



HAL
open science

Impact sur la qualité de la viande de la suspension immunologique temporaire de la fonction ovarienne des cochettes en croissance

Killian Conreur

► **To cite this version:**

Killian Conreur. Impact sur la qualité de la viande de la suspension immunologique temporaire de la fonction ovarienne des cochettes en croissance. Médecine vétérinaire et santé animale. 2023. dumas-04303565

HAL Id: dumas-04303565

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04303565v1>

Submitted on 23 Nov 2023

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

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

Copyright

Année 2023

**IMPACT SUR LA QUALITÉ DE LA VIANDE D'UNE
IMMUNOSUPPRESSION TEMPORAIRE DE LA FONCTION
OVARIENNE CHEZ LES COCHETTES EN CROISSANCE**

THÈSE

Pour obtenir le diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRAIRE

Présentée et soutenue publiquement devant

la Faculté de Médecine de Créteil (UPEC)

le 24 octobre 2023

Par

Killian, Robert, Louis CONREUR

Sous la direction de

Maxime DELSART

JURY

Président du jury :	M. Michel FEDERIGHI	Professeur à l'EnvA
Directeur de thèse :	M. Maxime DELSART	Maître de Conférences à l'EnvA
Examineur :	M. Pascal ARNÉ	Maître de Conférences à l'EnvA

Liste des enseignants intervenant dans l'encadrement des thèses de Doctorat vétérinaire



Version juillet 2023

Liste des Professeurs et Maîtres de conférences titulaires de l'HDR

M	Ajjou	Karim	Professeur	DPASP
M	Audiglé	Fabrice	Professeur	DEPEC
M	Bellier	Sylvain	Professeur	DSBP
M	Blaga	Radu	Professeur	DSBP
M	Blot	Stéphane	Professeur	DEPEC
M	Boulouis	Henri-Jean	Professeur émérite	DSBP
Mme	Chahory	Sabine	Professeur	DEPEC
M	Chateau	Henry	Professeur	DSBP
Mme	Chelboul	Valerie	Professeur	DEPEC
Mme	Crevier-Denoix	Nathalie	Professeur	DSBP
M	Degueurce	Christophe	Professeur	DSBP
M	Denoix	Jean-Marie	Professeur	DEPEC
M	Desquilbet	Loïc	Professeur	DSBP
Mme	Dufour	Barbara	Professeur émérite	DPASP
M	Eloit	Marc	Professeur	DSBP
M	Fayolle	Pascal	Professeur émérite	DEPEC
M	Federighi	Michel	Professeur	DPASP
M	Fontbonne	Alain	Professeur	DEPEC
Mme	Gilbert	Caroline	Professeur	DSBP
M	Grandjean	Dominique	Professeur	DEPEC
Mme	Grimard-Ballif	Bénédicte	Professeur	DPASP
Mme	Haddad-Hoang Xuan	Nadia	Professeur	DPASP
M	Jouvion	Gregory	Professeur	DSBP
M	Kohlhauer	Matthias	Professeur	DSBP
Mme	Le Poder	Sophie	Professeur	DSBP
Mme	Le Roux	Delphine	Maître de conférences HDR	DSBP
M	Manassero	Mathieu	Professeur	DEPEC
Mme	Maurey-Guénéec	Christelle	Professeur	DEPEC
M	Millemann	Yves	Professeur	DPASP
Mme	Pilot-Storck	Fanny	Professeur	DSBP
M	Ponter	Andrew	Professeur	DPASP
Mme	Risco-Castillo	Véronica	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Rivière	Julie	Maître de conférences HDR	DPASP
Mme	Robert	Céline	Professeur	DSBP
M	Tiret	Laurent	Professeur	DSBP
M	Tissier	Renaud	Professeur	DSBP
M	Verwaerde	Patrick	Professeur	DEPEC
Mme	Viateau	Véronique	Professeur	DEPEC

Liste des Maîtres de conférences et Ingénieurs de recherche DMV

M	Arné	Pascal	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barassin	Isabelle	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barbarino	Alix	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Benckekroun	Ghita	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Bertoni	Lelia	Maître de conférences	DEPEC
M	Bolnot	Francois	Maître de conférences	DPASP
Mme	Canonne-Guibert	Morgane	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Chevallier	Lucie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Cochet-Faivre	Noëlle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Cordonnier-Lefort	Nathalie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Coudry	Virginie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Crepeaux	Guillemette	Maître de conférences	DSBP
M	Crozet	Guillaume	Maître de conférences	DPASP
Mme	De Paula Reis	Alline	Maître de conférences	DPASP
M	Delsart	Maxime	Maître de conférences	DPASP
Mme	Denis	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Deshuillers	Pierre	Maître de conférences	DSBP
M	Gauthier	Michel	Maître de conférences associé	DPASP
Mme	Guérin	Virginie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Guélin-Poirier	Valentine	Maître de conférences	DPASP
Mme	Jacquet	Sandrine	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Kurtz	Maxime	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Lagrée	Anne-Claire	Maître de conférences	DSBP
Mme	Le Dudal	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DSBP
Mme	Legrand	Chantal	Maître de conférences associé	DSBP
M	Mammeri	Mohamed	Maître de conférences	DSBP
Mme	Manguin	Estelle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Marignac	Genevieve	Maître de conférences	DSBP
Mme	Marotto	Stéphanie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Maurice	Emeline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Mespoules-Rivière	Céline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Mtimet	Narjès	Maître de conférences	DPASP
M	Mortier	Jérémy	Maître de conférences associé	DEPEC
M	Nudelmann	Nicolas	Maître de conférences	DEPEC
M	Pignon	Charly	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Polack	Bruno	Maître de conférences	DSBP
Mme	Quéré	Émilie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Ravary-Plumioën	Bérangère	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Reyes-Gomez	Edouard	Maître de conférences	DSBP
Mme	Rose	Hélène	Maître de conférences associé	DSBP
M	Tanquerel	Ludovic	Maître de conférences	DEPEC

Remerciements

À Monsieur Michel Federighi président du Jury de cette thèse, Professeur à l'EnvA, je vous remercie d'avoir accepté de présider le jury de cette thèse.

À Monsieur Pascal Arné, maître de conférences à l'EnvA examinateur de cette thèse, merci pour vos cours durant mes années d'étude et d'avoir accepté d'être l'examineur de cette thèse.

À Monsieur Maxime Delsart, maître de conférences à l'EnvA, directeur de cette thèse et mon enseignant tuteur depuis 5 ans, merci pour tout. Je n'aurais rêvé meilleur tuteur et directeur de thèse, vous m'avez inspiré dans vos cours, au point de réaliser cette thèse. Votre rapidité de réponse, gentillesse, minutie et patience resteront gravés dans ma mémoire

À Monsieur Manuel Cela, vétérinaire de la filière Kintoa qui a vacciné les animaux de l'étude, merci de m'avoir fait découvrir la filière ainsi que ton quotidien, cela a été très instructif pour moi et continuera de m'inspirer dans ma future pratique.

À l'ensemble des membres de la filière Kintoa (Jean-Pierre Urvoy, Xabina Iopepe, Aurélie Rivière, etc) et de la société Pierre OTEIZA (François Piveteau, Frantxo OTEIZA et tous ceux qui ont réalisés les découpes et relevés), merci pour l'accueil chaleureux et sincère au sein de vos élevages. Cela a été un plaisir de travailler avec chacun de vous et de vous rencontrer. Sans vous cette thèse ne serait pas ce qu'elle est.

Table des matières

Liste des figures	5
Liste des tableaux	9
Liste des abréviations	11
Introduction	13
Première partie : bibliographie	15
1. Présentation de la filière porcine et de la filière Kintoa	15
1.1. Généralités.....	15
1.1.1. La production de porcs.....	15
1.1.1.1. À l'échelle mondiale.....	15
1.1.1.2. À l'échelle européenne	15
1.1.1.3. La filière porcine en France	15
1.1.2. Organisation d'un élevage.....	16
1.1.2.1. Les différents types d'élevage	16
1.1.2.2. La conduite en bandes	16
1.1.2.3. La vie d'un porcelet, de la naissance à l'abattoir.....	16
1.2. La filière Kintoa, une filière plein air.....	18
1.2.1. Histoire de la filière.....	18
1.2.1.1. La race pie noir.....	18
1.2.1.2. Les origines de la filière	20
1.2.2. Le rôle de la filière.....	20
1.2.2.1. Les actions de la filière	20
1.2.2.2. L'Appellation d'Origine Contrôlée et Protégée	21
1.2.2.3. Le cahier des charges	21
1.2.3. La filière Kintoa en 2022.....	23
1.2.3.1. Acteurs	23
1.2.3.2. La société Pierre OTEIZA.....	23
1.2.3.3. Les enjeux de la filière	23
1.3. Les enjeux du plein air	23
1.3.1. Réglementations	23
1.3.2. La loi Santé Animale	24
1.3.3. Les pestes porcines, des maladies hautement surveillées	25
1.3.3.1. Etiologie.....	25
1.3.3.2. Symptômes et transmission.....	25
1.3.3.3. Moyens de lutte	25
1.3.3.3.1. En absence de foyer	25
1.3.3.3.2. En présence de foyer	26
1.3.4. Particularités liées à l'élevage plein air.....	27
1.3.4.1. La faune sauvage, vectrice de maladie.....	27
1.3.4.2. Une biosécurité renforcée.....	27
1.3.4.3. Application à la filière Kintoa.....	28
2. La vaccination, une alternative à la stérilisation chirurgicale.....	29
2.1. La fonction de reproduction chez la truie.....	29
2.1.1. <i>Sus scrofa domesticus</i>	29
2.1.2. Le cycle de la truie	29

2.1.2.1.	Présentation des hormones impliquées	29
2.1.2.2.	Déroulé d'un cycle	30
2.1.2.2.1.	La phase lutéale.....	30
2.1.2.2.2.	La phase folliculaire	30
2.1.2.3.	Modifications durant l'œstrus	31
2.1.2.4.	Les solutions de contrôle	32
2.2.	Le vaccin Improvac®.....	33
2.2.1.	La lutte contre les odeurs de la viande de verrat	33
2.2.1.1.	L'androsténone.....	33
2.2.1.2.	Le scatol.....	33
2.2.2.	La suppression de la fonction sexuelle.....	33
2.3.	Principe de la vaccination.....	34
2.3.1.	Rappel historique	34
2.3.2.	Mise en place de la mémoire immunitaire	34
2.3.2.1.	Les deux types de réponses immunitaires.....	34
2.3.2.1.1.	La réponse immunitaire innée	34
2.3.2.1.2.	La réponse immunitaire acquise.....	34
2.3.2.2.	Mise en place de la mémoire immunitaire.....	35
2.3.3.	Protocoles vaccinaux de l'Improvac®.....	35
3.	Qualité de la viande.....	36
3.1.	L'abattoir et les premières découpes.....	36
3.1.1.	Présentation d'un abattoir	36
3.1.2.	Les différentes étapes d'abattage	36
3.1.2.1.	L'examen ante-mortem.....	36
3.1.2.2.	L'amenée et l'étourdissement.....	37
3.1.2.3.	La mise à mort.....	37
3.1.2.4.	L'échaudage, l'épilage et le flambage.....	37
3.1.2.5.	Le déshabillage, l'éviscération et la finition	37
3.2.	Composition de la carcasse	37
3.2.1.	Quartiers avant et quartiers arrières.....	40
3.2.2.	Le cinquième quartier.....	40
3.3.	Qualité de la viande	41
3.3.1.	Critères de qualité	41
3.3.2.	Le TMP	41
3.3.2.1.	Définition	41
3.3.2.2.	Méthodes de mesure	42
3.3.3.	La couleur de la viande	43
3.3.4.	Le persillé.....	44
3.3.5.	La couleur du gras	44
3.3.6.	L'exsudation.....	44
4.	Conclusion	45
Deuxième partie : étude expérimentale.....		47
Introduction et objectif.....		47
1. Matériel et méthodes.....		47
1.1 Organisation générale du relevé des données.....		47
1.1.1	Sélection des élevages et des animaux	47
1.1.2	Réalisation des mesures	48
1.1.3	Suivi des animaux	48

