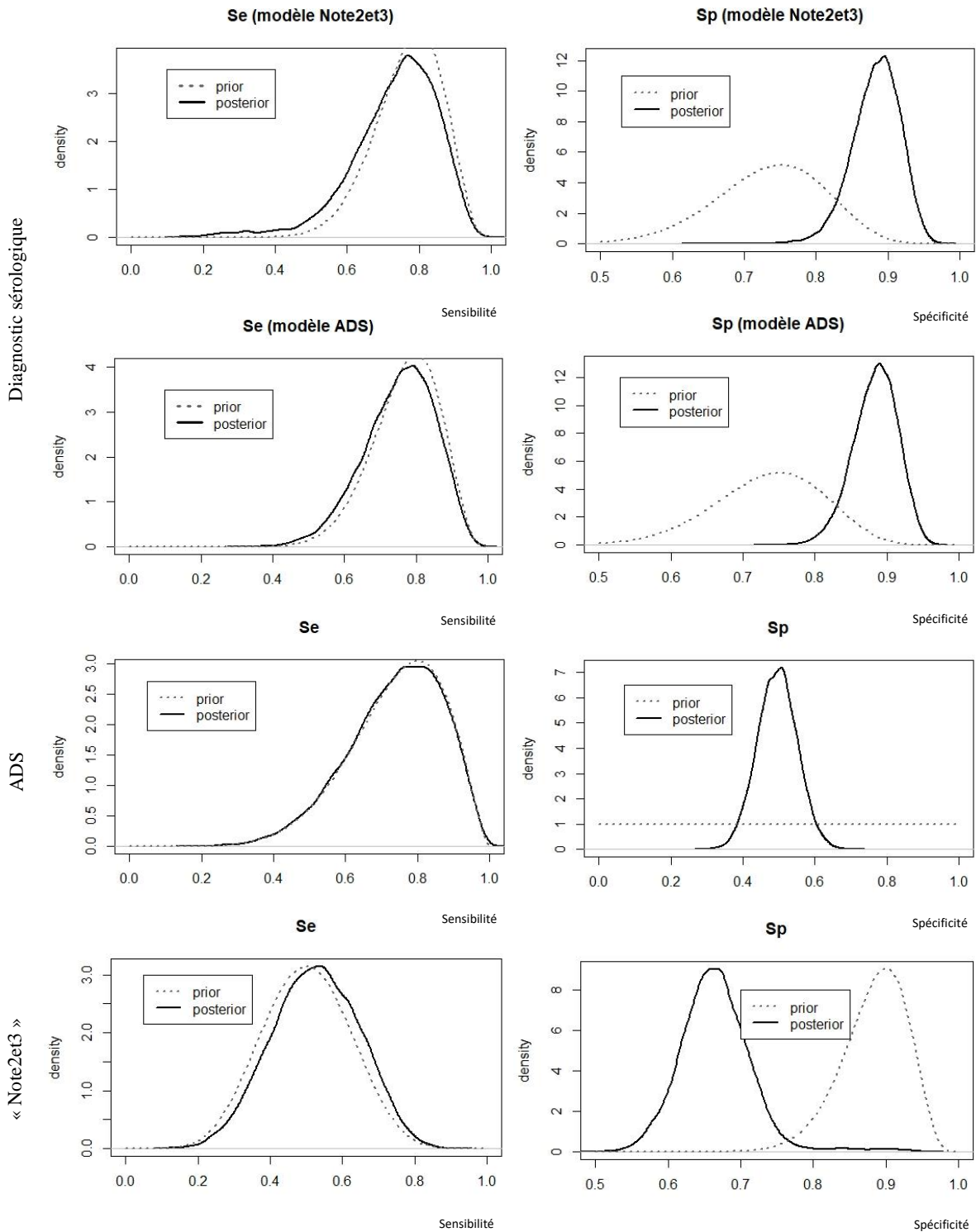
Tableau 7

Caractéristiques des distributions *a posteriori* en fonction du niveau informatif des distributions *a priori*

	Modèle Diagnostic sérologique - ADS					Modèle Diagnostic sérologique - « Note2et3 »				
	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 Diag séro	0,754	0,538	0,763	0,916	Se Diag séro	0,733	0,429	0,751	0,912
	Sp Diag séro	0,884	0,817	0,886	0,938	Sp Diag séro	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 Diag séro	0,733	0,507	0,743	0,909	Se Diag séro	0,699	0,389	0,716	0,903
	Sp Diag séro	0,889	0,823	0,891	0,943	Sp Diag séro	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 peu informatifs	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 Diag séro	0,215	0,008	0,118	0,888	Se Diag séro	0,136	0,006	0,089	0,695
	Sp Diag séro	0,873	0,591	0,900	0,972	Sp Diag séro	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