1.2	Liste et méthodes de relevé des données étudiées	48
1.2.1	Les données d'abattoir	48
1.2.1.1	Le numéro de tuerie.....	48
1.2.1.2	Le poids carcasse.....	49
1.2.1.3	Le TMP.....	49
1.2.2	Les données issues de la première découpe	49
1.2.2.1	Le poids du jambon	49
1.2.2.2	L'épaisseur du gras du jambon.....	49
1.2.2.3	La couleur du muscle et du gras du jambon	49
1.2.2.4	La température du jambon.....	50
1.2.2.5	Le pH du jambon	50
1.2.3	Les données relevées durant la deuxième découpe.....	50
1.2.3.1	Le poids de la longe	50
1.2.3.2	La couleur du muscle et du gras de la longe.....	50
1.2.3.3	Le persillage	51
1.2.3.4	Exsudation.....	51
1.3	Analyses statistiques	52
1.3.1	Outil utilisé	52
1.3.2	Méthodes utilisées	52
2	Résultats de l'étude.....	54
2.1	Données brutes recueillies et tests statistiques.....	54
2.1.1	Le poids de la carcasse.....	54
2.1.2	Le TMP	57
2.1.3	Le poids du jambon.....	59
2.1.4	L'épaisseur du gras du jambon	61
2.1.5	La couleur du muscle et du gras du jambon	63
2.1.6	La température du jambon	64
2.1.7	Le pH du jambon.....	67
2.1.8	Le poids de la côte de la longe.....	69
2.1.9	La couleur du muscle et du gras de la longe	71
2.1.10	Le persillage.....	74
2.1.11	L'exsudation.....	77
2.2	Prise en compte de l'élevage d'origine.....	80
2.2.1	Le poids de carcasse	80
2.2.2	Le TMP	80
2.2.3	Le poids du jambon.....	81
2.2.4	L'épaisseur du gras du jambon	82
2.2.5	La couleur du muscle et du gras du jambon	82
2.2.6	Couleur du muscle et du gras de la longe	83
2.2.7	Persillage de la longe	84
2.2.8	L'exsudation.....	84
3	Discussion.....	88
3.1	Difficultés rencontrées	88
3.1.1	Contexte de la thèse	88
3.1.2	Premières difficultés rencontrées	88
3.2	Difficultés de mise en place de l'étude.....	88
3.2.1	Difficultés pratiques rencontrées durant les relevés	89
3.2.2	Difficultés dans la transmission d'information et problèmes de relevés	89

3.3	Analyse des résultats obtenus	90
3.3.1	Le poids de la carcasse.....	90
3.3.2	Le TMP	90
3.3.3	Le poids du jambon.....	91
3.3.4	La couleur du muscle et du gras du jambon	91
3.3.5	L'épaisseur du gras du jambon	91
3.3.6	La température et le pH du jambon	92
3.3.7	Le poids de la côte de longe.....	92
3.3.8	La couleur du muscle et du gras de la longe	92
3.3.9	Le persillage.....	92
3.3.10	L'exsudation.....	93
3.4	Piste d'améliorations.....	93
	Conclusion.....	95
	Liste des références bibliographiques	97

Liste des figures

Figure 1- Le porc pie noir du Pays basque (crédit Photo : Killian CONREUR).....	18
Figure 2- Évolution de l'effectif du cheptel de porcs basques (source filière Kintoa).	19
Figure 3- Caractéristiques du porc basque (source filière Kintoa).....	19
Figure 4- Historique de la filière Kintoa (source Filière Kintoa).	20
Figure 5- Logo AOP et AOC (source : INAO).	21
Figure 6- Aire de répartition de l'AOP Kintoa (source : ministère de l'Agriculture).....	22
Figure 7- La loi Santé Animale (LSA) (ministère de l'Agriculture et de la souveraineté Alimentaire).	24
Figure 8- Zonages en cas de déclaration de foyer de peste porcine. (Réalisation personnelle).....	26
Figure 9- Chronologie lors de déclaration d'un foyer de peste porcine.	27
Figure 10- Déroulé du cycle de la truie (Boulot <i>et al.</i> , 2014).	30
Figure 11- Le cycle sexuel de la truie (Constant <i>et al.</i> , 2022).	31
Figure 12- Schéma des interactions hormonales au niveau de l'axe hypothalamo-hypophysaire et de l'utérus durant le cycle sexuel de la truie (Martinat-Botte <i>et al.</i> , 2018).	32
Figure 13- Plan de l'abattoir de ST-Jean-Pied-de-Port (crédit Photo : Killian Conreur).	36
Figure 14- Composition de la carcasse, vue intérieure (Commission économique des Nations Unies pour l'Europe, 2006).....	38
Figure 15- Composition de la carcasse, vue extérieure (Commission économique des Nations Unies pour l'Europe, 2006).....	39
Figure 16- Photo d'un quartier avant (Commission économique des Nations Unies pour l'Europe, 2006).....	40
Figure 17- Photo d'un quartier arrière (Commission économique des Nations Unies pour l'Europe, 2006).....	40
Figure 18- Réglette TMP fournie par FranceAgriMer (Daumas, 2007).....	42
Figure 19- Localisation des sites de mesure du TMP (FranceAgriMer).....	43
Figure 20- Mesure de la valeur G (FranceAgriMer).	43
Figure 21- Mesure de la valeur M (FranceAgriMer).	43
Figure 22- Échelle japonaise de référence de couleur de porc appartenant à la filière (Killian Conreur).....	44
Figure 23- Échelle de référence du persillage d'une viande de porc (NPPC, 1999).....	44

Figure 24- Échelle canadienne de la couleur du gras (Canada Pork International).....	44
Figure 25- Mesure de l'épaisseur du gras du jambon (source Patrick Chevillon, IFIP).....	49
Figure 26- Nuancier de l'échelle canadienne de couleur du gras.....	50
Figure 27- Nuancier utilisé pour le persillage.....	51
Figure 28- Côtes de longe au moment de la mise au repos.....	52
Figure 29- Comparaison des poids des carcasses (kg) selon l'élevage et le statut des animaux...55	
Figure 30- Comparaison des poids moyens de carcasse (kg) selon le statut des animaux.....	56
Figure 31- TMP moyen selon l'élevage et le statut des animaux.	58
Figure 32- Valeur du TMP selon le statut des animaux.....	58
Figure 33- Poids du jambon (kg) selon l'élevage et le statut des animaux.....	60
Figure 34- Poids du jambon (kg) selon le statut des animaux.....	60
Figure 35- Épaisseur du gras du jambon selon l'élevage et le statut des animaux.	62
Figure 36- Épaisseur du gras du jambon selon le statut des animaux.	62
Figure 37- Couleur du gras de jambon selon l'élevage et le statut des animaux.....	64
Figure 38- Température du jambon (°C) selon l'élevage et le statut des animaux.	66
Figure 39- Température du jambon (°C) selon le statut des animaux.	66
Figure 40- pH selon l'élevage et le statut des animaux.....	68
Figure 41- pH selon le statut des animaux.....	68
Figure 42- Poids de la côte de longe selon l'élevage et le statut des animaux.....	70
Figure 43- Poids de la côte de longe selon le statut des animaux.	70
Figure 44- Couleur de la longe selon l'élevage et le statut des animaux.....	72
Figure 45- Couleur de la longe selon le statut des animaux.	72
Figure 46- Couleur du gras de la longe selon l'élevage et le statut des animaux.....	74
Figure 47- Persillage selon l'élevage et le statut des animaux.....	76
Figure 48- Persillage selon le statut des animaux.....	76
Figure 49- Exsudation (g) selon l'élevage et le statut des animaux.	78
Figure 50- Exsudation (g) selon le statut des animaux.	78
Figure 51- Distribution des valeurs pour le poids de la carcasse (en kg).	80
Figure 52- Distribution des valeurs du TMP.....	81

Figure 53- Distribution des valeurs du poids du jambon (en g).	81
Figure 54- Distribution des valeurs de l'épaisseur du gras du jambon (en mm).	82
Figure 55- Distribution des valeurs de la couleur du muscle de la longe.....	83
Figure 56- Distribution des valeurs de la couleur du gras de la longe.	83
Figure 57 Distribution des valeurs du persillage de la longe.	84
Figure 58 - Distribution des valeurs de l'exsudation (en g).	85

Liste des tableaux

Tableau 1- Les différentes hormones impliquées dans le cycle sexuel de la truie.	29
Tableau 2- Classification EUROP de la qualité des carcasses de porc (Conseil de l'Europe, 2013).	42
Tableau 3- Résumé des données du poids carcasse (kg) selon l'élevage et le statut des animaux.	54
Tableau 4- Poids de la carcasse (kg) selon le statut de l'animal.....	56
Tableau 5- Résultats pour le TMP selon l'élevage et le statut des animaux.....	57
Tableau 6- Résultats pour le TMP selon le statut de l'animal.....	57
Tableau 7- Poids du jambon (kg) selon l'élevage et le statut des animaux.	59
Tableau 8- Poids moyen du jambon (kg) selon le statut des animaux.	59
Tableau 9- Épaisseur du gras du jambon (mm) selon l'élevage et le statut des animaux.	61
Tableau 10- Épaisseur du gras du jambon (mm) selon le statut des animaux.	61
Tableau 11- Couleur du gras du jambon selon l'élevage et le statut des animaux.....	63
Tableau 12- Couleur du gras du jambon selon le statut des animaux.....	63
Tableau 13- Température du jambon (°C) selon l'élevage et le statut.....	65
Tableau 14- Température du jambon (°C) selon le statut des animaux.	65
Tableau 15- pH du jambon selon l'élevage et le statut des animaux.....	67
Tableau 16- pH du jambon selon le statut des animaux.	67
Tableau 17- Poids moyen de la côte de longe (g) selon l'élevage et le statut des animaux.	69
Tableau 18- Poids moyen de la côte de la longe (g) selon le statut des animaux.	69
Tableau 19- Couleur du muscle de la longe selon l'élevage et le statut des animaux.	71
Tableau 20- Couleur du muscle de la longe selon le statut des animaux.....	71
Tableau 21- Couleur du gras de la longe selon l'élevage et le statut des animaux.	73
Tableau 22- Couleur du gras de la longe selon le statut des animaux.	73
Tableau 23- Persillage selon l'élevage et le statut des animaux.	75
Tableau 24- Persillage selon le statut.....	75
Tableau 25- Exsudation (g) selon l'élevage et le statut des animaux.....	77

Tableau 26- Exsudation selon le statut des animaux exprimée en g et en % de perte de poids de la côte de longe.....	77
Tableau 27- Bilan des tests de Student.....	79
Tableau 28- Tableau bilan des analyses statistiques.....	87

Liste des abréviations

AMM : Autorisation de mise sur le marché

AOC : Appellation d'Origine Contrôlée

AOP : Appellation d'Origine Protégée

APDI : Arrêté préfectoral de déclaration d'infection

APMS : Arrêté préfectoral de mise sous surveillance

E2 : Oestradiol

FSH : Follicle Stimulating Hormone (Hormone de Stimulation Folliculaire)

GnrF : Gonadotropin releasing factor (Facteur de libération des Gonadotropines)

GnrH : Gonadotropine releasing Hormone (Hormone de libération des gonadotropines)

IGP : Indication Géographique Protégée

INAO : Institut national de l'origine et de la qualité

LH : Luteinizing Hormone (Hormone Lutéinisante)

LSA : Loi Santé Animale

NDVS : Nettoyage désinfection vide sanitaire

NPPC : National Pork Producer Council

OMSA : Organisation Mondiale de la santé animale

P4 : Progestérone

PGF2 α : Prostaglandine F2 α

PNISU : Plan national d'intervention sanitaire urgence

PPA : Peste porcine africaine

PPC : Peste porcine Classique

TMP : Taux de muscles des pièces

ZP : Zwei punkt (Deux points)

Introduction

Les récents foyers de peste porcine africaine, en Belgique en 2020, en Italie et en Allemagne en 2023 et à proximité des frontières françaises ont inquiété l'ensemble des professionnels de la filière porcine. La propagation de cette maladie en France serait à l'origine de graves conséquences économiques pour l'ensemble de la filière. La gestion des risques de contamination par la faune sauvage est donc primordiale. Cette gestion est d'autant plus importante et délicate pour les élevages plein air chez qui le risque de contact entre les animaux élevés et la faune sauvage est accru.

La réglementation française impose donc à ces élevages plein air des solutions de contrôle plus strictes que pour un élevage en bâtiment. Parmi ces solutions, des clôtures doublées de plus d'un mètre de haut, enterrées ou électriques figurent dans la réglementation. Mais les parcours plein air parfois situés dans des zones difficiles d'accès limitent l'application de ces clôtures. Une autre solution existe pour essayer de limiter la délimitation du parcours plein air au minimum : la stérilisation des femelles. Les femelles pubères vont au moment de leur maturité sexuelle attirer les sangliers, principalement au moment des chaleurs, ce qui augmente le risque de contact entre faune sauvage et animaux d'élevage. Cependant, dans des filières de petite taille, en plein air, l'application de la stérilisation est délicate. Jusqu'en 2021, la seule solution était l'ovariectomie, acte chirurgical non sans risque, réalisée en routine par peu de vétérinaires et peu compatible avec la notion toujours plus importante de bien-être animal. Le vaccin Improvac® commercialisé par le laboratoire Zoetis France, initialement utilisé pour réduire les odeurs désagréables de la viande de verrat reçoit en 2021 une extension de son autorisation de mise sur le marché (AMM), autorisant son utilisation sur les femelles afin de déclencher une suppression immunologique de la fonction ovarienne. Une nouvelle solution pour stériliser les porcs femelles est donc disponible.

La filière Kintoa, est une filière 100 % plein air concernée par cette réglementation stricte. Les animaux vivent à l'extérieur, du sevrage à l'abattage, et la topographie accidentée de la région basque limite la possibilité de clôturer les parcours où vivent les animaux comme le prévoit la réglementation. Après quelques essais infructueux d'ovariectomie, la filière Kintoa s'est donc tournée vers la stérilisation grâce au vaccin Improvac® afin de se mettre aux normes concernant la biosécurité de ses sites. La viande Kintoa bénéficiant d'une Appellation d'origine, les animaux et leurs carcasses possèdent une très forte valeur ajoutée, l'arrivée de cette nouvelle méthode de stérilisation soulève donc quelques doutes chez les éleveurs concernant son éventuel impact sur la qualité de la viande. Peu d'études sont disponibles sur l'impact de la vaccination Improvac® chez les femelles, vu la récente modification de l'AMM.

Nous allons dans un premier temps faire une revue bibliographique sur la filière Kintoa, la physiologie de la reproduction chez la truie et ses solutions de contrôle ainsi que les différents critères permettant de juger la qualité de la viande de porc. Dans un deuxième temps, nous présenterons les résultats d'une étude comparant la qualité de la viande de porcs femelles vaccinés et non vaccinés avec Improvac®. L'objectif de cette étude est de vérifier que la vaccination avec Improvac® n'a pas d'effet négatif sur la qualité de la viande des porcs femelles en croissance élevés au sein de la filière Kintoa.

1. Présentation de la filière porcine et de la filière Kintoa

1.1. Généralités

1.1.1. La production de porcs

1.1.1.1. À l'échelle mondiale

À l'échelle mondiale, la consommation de viande de porc se situe à la deuxième place derrière la viande de volaille (OCDE et Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2023). Actuellement, la filière subit de plein fouet la crise liée à la peste porcine africaine (PPA). Les pays d'Asie sont les plus touchés, et la menace d'une introduction en France est bien réelle. Cette crise de la peste porcine a eu un impact fort sur les effectifs des grands producteurs tels que la Chine et le Viêt-Nam. Le repeuplement de leurs effectifs et un manque de production ont accru les échanges mondiaux avec une augmentation importante des importations en Asie avec près de 8 millions de tonnes importées en 2020. Malgré les crises qui ont secoué les effectifs chinois, la Chine demeure le premier producteur mondial de porc. Une autre crise va avoir un impact important sur la filière porcine ainsi que sur les autres filières d'élevage : la crise en Ukraine. L'Ukraine figurant parmi les premiers exportateurs de céréales au monde, la disponibilité en matières céréalières nécessaires à la fabrication des aliments est réduite. Le prix de l'alimentation subit donc une hausse importante (IFIP, 2021).

1.1.1.2. À l'échelle européenne

L'Europe est le premier exportateur mondial de viande de porcs, avec 5,5 millions de tonnes exportées majoritairement dans les pays asiatiques. La production européenne n'est pourtant que deuxième avec 24 millions de tonnes produites. Les principaux pays européens producteurs sont l'Espagne et l'Allemagne, avec plus de 5 millions de tonnes produites en 2020. La France, 3^{ème}, produit 2,3 millions de tonnes par an. La production européenne est plus importante que jamais malgré les crises sanitaires, avec en 2020, l'apparition de la peste porcine africaine (PPA) en Belgique et sa détection récente en Italie et en Allemagne.(IFIP, 2021).

1.1.1.3. La filière porcine en France

Avec une consommation de 32 kilogrammes de viande par an et par habitant, la viande de porc est la viande la plus consommée en France devant la viande de volaille (IFIP, 2021). Malgré un recul du cheptel et de la production (entre - 0,4 % et -1,1 % en 2020), la France reste autosuffisante en viande de porc à hauteur de 107 % en 2020 (IFIP, 2021). Elle importe beaucoup de viande porcine, depuis l'Espagne (46°% des importations). La France exporte majoritairement en Europe, avec près de 56 % de ses exportations, et en Chine, environ 30 % de ses exportations. Cette balance importation / exportation amène la filière française à être déficitaire à hauteur de 280 millions d'euros en 2022 (FranceAgriMer, 2022). Le cheptel français compte environ 14 200 sites d'élevages, 9 492 sites (soit 67 %, en baisse de 0,7 % par rapport à 2019) ont produit plus de 300 porcs et représentent 99,3 % de la production. La taille moyenne des élevages est de 1 986 porcs produits. La production est très

localisée, dans les régions de l'Ouest de la France notamment la Bretagne, qui compte plus de 50 % de l'effectif porcin sur son territoire (FranceAgriMer, 2022).

1.1.2. Organisation d'un élevage

1.1.2.1. Les différents types d'élevage

Les élevages de porcs sont classés en différentes catégories :

- Les élevages naisseurs, qui représentent 7,2 % des élevages français,
- Les élevages engraisseurs, qui représentent 55,4 % des élevages français,
- Un même élevage peut faire naître ses porcelets et les élever jusqu'au bout, on parle ainsi de naisseur-engraisseur. Ils représentent 37,4 % des élevages (IFIP, 2021).

Les naisseurs sont des élevages qui ne s'occupent que de faire naître des porcelets qui sont ensuite vendus à d'autres élevages où ils seront engraisés. Ils vendent généralement leurs porcelets au moment du sevrage. Les engraisseurs s'occupent de la croissance des porcs, jusqu'à ce qu'ils soient envoyés à l'abattoir. Les sélectionneurs vont sélectionner les animaux sur des critères génétiques comme le gain moyen quotidien ou encore la prolificité. Les multiplicateurs augmentent ensuite les effectifs des animaux sélectionnés.

Les élevages peuvent également être répartis selon le type de bâtiment et le caractère plein air de leur activité. Ainsi en France, on compte 90 % d'élevages sur caillebotis, 5 % d'élevage sur aire paillée et 5 % d'élevage plein air (Weisslinger, 2022).

1.1.2.2. La conduite en bandes (Weisslinger, 2022)

L'organisation des élevages de porcs est particulière et fonctionne sur le principe de la conduite en bandes. Une bande est un lot d'animaux qui ont tous le même âge ou sont tous au même stade physiologique. Ce lot est formé dès la mise-bas et son effectif, hors mort accidentelle, n'est pas modifié jusqu'à l'abattage. La conduite en bande présente différents avantages :

- Une organisation du travail simplifiée, les animaux au sein de chaque bande forment un lot très homogène, ce qui permet de fournir une alimentation plus ciblée et une automatisation des tâches.
- La conduite en bande permet également de limiter la transmission horizontale des maladies, en limitant le contact des animaux d'âges différents. L'absence de contacts physiques entre les bandes limite la propagation des maladies mais permet également de faciliter le traitement en ne ciblant que la bande concernée. Le stress est également limité. Les animaux ne changent pas de congénères, la hiérarchie est établie rapidement et reste stable durant la vie des animaux.

1.1.2.3. La vie d'un porcelet, de la naissance à l'abattoir

Le porcelet vient au monde après trois mois, trois semaines et trois jours de gestation. Là, il commence à téter sa mère avec sa dizaine de frères et sœurs. Les premiers soins lui sont administrés, nettoyage de l'ombilic, premier examen afin de vérifier l'absence d'anomalies congénitales. Historiquement, il était systématiquement castré dans la première semaine de sa vie,

mais l'arrêté du 17 novembre 2021 (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2021) interdisant la castration à vif des porcelets a mis à mal la castration systématique. À l'issue d'une période variable selon les élevages, au plus tôt 21 jours et majoritairement vers 28 jours d'âge (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2019a), le porcelet est séparé de sa mère par l'éleveur : c'est le sevrage. Ensuite, selon le caractère engraisseur ou non de l'élevage d'origine, la bande de porcelets peut soit :

- Aller à l'abattoir pour être consommé en cochons de lait,
- Rester dans l'élevage et être engraisé,
- Aller dans le post-sevrage d'un autre élevage qui ne fait que de l'engraissement par exemple.