Figure 2

Distributions *a priori* et *a posteriori* de la sensibilité (Se) et de la spécificité (Sp) du diagnostic sérologique et des critères de positivité de notation visuelle



Se = sensibilité

Sp = spécificité

a) et b) : Modèle Sérologie + notation ADS

c) et d) : Modèle Sérologie + notation « Note2et3 »

III - DISCUSSION

Dans notre étude, 51,9 % des animaux observés présentaient des lésions. C'est à la fois comparable à ce que Gualandi *et al.* [1994] ont observé sur 1 015 porcs en Italie et beaucoup moins que dans plusieurs études espagnoles datant de 1996 et 1998 où respectivement 80,9 % [Gutiérrez *et al.*, 1996] et 92,8 % [Alonso de Vega *et al.*, 1998] des animaux présentaient des lésions cutanées.

Le score lésionnel (ADS) est en moyenne de 0,64. Ce résultat est très proche de celui obtenu par Gualandi *et al.* [1994]. Dans une autre étude italienne, 81,2 % des lots contrôlés avaient obtenu un ADS supérieur à 0,5 [Galuppi *et al.*, 2007], contre 51 % 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 ou 3 »), la spécificité étant décrite comme excellente pour ce type de

lésions [Davies *et al.*, 1996]. Le tableau 8 reprend la répartition des notes de deux études antérieures. On observe 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.

Seuls huit prélèvements sur 837 étaient 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 dans notre étude. La spécificité est estimée à 97 % par le fabricant. Avec ce niveau de spécificité la probabilité d'obtenir moins de huit animaux positifs sur 837 échantillons est quasiment nulle ($<6.10^{-5}$). Ces résultats semblent remettre en cause les valeurs de spécificité fournies par le laboratoire.

Tableau 8

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

	Nombre d'animaux	Note 0 (%)	Note 1 (%)	Note 2 (%)	Note 3 (%)
Étude	4 584	48,1	42,4	8,3	1,2
Italie ¹	1 015	49,3	33,3	15,7	1,7
Espagne ²	1 318	7,2	58,3	32,3	2,2

¹ [Gualandi *et al.*, 1994]

² [Alonso de Vega *et al.*, 1998]

Six lots (7 %) présentaient un ou plusieurs résultats positifs. 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.

L'absence d'association dans notre étude entre les notations visuelles et les résultats sérologiques est en partie explicable par le faible nombre d'élevages positifs au diagnostic sérologique. Elle est toutefois

étonnante au regard des constatations 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 avaient remis en cause ce lien [Gutiérrez *et al.*, 1996 ; Alonso de Vega *et al.*, 1998]. À 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] avaient observé 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 à des enzymes histiocytaires sécrétées par les sarcoptes, à leurs excréments et à leurs œufs [Brewer et Greve, 2019]. On pourrait imaginer que des animaux hypersensibles puissent développer des lésions alors qu'ils sont en contact avec un très petit nombre de sarcoptes et donc développer une dermatite sans séroconversion. La sérologie et la notation visuelle à l'abattoir mesureraient alors deux paramètres différents : l'infestation par un grand nombre de sarcoptes (sérologie), d'une part, et une réaction allergique (notation visuelle), d'autre part.

Le délai de séroconversion à la suite d'une infestation par *Sarcoptes scabiei* est estimé à cinq 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 pouvoir détecter de 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 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 le diagnostic sérologique. Le taux de prévalence limite (TPL) dans le lot est d'environ 30 % dans ce 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, nos différences de tailles d'échantillons ont pu être à l'origine de discordances dans les résultats. D'autant que la contagiosité du parasite durant la phase d'engraissement est faible : un porc charcutier infesté contamine en moyenne 0,06 congénère par jour [Stegeman *et al.*, 2000].

On ne peut bien entendu pas exclure l'hypothèse que les lésions observées à l'abattoir ne soient pas exclusivement dues à *Sarcoptes scabiei*, notamment au regard des estimations de spécificité des diagnostics par notation visuelle (de 0,5 [0,39 ; 0,6]_{95 %} à 0,67 [0,58 ; 0,77]_{95 %}). D'autres ectoparasites seraient susceptibles de causer le même type d'hypersensibilité. Des piqûres d'insectes pourraient ainsi être à l'origine de ces lésions [Greve et Davies, 2012 ; Brewer et Greve, 2019]. Cette dernière hypothèse reste toutefois assez peu probable au

regard de la saison (hiver) et du nombre d'animaux concernés.