La bande de porcelets avancera dans le temps passant du post-sevrage à l'engraissement. Après une vie d'environ 6 mois, le porc est emmené à l'abattoir. L'âge au sevrage et la durée de vie dépendent de la démarche qualité de l'éleveur et des labels auxquels il appartient. Dans la filière bio par exemple le sevrage ne peut pas se faire avant 40 jours (Conseil de l'Europe, 2008a). La filière Kintoa, dans laquelle le protocole de la thèse a été mis en place est une filière plein air, ayant un âge d'abattage minimal de 15 mois (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2017a).

1.2. La filière Kintoa, une filière plein air

1.2.1. Histoire de la filière

1.2.1.1. La race pie noir

L'histoire de la filière porc basque Kintoa est indissociable de la race de porc rustique appelée « porc pie noir du Pays basque », abrégé en « porc basque » (Figure 1).

Figure 1- Le porc pie noir du Pays basque (crédit Photo : Killian CONREUR).



Cette race a échappé de peu à la disparition. Durant le 20^{ème} siècle, ses effectifs ont chuté et atteint un seuil critique en 1981. Il ne restait alors que 25 truies et 2 verrats (Figure 2). Une race porcine est considérée comme menacée si son effectif de truies productrices est inférieur à 1 000 (Audiot *et al.*, 2015). Grâce à l'action d'éleveurs basques qui redécouvrent cette race rustique originaire du Pays basque, une action est menée afin de la préserver. Cette action a eu pour tête de pont un éleveur du Pays basque, Pierre OTEIZA, qui découvre au hasard d'un salon de l'agriculture que la race de son enfance existe toujours. Il se lance alors dans un travail de longue haleine pour récupérer les derniers effectifs de cette race, et ainsi, se lancer dans sa sauvegarde. Grâce à son action et à sa volonté, on dénombre aujourd'hui plus de 7 000 animaux.

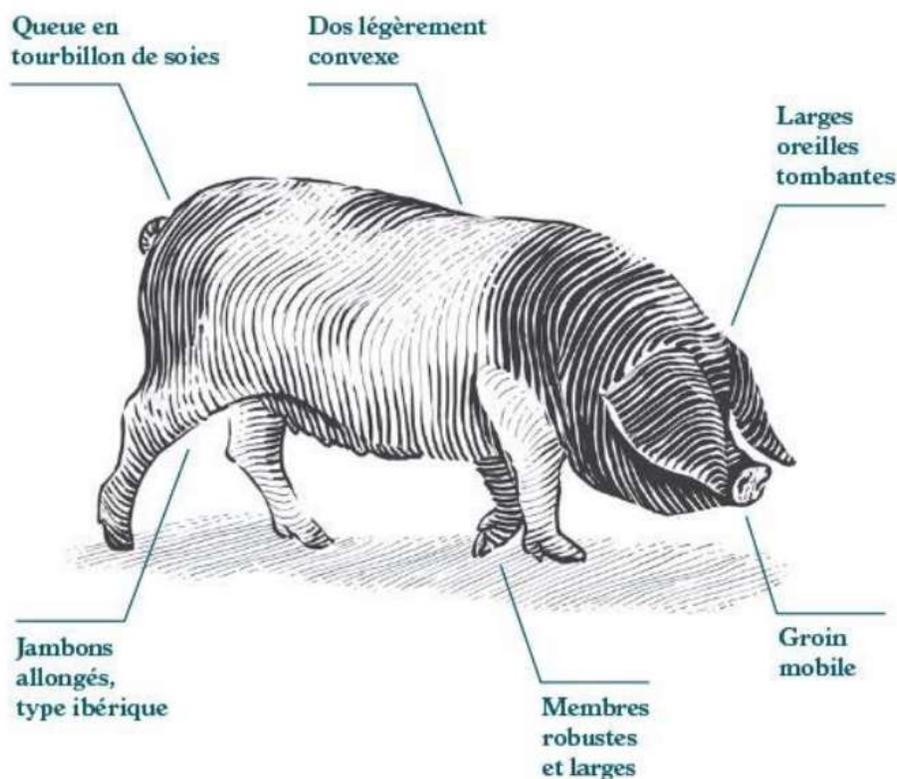
Figure 2- Évolution de l'effectif du cheptel de porcs basques (source filière Kintoa).



Les caractéristiques du porc basque sont les suivantes (Figure 3) :

- Race rustique caractérisée par des membres robustes adaptés à la vie en montagne,
- Des tâches noires couvrant intégralement la tête et l'arrière-train,
- Des oreilles tombantes et une peau épaisse.

Figure 3- Caractéristiques du porc basque (source filière Kintoa).

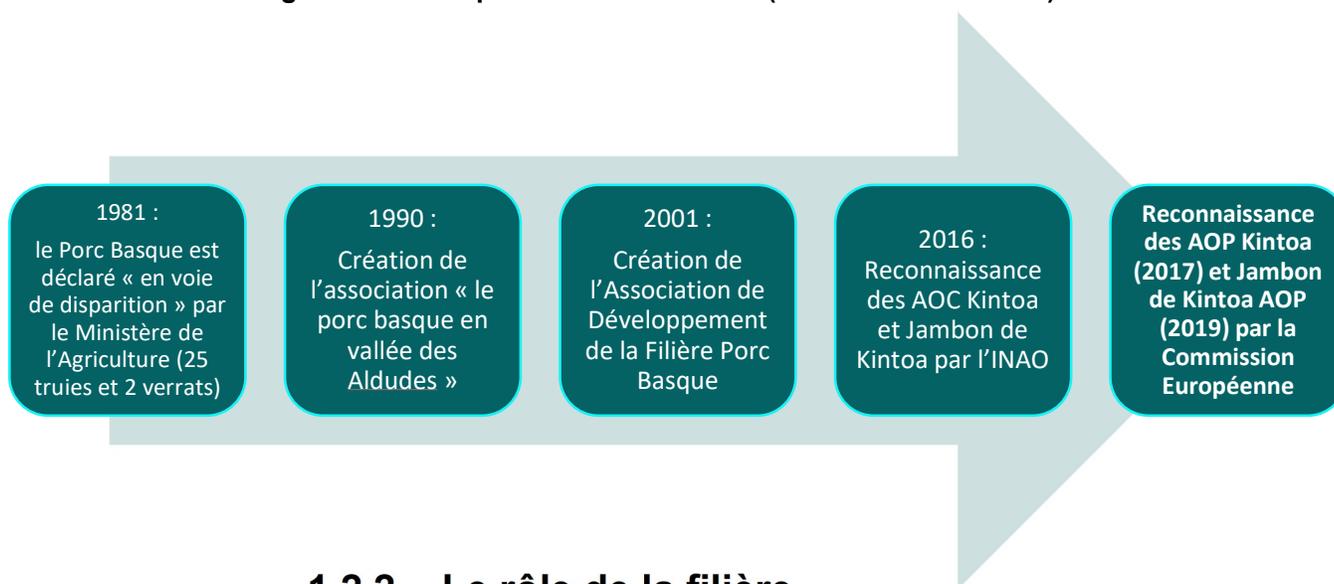


1.2.1.2. Les origines de la filière

Afin d'accélérer le développement de la filière, l'association « le porc basque en la vallée des Aldudes » est créée en 1990. Son rôle est alors de promouvoir la race porc basque et permet d'organiser les mouvements d'animaux entre les différents éleveurs. En 2001, l'association de développement de la filière Porc Basque est créée. La demande d'Appellation d'Origine Contrôlée (AOC) pousse l'association de développement à rechercher une histoire liée au porc basque qui trouve alors un lien avec les mouvements estivaux de porcs entre la France et Navarre (Figure 4).

Le nom Kintoa trouve son origine dans un impôt imposé au XIII^{ème} siècle. Cet impôt concernait le droit de « glandage ». Les porcs qui étaient emmenés en dehors des limites de la vallée étaient soumis à une taxe, la Quinta. Un cinquième des porcs étaient imposés. Le nom Kintoa vient donc de cet impôt historique, qui s'appelait la Quinta (Legaz et Pollet, 2012).

Figure 4- Historique de la filière Kintoa (source Filière Kintoa).



1.2.2. Le rôle de la filière

1.2.2.1. Les actions de la filière

La filière agit sur différents points :

- L'accompagnement au quotidien des éleveurs *via* un soutien technique et de conseils,
- La gestion des échanges et mouvements des animaux entre les élevages,
- La tenue de documents concernant les effectifs de la race ; les familles y sont répertoriées, les lignées également,
- Elle gère la conservation de la race,
- Elle est en lien avec l'Institut National de l'Origine et de la qualité (INAO) pour l'habilitation des parcours dans le cadre des appellations d'origine.

L'un des objectifs de la filière est l'accompagnement des nouveaux éleveurs, appelés porteurs de projets. Il s'agit pour la plupart d'agriculteurs voulant valoriser un terrain forestier où la culture reste difficile ou des éleveurs en quête de diversification. La filière essaie également de lutter contre les difficultés, comme la recherche d'un nouvel abattoir en cas de paralysie de l'abattoir de

Saint-Jean-Pied-de-Port. La filière a accompagné la construction et le développement du séchoir de la vallée des Aldudes. La filière négocie également le prix des matières premières pour les fourrages afin de garantir une marge convenable aux éleveurs malgré le cours des aliments en forte hausse depuis le début de la guerre en Ukraine. Un des rôles majeurs est le dialogue avec l'INAO, concernant les habilitations Appellation d'Origine Protégée (AOP), ainsi que les différents audits de qualité. Au quotidien, la filière gère les échanges d'animaux, la traçabilité des porcs et offre une assistance technique *via* la mise à disposition d'un opérateur technique trois jours par semaine. Celui-ci réalise les diagnostics de gestation, offre des conseils concernant l'alimentation et participe à la mise aux normes sanitaires des parcours ainsi que leur préparation en vue de l'habilitation AOP.

1.2.2.2. L'Appellation d'Origine Contrôlée et Protégée

En 2016, la filière porc basque reçoit l'agrément AOC par l'INAO. Cette AOC a permis de reconnaître à l'échelle nationale le travail de la filière et de ses éleveurs. Ils rejoignent une liste restreinte comprenant maintenant 13 viandes d'origines, aux côtés de viandes renommées telles que la volaille de Bresse ou encore le mouton de prés-salés. Cette récompense ne s'arrête pas là, la filière reçoit également l'AOP des instances européennes en 2017 pour la viande fraîche et le jambon, et l'autorisation d'apposer sur les produits leur logo (Figure 5) (INAO, 2022).

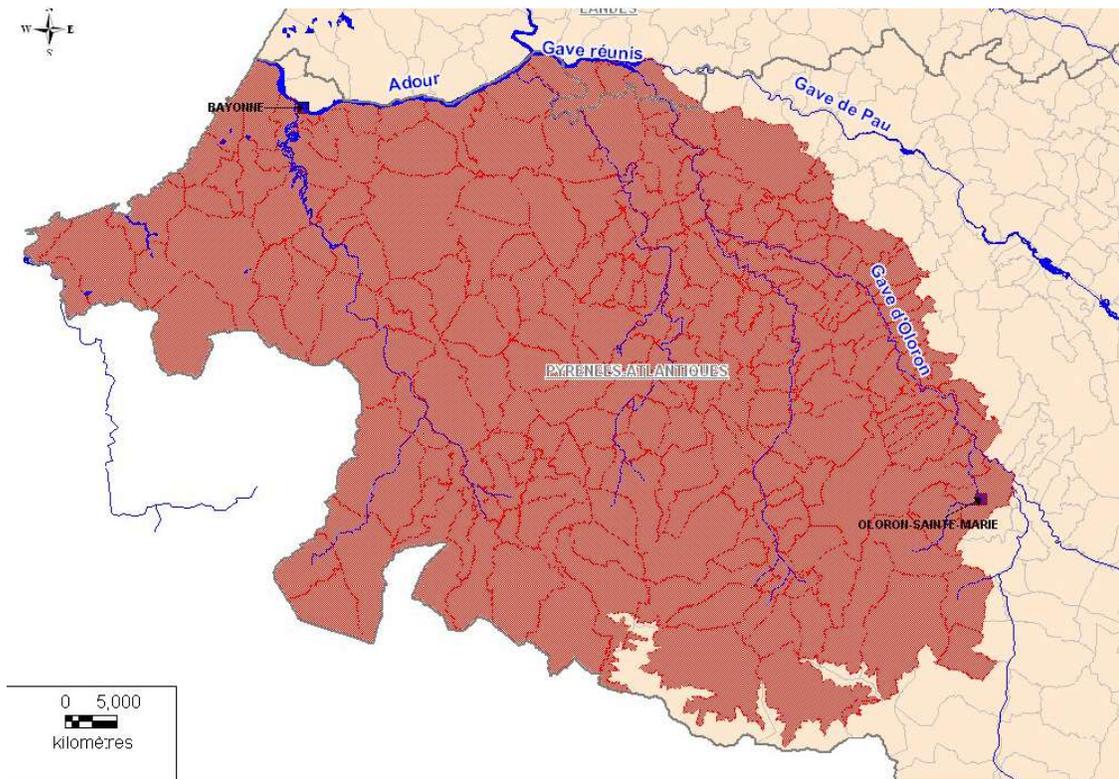
Figure 5- Logo AOP et AOC (source : INAO).



1.2.2.3. Le cahier des charges

L'obtention d'une AOC puis d'une AOP se fonde sur l'élaboration de cahiers des charges. Pour pouvoir étiqueter sur son produit fini le sigle AOP, l'intégralité du cahier des charges se doit d'avoir été respecté durant tout le processus de fabrication et de transformation. Dans le cas de la filière Kintoa, le cahier des charges couvre toute la vie de l'animal et les processus de transformation. La filière possède deux produits AOP, le jambon de Kintoa et la viande fraîche de Kintoa. Ces deux cahiers des charges possèdent des critères géographiques. L'élevage doit se situer dans l'aire de répartition de l'AOP, située en grande majorité sur le territoire du Pays basque et du pays de Béarn (Figure 6) ((Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2017a).

Figure 6- Aire de répartition de l'AOP Kintoa (source : ministère de l'Agriculture).



Les porcs sont élevés dans des enclos en plein air appelés parcours. Pour entrer dans le cadre de l'AOP, les parcours doivent respecter :

- Une charge maximale de porcs à l'hectare : 35 porcs maximum par hectare de prairies ou landes, 25 par hectare de forêt enherbée.
- Dans tous les cas, quelle que soit la taille du parcours, le lot ne peut excéder 40 porcs.
- 2 à 4 mois de vide pastoral doivent être respectés entre chaque lot (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2017a).

L'alimentation des animaux doit provenir à 70 % de l'aire de répartition de l'AOP. Le porc doit être de race exclusive pie noir du Pays basque, avec un sevrage tardif entre 4 et 8 semaines d'âge, et posséder un accès à l'extérieur dès le post-sevrage. Ses 7 derniers mois de vie sont exclusivement en plein air. Il est abattu entre 12 et 24 mois d'âge. Pour être classé Kintoa à l'abattoir, la carcasse doit peser au minimum 100 kg à froid après ressuage et le lard dorsal doit mesurer au minimum 2,5 cm (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2017a).

Ce cahier des charges concerne la viande fraîche. Concernant le jambon, des spécificités sur le produit final sont ajoutées. Pour obtenir sa qualification « Jambon de Kintoa » : le jambon doit peser au minimum 10 kg avant salage. Concernant le salage, là encore des produits issus de l'aire de répartition géographique sont privilégiés, le sel utilisé pour le salage est un sel produit à Salies-de-Béarn et avant sa mise en vente, le jambon est frotté à la poudre de piment d'Espelette, produits

qui disposent respectivement d'une indication géographique protégée (IGP) et d'une AOP. Finalement, le jambon obtient sa qualification AOP après l'affinage, d'une durée de 16 mois minimum dans des conditions précises de température et d'hygrométrie. L'ensemble des opérations doit être réalisé dans des infrastructures identifiées et reconnues par l'INAO, ce qui est le cas pour le séchoir de la vallée des Aldudes et l'abattoir de Saint-Jean-Pied-de-Port (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2017a).

1.2.3. La filière Kintoa en 2022

1.2.3.1. Acteurs

La filière Kintoa regroupe au 31 janvier 2022 3,6 salariés, 76 éleveurs parmi lesquels 26 sont transformateurs fermiers. Deux séchoirs et un abattoir font également partie de la filière. Ces acteurs sont interdépendants et la filière joue le rôle de chef d'orchestre au quotidien. Les membres de la filière se regroupent pour des prises de décision *via* un conseil d'administration, élu chaque année lors d'une assemblée générale.

1.2.3.2. La société Pierre OTEIZA

Comme évoqué précédemment, il est difficile d'évoquer la filière Kintoa et le porc basque sans parler de Pierre Oteiza. Il est l'initiateur de la sauvegarde de cette race. Il est encore aujourd'hui l'un des plus grands acteurs de la filière Kintoa *via* sa société Pierre OTEIZA. Son élevage est l'un des plus grands avec près de 10 parcours, 2 000 cochons abattus et 2 500 carcasses transformées, ce qui correspond à 54 % de la production de la filière. Le directeur général de la société Pierre OTEIZA, François Piveteau est également le vice-président de la filière Kintoa.

1.2.3.3. Les enjeux de la filière

Les enjeux de la filière Kintoa sont multiples. La guerre en Ukraine et la flambée des matières premières touchent de plein fouet l'élevage, notamment en ce qui concerne les prix de l'aliment. Mais à cela s'ajoutent d'autres problématiques. La race reste en danger de disparition et le système de fonctionnement actuel repose sur un abattoir unique ; s'il est mis à l'arrêt pour quelques raisons que ce soit, la filière est elle aussi arrêtée. Enfin les cahiers des charges pour les appellations d'origine imposent une vie en plein air, ce qui soulève des questions notamment en termes de biosécurité.

1.3. Les enjeux du plein air

1.3.1. Réglementations

Dans le code sanitaire pour les animaux terrestre 2022, l'Organisation Mondiale de la Santé Animale (OMSA) définit le plan de sécurité biologique ou biosécurité comme « un plan dans lequel sont identifiées les voies potentielles d'introduction et de propagation d'une maladie dans une zone ou un compartiment et où sont décrites les mesures qui y sont appliquées, ou le seront, pour réduire les risques associés à cette maladie s'il y a lieu, conformément aux recommandations contenues dans le Code terrestre » (OMSA, 2022a). En France, la réglementation concernant la biosécurité est édictée par le ministère de l'Agriculture et actualisée régulièrement face aux nouveaux dangers émergents. Cela a été le cas en 2018 où une actualisation des réglementations a été mise en œuvre *via* l'arrêté ministériel du 16 octobre 2018 relatif aux mesures de biosécurité applicables dans les

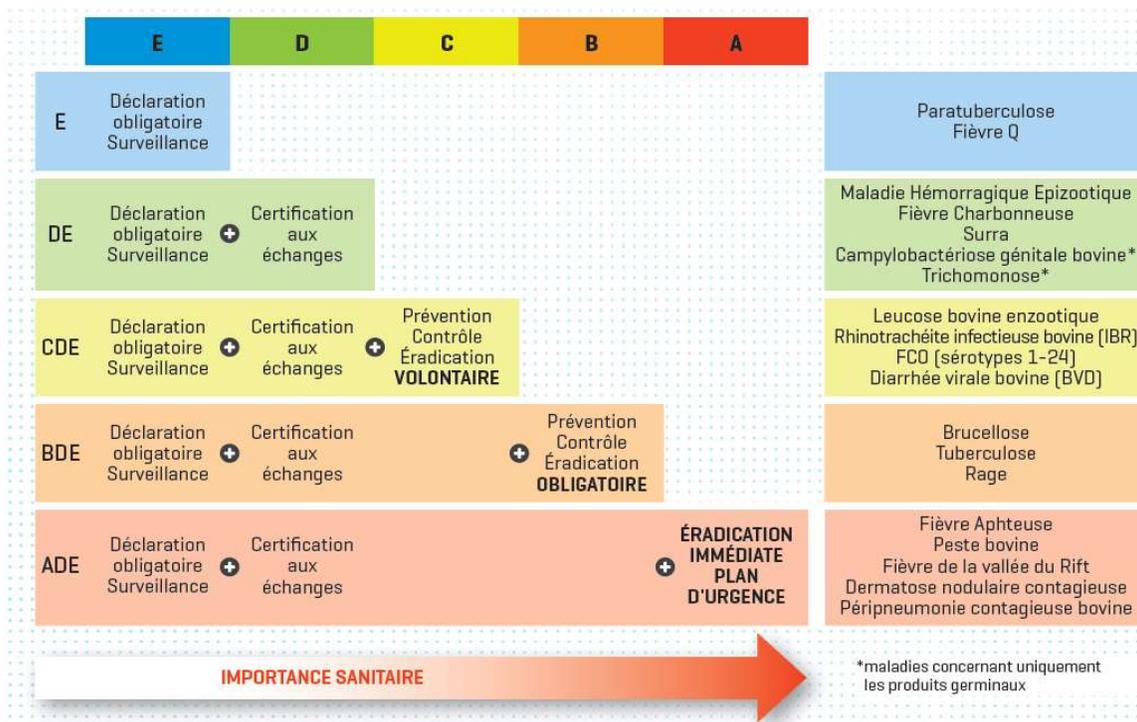
exploitations détenant des suidés dans le cadre de la prévention de la peste porcine africaine et des autres dangers sanitaires réglementés (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2018). Cet arrêté édicte les règles de prévention et la conduite à tenir concernant entre autres la PPA, maladie ADE dans le nouveau référentiel, la loi santé animale (cf. *infra*) (Conseil de l'Europe, 2016).