L'estimation étant réalisée dans le cadre de l'évaluation de deux tests diagnostiques dans une population unique, le nombre de paramètres à estimer est supérieur au nombre de degrés de liberté et impose l'utilisation de priors informatifs dans notre approche bayésienne. Une expérimentation similaire dans une population différente ou à l'aide d'un troisième test diagnostique permettrait d'utiliser des priors potentiellement moins informatifs.

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 obtenir au moins un résultat positif sur 10 prélèvements lorsqu'un élevage est infesté à un taux de prévalence limite de 30 % au risque d'erreur par défaut de 5 %. L'augmentation du nombre de prélèvements par lot aurait probablement, en fonction de la prévalence, amélioré cette sensibilité, au détriment de la spécificité « troupeau » qui est ici estimée à 0,88 [0,81 ; 0,94]_{95 %}. À partir de ce résultat, on peut calculer une spécificité individuelle du test et proposer 0,987 [0,979 ; 0,994]_{95 %}. Cette valeur est nettement au-dessus des 97 % avancés par le laboratoire ayant fourni le test.

La sensibilité de l'ADS est meilleure que celle de « Note2et3 » mais reste 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 ». Le seuil de 5 % de notes 2 et 3 dans le lot a été choisi au regard des données bibliographiques, la spécificité de ces lésions vis-à-vis de la gale étant généralement estimée à 98 % [Davies *et al.*, 1996 ; Cargill *et al.*, 1997]. Mais en diminuant ces seuils, nous aurions dégradé les niveaux de spécificité qui sont déjà faibles, 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 nettement inférieurs à ce que nous attendions (figure 2). Différentes publications laissaient espérer une spécificité bien meilleure [Davies *et al.*, 1991 ; Davies *et al.*, 1996 ; Cargill *et al.*, 1997]. 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, avec un

taux d'élevages séropositifs de 84 % [74 % ; 94 %]_{95 %} [Delsart, 1999]. Notons toutefois que dans l'étude de Delsart [1999], les sérologies ont été réalisées à l'aide d'un autre test sérologique ELISA (CHECKIT® *Sarcoptes*) et sur sérums de truies, alors qu'ils ont été faits sur sérums de porcs charcutiers dans notre étude. Enfin, depuis 1999, les pratiques d'élevage ont beaucoup évolué, notamment la généralisation de la conduite en groupe des truies gestantes, ayant potentiellement entraîné des modifications dans les programmes de déparasitages au sein des élevages.

IV - 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 dans cette étude 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). La sérologie pourrait être un outil intéressant pour ce type d'étude, à la condition d'augmenter le nombre de prélèvements par élevage.

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.

Alonso De Vega F., Mendez De Vigo J., Ortiz Sanchez J. *et al.* - Evaluation of the prevalence of sarcoptic mange in slaughtered fattening pigs in southeastern Spain. *Veterinary Parasitology*, 1998, **76**(3), 203-209.

Bornstein S., Wallgren P. - Serodiagnosis of sarcoptic mange in pigs. *Vet. Rec.*, 1997, **141**(1), 8-12.

Brewer M.T., Greve J.H. - External Parasites. In *Diseases of swine*, 11th ed. J.J. Zimmerman, L.A. Karriker, A. Ramirez, K.J. Schwartz, G.W. Stevenson, J. Zhang, 2019, pp 1005-1009.

Brooks S.P., Gelman A. - General Methods for Monitoring Convergence of Iterative Simulations. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 1998, **7**(4), 434-455.

Cargill C.F., Pointon A.M., Davies P.R., Garcia R. - Using slaughter inspections to evaluate sarcoptic mange infestation of finishing swine. *Vet. Parasitol.*, 1997, **70**(1-3), 191-200.

Cargill C.F., Dobson K.J. - Experimental sarcoptes scabiei infestation in pigs: (2) Effects on production. *Vet. Rec.*, 1979, **104**(2), 33-36.

Chosidow O., Fuller L.C. - Scratching the itch: is scabies a truly neglected disease? *The Lancet Infectious Diseases*, 2017, **17**(12), 1220-1221.

Damriyasa I.M., Failing K., Volmer R., Zahner H., Bauer C. - Prevalence, risk factors and economic importance of infestations with *Sarcoptes scabiei* and *Haematopinus suis* in sows of pig breeding farms in Hesse, Germany. *Medical and Veterinary Entomology*, 2004, **18**(4), 361-367.

Davies P.R., Moore M.J., Pointon A.M. - Sarcoptic mite hypersensitivity and skin lesions in slaughtered pigs. *Vet. Rec.*, 1991, **128**(22), 516-518.