1.3.2. La loi Santé Animale

La loi santé animale (LSA) correspond à l'application du règlement 2016/429 du parlement européen voté le 9 mars 2016. Elle est entrée en application le 21 avril 2021 et fixe les règles de biosécurité, les conduites à tenir dans la gestion des maladies (Conseil de l'Europe, 2016). Une classification des maladies réglementées est également proposée selon le principe décrit en Figure 7 :

- Les maladies sujettes à surveillance et déclaration sont classées E, il s'agit de quasiment toutes les maladies réglementées, comme la fièvre Q.
- Les maladies dont la déclaration impose des mesures aux échanges sont notifiées de la lettre D. Toute maladie classée D est également classée E. On peut citer par exemple le syndrome dysgénésique et respiratoire porcin.
- Enfin selon la conduite à tenir face à la maladie, on attribue :
 - o La lettre A pour une maladie à éradication immédiate sur le territoire avec mise en place de plans d'urgence (anciennement Plan National D'intervention Sanitaire d'Urgence (PNISU)). C'est le cas de la PPA ou de la fièvre aphteuse.
 - o La lettre B pour une éradication obligatoire comme la rage et la brucellose bovine
 - o La lettre C pour une éradication facultative comme la maladie d'Aujeszky.
- Les maladies A, B ou C sont automatiquement classées D et E. On obtient pour les pestes porcines la classification ADE.

Figure 7- La loi Santé Animale (LSA) (ministère de l'Agriculture et de la souveraineté Alimentaire).



1.3.3. Les pestes porcines, des maladies hautement surveillées

1.3.3.1. Etiologie

Le terme peste porcine regroupe deux maladies, indifférenciables sans examen de laboratoire, la peste porcine classique (PPC) et la peste porcine africaine (PPA). La PPC est due à un pestivirus de la famille des flaviviridae (OMSA, 2022b). Un seul sérotype a été incriminé jusqu'ici. La PPA est quant à elle due à un Asfivirus de la famille des Asfarviridae (OMSA, 2022c). Ces deux virus touchent tous les porcins, domestiques ou sauvages. Ces maladies ne sont pas des zoonoses. Elles présentent des taux de morbidité, mortalité et létalité pouvant atteindre 100 %. Le portage possible par les sangliers et l'impact économique que peuvent avoir ces maladies sont tels qu'elles sont classées ADE par la LSA. La France est officiellement indemne concernant ces deux maladies.

1.3.3.2. Symptômes et transmission (OMSA, 2022c)

Les pestes porcines sont indifférenciables macroscopiquement parlant. Les symptômes sont les suivants :

- Apparition d'une fièvre importante pouvant aller jusqu'à 41°C et menant rapidement à la mort, on parle alors de forme suraiguë,
- Apparition de fièvres et d'autres symptômes associés, comme des troubles digestifs, respiratoires, nerveux ou cutanés. La mort intervient dans les 6 à 20 jours. On parle alors de forme aiguë,
- Une forme chronique existe, après une phase infectieuse et de rémission, l'animal meurt des conséquences de la peste, généralement de surinfection en 1 à 3 mois.

Des formes atypiques existent, notamment des formes présentant des troubles de la reproduction ou encore des infections inapparentes. À l'autopsie, on observe surtout des lésions typiques de peste, avec de nombreuses lésions hémorragiques, congestives (rate boueuse, nœuds lymphatiques hypertrophiés, marbrés...). Il n'est pas possible de différencier PPC et PPA sur des données cliniques ou nécropsiques. La contamination des animaux sains se fait par contact direct entre animaux contaminés ou *via* des restes de repas de viande contaminée, des restes d'abattoir ou encore *via* des eaux grasses. Les eaux grasses sont l'ensemble des eaux utilisées pour le lavage des aliments et de la vaisselle.

1.3.3.3. Moyens de lutte (Ministère de l'Agriculture et de l'alimentation)

1.3.3.3.1. En absence de foyer

Les moyens de lutte diffèrent selon le type de peste. Ainsi concernant la PPC :

- Un vaccin existe, il est interdit en Europe et en France, mais reste une possibilité d'urgence en cas de foyer afin d'endiguer la propagation de la maladie dans une zone donnée,
- Un dépistage prophylactique est réalisé, une fois par an et sur 15 animaux issus d'élevage de sélection ou de multiplication, ou provenant de centre d'insémination.

Concernant la PPA, aucun vaccin n'est disponible. Des tests sérologiques sont possibles mais l'animal doit avoir développé des anticorps. Ce délai de séroconversion est d'environ 14 jours.

Afin de limiter la propagation de ces maladies, les mesures mises en œuvre sont exclusivement hygiéniques :

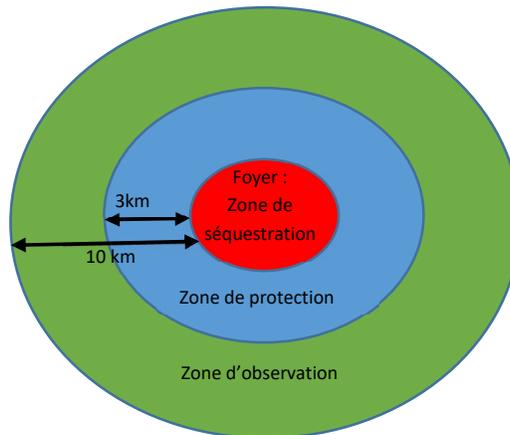
- Interdiction de donner des eaux grasses aux porcs,
- Règlementation de l'importation de sanglier, *via* la mise en place de certificat sanitaire
- Mise en place de barrières et de dispositifs permettant la limitation des contacts entre la faune sauvage et les porcs domestiques.
- Contrôle systématique en cas de suspicion.

1.3.3.3.2. En présence de foyer

Lorsque les symptômes sont très évocateurs de PPC ou de PPA, du fait du caractère indifférenciables des deux maladies, une suspicion de peste porcine est émise. L'élevage d'où est issue la suspicion est placé sous arrêté préfectoral de mise sous surveillance (APMS). S'ensuit alors une visite par un vétérinaire sanitaire afin de recenser l'ensemble des animaux à risque dans l'élevage et pour réaliser des prélèvements de laboratoire afin de confirmer ou d'infirmer le foyer. Cet arrêté bloque l'élevage, les flux d'animaux sont suspendus, les flux de personnes contrôlés et une enquête épidémiologique est mise en place. À l'issue des tests de laboratoire, le foyer est confirmé ou infirmé.

Si le foyer est confirmé, l'APMS devient un arrêté préfectoral de déclaration d'infection (APDI). Cet APDI met en place des zones de séquestration, de protection et d'observation qui concernent respectivement l'exploitation, une zone de 3 km et 10 km autour de l'exploitation où le foyer est déclaré (Figure 8).

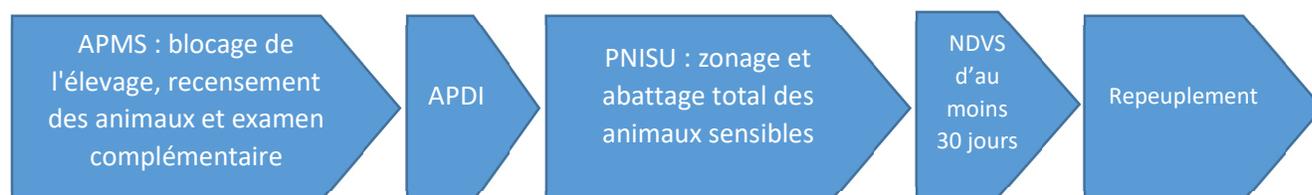
Figure 8- Zonages en cas de déclaration de foyer de peste porcine.



Les mesures de biosécurité et de gestion des flux sont renforcées, les animaux sensibles sont euthanasiés et leurs cadavres rapidement éliminés. L'exploitation procède à un nettoyage-désinfection-vide-sanitaire (NDVS). Dans les zones de protection et d'observation, les élevages et animaux sont bloqués, examinés et recensés. Les mesures sont levées minimum 30 jours après la fin des opérations de nettoyage et sous couvert de preuve de disparition du virus de la peste. Une

vaccination d'urgence est possible si la PPC menace de s'étendre, cette option n'étant pas possible pour la PPA. La chronologie des événements est résumée dans la Figure 9.

Figure 9- Chronologie lors de déclaration d'un foyer de peste porcine.



1.3.4. Particularités liées à l'élevage plein air

1.3.4.1. La faune sauvage, vectrice de maladie

Comme vu précédemment avec l'exemple des pestes, la faune sauvage en élevage plein air est une source non-négligeable de maladies. Selon l'expertise Sylvatub (2013-2019) menée sur les sangliers entre 2013 et 2019, les sangliers sauvages présentent un taux moyen d'infection de la tuberculose de 7 % dans la zone Landes-Pyrénées-Atlantiques (Desvaux *et al.*, 2020). Concernant la brucellose, l'infection est plus fréquente, avec une prévalence moyenne pour la France de 39 % sur les sangliers sauvages (Hars et Rossi, 2009). Pas moins de 56 foyers de brucellose porcine ont été détectés en France sur la période 1993-2008 (Hars et Rossi, 2009). Dans leur article « Pig Farming in Alternative Systems : Strengths and Challenges in Terms of Animal Welfare, Biosecurity, Animal Health and Pork Safety. », Delsart *et al.* (2020) nous dressent le constat suivant : « L'accès à l'extérieur surexpose les animaux aux maladies véhiculées par la faune sauvage, en particulier par le sanglier, et à des agents pathogènes qui sont presque impossibles à contrôler dans ces conditions ». Cette difficulté repose sur une gestion moins rigoureuse de la biosécurité dans les élevages en plein air. En effet, là où la mise en place d'une biosécurité très stricte est plus aisée dans les élevages conventionnels du fait d'une surface moindre et d'un meilleur contrôle des échanges, en élevage plein air, la surface importante des parcours et parfois la topographie du terrain sont de réels obstacles. La faune sauvage comme les sangliers peuvent aisément se retrouver sur des parcours plein air, profitant d'une brèche dans les clôtures, qu'ils ont ou non provoquée. C'est pourquoi la problématique de la faune sauvage est au centre des discussions dès qu'il s'agit de biosécurité en élevage plein air.

1.3.4.2. Une biosécurité renforcée

Afin de prévenir le risque lié à la faune sauvage, l'article IV de l'arrêté ministériel du 16 octobre 2018 impose à chaque exploitation de posséder un système permettant l'absence de contact entre les suidés domestiques et sauvage (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2019b). L'Instruction technique DGAL/SDSPA/2019-389 du 15/05/2019 décrit les différents moyens disponibles pour répondre aux obligations de l'arrêté ministériel (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2019b). Ces mesures sont à nuancer en fonction des animaux présents sur le parcours, une femelle pubère étant plus à risque d'attirer des sangliers, notamment au moment des chaleurs. Ainsi il est stipulé que les parcours plein air accueillant des femelles pubères ou des futurs reproducteurs devront être entourés soit par un mur de 1,3 m de hauteur, soit par un système de double clôture permettant d'empêcher à la fois le contact au travers de la clôture et l'intrusion des suidés sauvages dans l'enclos. L'instruction technique DGAL/SDSPA/2019-389 donne en détail les caractéristiques que

doivent respecter ces clôtures. Lorsqu'il y a uniquement des animaux non pubères sur le parcours, la réglementation s'allège et seuls des fils ou filets électrifiés décalés ou superposés sont nécessaires.

1.3.4.3. Application à la filière Kintoa

La filière Kintoa au travers de son cahier des charges, impose une vie strictement plein air au cochon pie noir afin de l'inclure dans l'AOP. La topographie de l'aire de répartition de l'AOP comprend des zones de montagnes où la mise en place et l'entretien de murs ou clôtures aux normes sont très difficiles. Les éleveurs de la filière Kintoa se sont donc tournés vers la stérilisation afin d'être autorisés à alléger leurs dispositifs de séparation de la faune sauvage. Plusieurs méthodes ont été explorées. À l'instar de ce qui est pratiqué dans la filière porc noir de bigorre, des tentatives de stérilisations par ovariectomie ont été essayées sur quelques élevages, mais le peu de vétérinaires disponibles et ayant l'expérience de cette opération, ainsi que les difficultés de réalisation ont conduit à l'abandon de cette méthode.

C'est donc dans le but d'être autorisée à alléger ses clôtures que la filière Kintoa a recherché d'autres alternatives à l'ovariectomie et a sollicité Zoetis® qui commerciale un vaccin ayant une autorisation de mise sur le marché (AMM) permettant de stériliser les porcs.

2. La vaccination, une alternative à la stérilisation chirurgicale

2.1. La fonction de reproduction chez la truie

2.1.1. *Sus scrofa domesticus*

Le cochon domestique, ou *Sus scrofa domesticus*, est un mammifère terrestre dont la domestication remonte à 8 000 avant J.C. Cette espèce présente une prolificité importante, environ 13 porcelets sevrés par portée (IFIP, 2021), ainsi qu'une gestation de 3 mois, 3 semaines et 3 jours. La puberté débute entre 5 et 8 mois d'âge. Avant sa première mise-bas, la femelle du cochon est appelée cochette. À l'issue de cette mise-bas, on parle de truie. La truie est un animal cyclé non saisonné. Les cycles sont continus en l'absence de gestation (Constant *et al.*, 2022).

2.1.2. Le cycle de la truie

2.1.2.1. Présentation des hormones impliquées

Afin de mieux comprendre le cycle sexuel de la truie, il est nécessaire de présenter les différentes hormones du cycle, leurs interactions et leurs régulations. La liste des hormones est regroupée dans le Tableau 11, leurs interactions et leurs régulations dans la Figure 11.

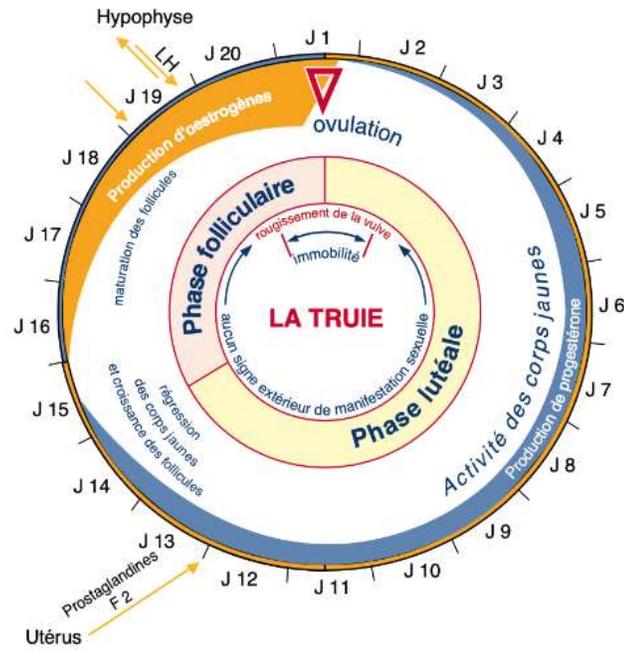
Tableau 1- Les différentes hormones impliquées dans le cycle sexuel de la truie. (Constant *et al.*, 2022)

	Progestérone (P4)	Luteinizing Hormone (LH)	Follicle Stimulating Hormone (FSH)	Prostaglandine F2 α (PGF2 α)	Oestradiol (E2)	Gonadotropine releasing Hormone (GnRH)
Organe de production	Corps jaunes	Hypophyse	Hypophyse	Endomètre	Follicules, à partir du stade tertiaire	Hypothalamus
Action	Inhibition de l'ovulation, par contrôle négatif sur les hormones sexuelles	Pic induisant l'ovulation, maturation du corps jaune	Stimule la production de E2	Lyse des corps jaunes ou lutéolyse	Stimule la folliculogénèse, expression du comportement femelle	Stimule la production de LH et FSH
Organe d'action	Ovaires	Follicules dominants, corps jaunes	Follicules	Corps jaunes		Hypophyse
Régulation	Inhibition forte de la GnRH	Stimulée par la GnRH et E2 à forte concentration	Stimulée par la GnRH et par E2 à forte concentration		À faible concentration inhibition de la FSH et de la LH À forte concentration, stimulation de la GnRH	Inhibée par la progestérone

2.1.2.2. Déroulé d'un cycle

Le cycle sexuel de la truie dure entre 18 et 24 jours, avec une moyenne située à 21 jours. Il est composé de deux phases, la phase lutéale et la phase folliculaire. Entre ces deux phases intervient l'œstrus. Les étapes du cycle peuvent être résumées par la Figure 10.

Figure 10- Déroulé du cycle de la truie (Boulot et al., 2014).



2.1.2.2.1. La phase lutéale (Boulot et al., 2014)

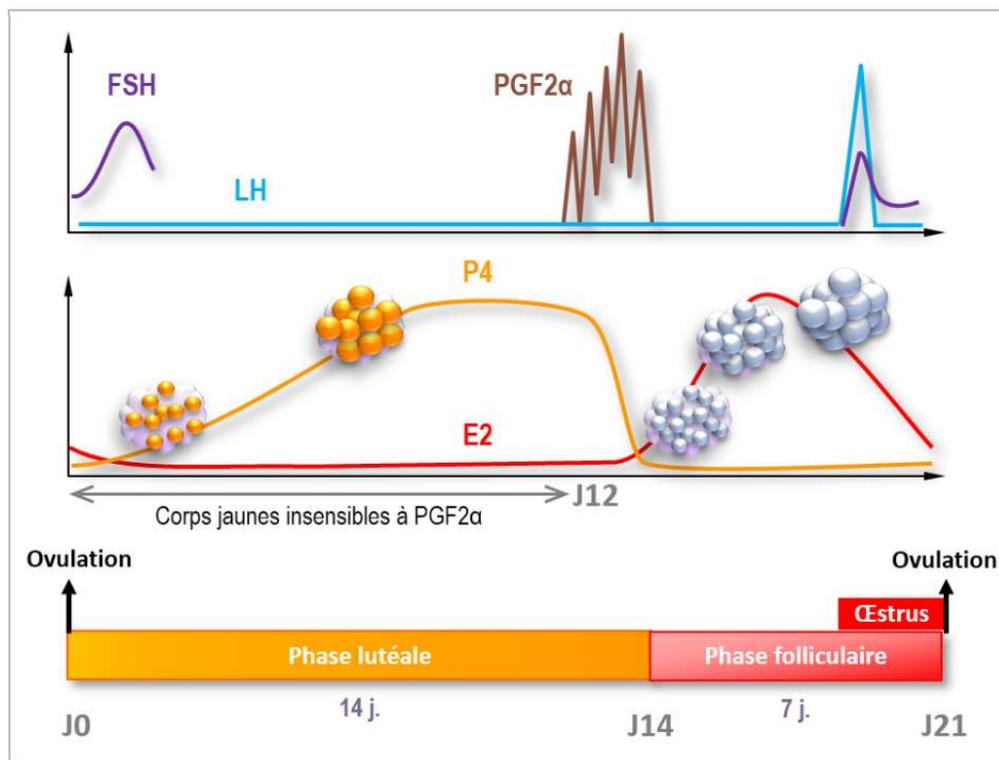
La truie présente une prolificité importante qui se traduit par un nombre d'ovulations important par cycle. Entre la première ovulation et la dernière, trois à quatre heures s'écoulent. Des ovules sont expulsés des follicules dominants ; le reste du follicule se lutéinise et devient un corps jaune. Les corps jaunes ont une durée de vie de 14 à 15 jours. Pendant cette période leur taille augmente et ils sécrètent de plus en plus de progestérone. La progestérone exerce un rétrocontrôle négatif sur l'hypothalamus et empêche la production de GnRH. Durant leur maturation les corps jaunes restent également insensibles à la prostaglandine F2-alpha (ou PGF2 α), l'hormone qui induit la lutéolyse. Cette période où les corps jaunes dominent est appelée phase lutéale. Le cycle sexuel fait intervenir une cascade d'hormones complexe (Figure 11).

2.1.2.2.2. La phase folliculaire

À la suite de la production d'une quantité suffisamment importante de PGF2 α par l'endomètre, les corps jaunes se lysent, levant leur inhibition sur la GnRH. Cette levée d'inhibition va avoir pour effet la reprise de la sécrétion des œstradiols E2, qui vont stimuler le recrutement et la croissance de follicules. La sécrétion de E2 va venir inhiber la production de GnRH, ce qui va limiter la FSH

présente dans l'organisme et ainsi sélectionner les follicules en croissance. On parle de phase de domination des follicules, seuls les plus gros, dits dominants continuent leur maturation, grâce à leur sensibilité à la LH. Lorsque les follicules dominants sont arrivés à maturité, la concentration de E2 est maximale, son action sur la GnRH s'inverse, elle devient stimulante. S'ensuit une augmentation rapide de la concentration de FSH et surtout de LH qui induit l'ovulation des follicules. À l'issue de l'ovulation les follicules se lutéinisent et en l'absence de gestation, le cycle recommence (Constant *et al.*, 2022).

Figure 11- Le cycle sexuel de la truie (Constant *et al.*, 2022).



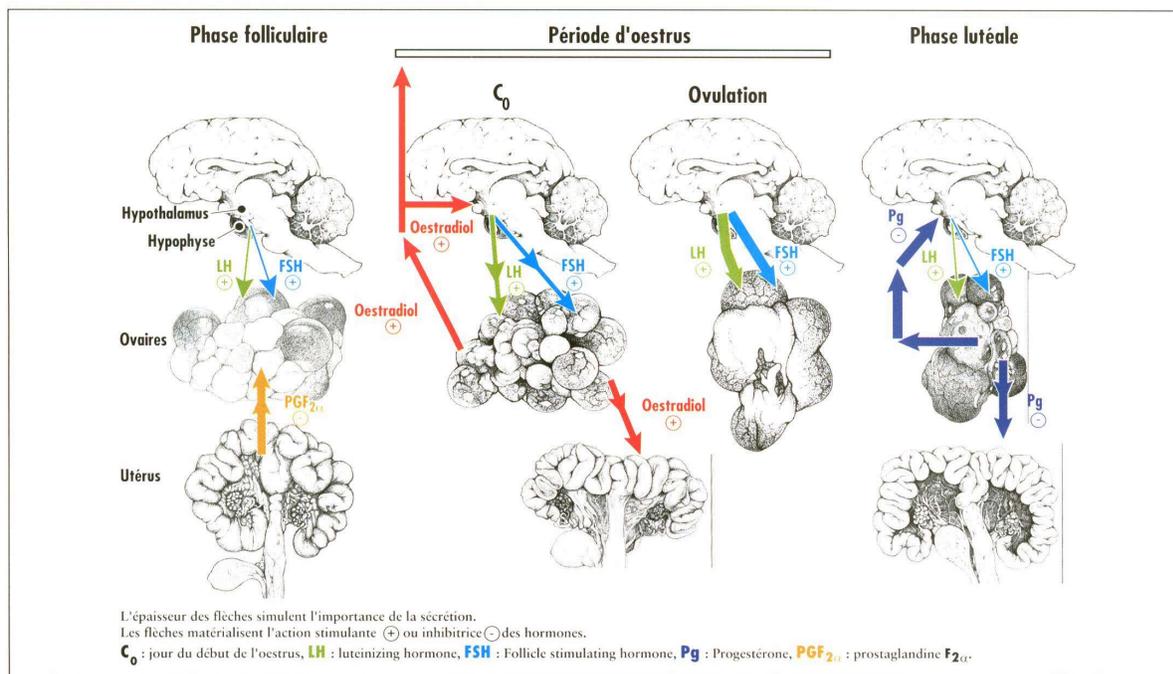
FSH : Follicle Stimulating Hormone ; LH : Luteinizing Hormone ; PGF2α : Prostaglandine F2α ; P4 : Progestérone ; E2 : Œstradiol 17β.