- Davies P.R., Bhanson P., Grass J., Marsh W., Dial G. - Dermatitis lesions at slaughter predict herd infestation with *Sarcoptes scabiei*. In Proceedings of the 13th Conference of the International Pig Veterinary Society, Bangkok, 1994, pp 247.
- Davies P.R., Bahnson P.B., Grass J.J. *et al.* - Evaluation of the monitoring of papular dermatitis lesions in slaughtered swine to assess sarcoptic mite infestation. *Veterinary Parasitology*, 1996, **62**(1), 143-153.
- Delsart M. - Estimation of the prevalence of sarcoptic mange in swine in France. Thèse pour le Doctorat Vétérinaire, Alfort, 1999.
- Delsart M., Arné P., Guillot J. - La gale sarcoptique chez le porc : une parasitose toujours d'actualité ? *Bull. GTV*, 2018, **92**, 93-98.
- Galuppi R., Avenoso A.M., Leotti G. *et al.* - Diagnosis of Sarcoptic Mange in Slaughtered Swine. *Vet. Res. Commun.*, 2007, **31**(1), 233-236.
- Garcia R., Piche C., Davies P., Gross S. - 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, 1994, Bangkok.
- Greve J.H., Davies P. - 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., 1992, pp 885-889.
- Gualandi G., Boni P., Varisco G. *et al.* - 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, 1994, pp 246.
- Gutiérrez J.F., Méndez De Vigo J., Castellá J., Muñoz E., Ferrer D. - Prevalence of sarcoptic mange in fattening pigs sacrificed in a slaughterhouse of northeastern Spain. *Vet. Parasitol.*, 1996, **61**(1-2), 145-149.
- Haas C., Origi F.C., Akdesir E. *et al.* - First detection of sarcoptic mange in free-ranging wild boar (*Sus scrofa*) in Switzerland. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.*, 2015, **157**(5), 269-275.
- Heidelberger P., Welch P.D. - Simulation Run Length Control in the Presence of an Initial Transient. *Operations Research*, 1983, **31**(6), 1109-1144.
- Hollanders W., Vercruysse J. - Sarcoptic mite hypersensitivity: a cause of dermatitis in fattening pigs at slaughter. *Vet. Rec.*, 1990, **126**(13), 308-310.
- Kessler E., Matthes H.-F., Schein E., Wendt M. - 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. *Veterinary Parasitology*, 2003, **114**(1), 63-73.
- Laha R. - Sarcoptic mange infestation in pigs: an overview. *J. Parasit. Dis.*, 2015, **39**(4), 596-603.
- Lunn D., Spiegelhalter D., Thomas A., Best N. - The BUGS project: Evolution, critique and future directions. *Stat. Med.*, 2009, **28**(25), 3049-3067.
- Maioli G., Scollo A., Leotti G. *et al.* - Large-scaled sarcoptic mange survey in slaughtered pigs in Northern Italy using a simplified and cost-effective monitoring technique. In 24th IPVS congress/8th ESPHM Dublin, Ireland, 2016.
- Mercier P., Cargill C.F., White C.R. - Preventing transmission of sarcoptic mange from sows to their offspring by injection of ivermectin: Effects on swine production. *Veterinary Parasitology*, 2002, **110**(1), 25-33.
- Mounsey K., Ho M.F., Kelly A. *et al.* - A Tractable Experimental Model for Study of Human and Animal Scabies. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 2010, **4**(7), e756.
- Neumann E., Hall W., Stevenson M., Morris R., Ling Min Than J. - Descriptive and temporal analysis of post-mortem lesions recorded in slaughtered pigs in New Zealand from 2000 to 2010. *N. Z. Vet. J.*, 2014, **62**(3), 110-116.
- Pointon A.M., Davies P.R., Bahnson P.B. - Disease Surveillance at Slaughter. In Disease of swine 8th Edition. Edited by B.E. Straw, S. D'allaire, W.L. Mengeling, D.J. Taylor, 1999, pp 1111-1132.
- R Development Core Team - R: A Language and Environment for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2008.
- Raftery A.E., Lewis S.M. - Comment: One Long Run with Diagnostics: Implementation Strategies for Markov Chain Monte Carlo. *Statistical Science*, 1992, **7**(4), 493-497.

Rose N., Boutrouille A., Fablet C. *et al.* - 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. *Journal of Virological Methods*, 2010, **163**(2), 329-335.

Stegeman J.A., Rambags P.G.M., Van Der Heiden H.M.J.F., Elbers A.R.W., Hunneman W.A. - Experimental quantification of the transmission

of *Sarcoptes scabiei* var. *suis* among finishing pigs. *Veterinary Parasitology*, 2000, **93**(1), 57-67.

Zimmermann W., Kircher P. - Continuous serologic study and sanitation inspection of *Sarcoptes scabiei* var. *suis* infection: preliminary results. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.*, 1998, **140**(12), 513-517.