2.1.2.3. Modifications durant l'œstrus

L'œstrus correspond à la période où la femelle est fertile et accepte l'accouplement. Cela correspond à la période entre l'ovulation et jusqu'à la mort des ovocytes, 6 heures après. La femelle, cependant, est réceptive à l'accouplement sur une période plus importante, environ deux à trois jours, ce sont les chaleurs. L'ovulation a lieu aux trois-quarts des chaleurs (Boulot *et al.*, 2014). Cela correspond à un pic de concentration en œstrogènes. Ce pic va avoir une incidence sur le comportement et l'anatomie de la truie. Durant cette période, sous l'effet des œstrogènes, son utérus se tuméfie, sa muqueuse s'épaissit, afin de préparer au mieux l'implantation d'éventuels embryons. La vulve se gonfle, des écoulements vulvaires apparaissent. Des phéromones et odeurs afin d'attirer le mâle sont également sécrétées. Les œstrogènes agissent aussi sur le système nerveux de la truie, ainsi, elle s'immobilisera en présence d'un verrat. La truie, lors de sa phase de chaleur, va attirer le verrat, mais les sangliers sauvages sont aussi sensibles à ces modifications comportementales et hormonales et sont donc également attirés lorsque les femelles sont en chaleurs.

Les interactions hormonales durant le cycle sexuel de la truie sont résumées dans la Figure 12.

Figure 12- Schéma des interactions hormonales au niveau de l'axe hypothalamo-hypophysaire et de l'utérus durant le cycle sexuel de la truie (Martinat-Botte *et al.*, 2018).



2.1.2.4. Les solutions de contrôle

Comme dit dans la partie précédente, le contrôle de la sexualité des cochettes et des truies peut être nécessaire afin de réduire certains risques liés notamment à la présence de sangliers. Dans la littérature, la seule possibilité de stérilisation d'un cochon est l'option chirurgicale, l'ovariectomie. Elle est réalisable par le flanc gauche chez les jeunes animaux et le flanc droit chez les animaux plus âgés. Elle consiste en une laparotomie en quatre-temps :

- Laparotomie paralombaire droite ou gauche selon l'âge de l'animal,
- Recherche et extériorisation des ovaires,
- Ligature et exérèse des ovaires,
- Suture abdominale.

Cette opération se réalise sous anesthésie générale. C'est une opération invasive qui nécessite une prise en charge post-opératoire (Latrach et Frikha, 2012).

C'est dans un contexte de stérilisation par ovariectomie que les filières plein air comme la filière Kintoa se sont tournées vers une nouvelle méthode de stérilisation, basée sur la vaccination grâce au vaccin Improvac®.

2.2. Le vaccin Improvac®

2.2.1. La lutte contre les odeurs de la viande de verrat (Wesoly et al. 2020)

2.2.1.1. L'androsténone

La viande de verrat, un porc non castré, peut parfois présenter à la cuisson une odeur désagréable. Il peut s'agir d'une odeur urineuse ou fécale. Deux molécules sont majoritairement responsables de cette odeur désagréable : l'androsténone et le scatol (voir 2.2.1.2). L'indole peut également être impliqué à moindre mesure dans cette odeur. L'androsténone est une molécule lipophile fabriquée par les testicules. Ce stéroïde possède un rôle de phéromone sexuelle dans la salive stimulant le comportement sexuel des femelles.

2.2.1.2. Le scatol

Le scatol et l'indole sont produits dans le côlon à partir du tryptophane par des bactéries. Ils sont majoritairement excrétés dans les fèces, mais une partie est absorbée et passe dans la circulation générale (Wesoly et Weiler, 2012). Une fois dans le sang, ces molécules sont ensuite stockées dans le gras. Leur présence est associée à une odeur fécale de la viande à la cuisson. Les voies de dégradation du scatol semblent être inhibées par la présence de stéroïdes sexuels (Borrisser-Pairó et al., 2015). Le risque est donc plus important chez les mâles entiers que chez les non-castrés. C'est dans l'objectif d'éliminer ces odeurs désagréables liées à une activité testiculaire active que des solutions ont été explorées.

2.2.2. La suppression de la fonction sexuelle

Comme vu dans la partie précédente, le caractère entier du cochon est à l'origine d'odeurs désagréables. Ainsi, afin de pouvoir rentabiliser les carcasses des verrats, la castration peut être préconisée. Le vaccin Improvac® a obtenu sa première AMM le 11 mai 2009 en Europe. Son indication initiale est alors la réduction de l'odeur de la viande de verrat grâce à la suppression immunologique de la fonction testiculaire. En 2021, une révision de l'AMM lui permet d'étendre son utilisation aux femelles (Zoetis, 2020). Le principe actif d'un vaccin est défini comme « la substance présente dans le médicament qui lui confère ses propriétés thérapeutiques ou préventives. » (Ministère de la Santé et de la Prévention, 2023). Celui de l'Improvac® est un analogue du gonadotrophine relasing factor (GnrF) associé à une protéine immunogène. Cette protéine immunogène va permettre de stimuler le système immunitaire, qui va alors reconnaître le principe actif. S'ensuit le démarrage de la réaction immunitaire acquise (voir 2.3.2.), avec la mise en place d'anticorps et de lymphocytes mémoires. Les anticorps vont se fixer à la GnrF circulant dans le sang et l'inactiver. Ainsi on coupe la cascade de sécrétions des hormones sexuelles à la source. La suppression immunologique, selon la notice du vaccin, n'est valable qu'à partir de la deuxième injection du vaccin et dure neuf semaines pour les femelles. L'élargissement de l'AMM du vaccin Improvac® de Zoetis permet d'obtenir une suppression immunologique temporaire de la fonction ovarienne des truies et cochettes. Cette nouvelle possibilité de stérilisation offre aux éleveurs plein air de nouvelles opportunités quant à la mise aux normes de leurs parcs. Les animaux vaccinés avec le vaccin Improvac® sont, en effet, considérés stérilisés à partir de la deuxième injection et tant que leur protocole de vaccination est à jour.

2.3. Principe de la vaccination

2.3.1. Rappel historique (Le Roux., 2020)

Le principe de la vaccination a été énoncé par Edward Jenner en 1881. Il est le suivant : « Inoculer des virus affaiblis ayant le caractère de ne jamais tuer, de donner une maladie bénigne qui préserve de la maladie mortelle ». Historiquement, l'objectif de la vaccination était de protéger de maladies mortelles lorsqu'elles se développent dans l'organisme pour la première fois. La vaccination sert donc de premier contact avec un agent pathogène, ce qui permet la mise en place d'une mémoire immunitaire.

2.3.2. Mise en place de la mémoire immunitaire (Le Roux., 2020)

2.3.2.1. Les deux types de réponses immunitaires (Le Roux., 2020)

2.3.2.1.1. La réponse immunitaire innée

La réponse immunitaire primaire est l'ensemble des moyens de défense dont l'organisme dispose à la naissance. Elle est constituée des barrières physiologiques comme les muqueuses, et des cellules phagocytaires, comme les macrophages qui vont reconnaître les agents pathogènes et les éliminer grâce à la phagocytose. Cette immunité est peu spécifique, mais sa mise en place est rapide, de l'ordre de quelques minutes à quelques heures. Cependant sa non-spécificité fait qu'elle ne suffit pas toujours à lutter contre tous les types d'infection. C'est dans ce cas-là qu'une immunité plus spécifique, plus lente et plus efficace se met en place, la réponse immunitaire acquise.

2.3.2.1.2. La réponse immunitaire acquise

La réponse immunitaire acquise se déclenche lorsque la réponse immunitaire n'a pas suffi à empêcher le développement de l'infection. Elle est spécifique d'un antigène donné. Un antigène est une molécule possédant la propriété de déclencher une réponse immunitaire, on parle d'immunogénicité, et de se lier aux acteurs de la réponse immunitaire, on parle d'antigénicité. Pour résumer, il s'agit de molécules, ou de parties de molécule, qui peuvent être reconnues et éliminées par le système immunitaire. Tous les agents pathogènes possèdent des antigènes. Les mécanismes de reconnaissance des antigènes utilisent les anticorps, molécules capables de se fixer spécifiquement à un antigène. Or, la fabrication de ces anticorps met en jeu des mécanismes complexes d'épissage qui leur donne une variabilité infinie. Cette variabilité va permettre à un organisme de potentiellement reconnaître l'ensemble des antigènes existants. C'est pourquoi des maladies immunitaires sont possibles, les anticorps peuvent reconnaître un antigène appartenant à l'organisme et déclencher une réponse immunitaire contre lui-même. Ainsi, les anticorps peuvent cibler d'autres molécules que les agents pathogènes. C'est sur ce principe que fonctionne le vaccin Improvac®.

2.3.2.2. Mise en place de la mémoire immunitaire

La réponse immunitaire acquise se déclenche lorsque des anticorps circulant dans l'organisme reconnaissent un antigène. La liaison antigène-anticorps va ainsi avoir lieu. Le complexe formé migre vers le nœud lymphatique le plus proche à la recherche d'un lymphocyte, cellule de l'immunité acquise, capable de reconnaître le complexe antigène-anticorps. Lorsque la reconnaissance est faite par le lymphocyte, celui-ci va démarrer une cascade de transcription à l'origine d'une augmentation de la production de cellules inflammatoires, les cytokines, et une différenciation cellulaire du lymphocyte. Certains lymphocytes vont ainsi devenir des plasmocytes, molécules dédiées à la fabrication des anticorps. Ces anticorps vont se fixer sur les antigènes ce qui va permettre leur dégradation par les cellules phagocytaires. C'est cette différenciation des lymphocytes en plasmocytes qui est à l'origine du délai de la réponse immunitaire acquise. Une partie des lymphocytes vont se différencier en lymphocytes mémoires. Ces lymphocytes ont une grande durée de vie, allant de quelques mois à toute la vie. Ils vont permettre d'accélérer la réponse immunitaire lors d'un prochain contact avec l'antigène à l'origine de leur différenciation. Ainsi, en cas de nouveau contact avec l'antigène, la réponse immunitaire acquise se déclenche après seulement quelques jours, contre 2 à 3 semaines lors du premier contact. La mémoire immunitaire permet donc d'améliorer le délai et la force de la réponse immunitaire acquise.

2.3.3. Protocoles vaccinaux de l'Improvac®

La vaccination fait donc appel à la mémoire immunitaire en mimant le premier contact avec un antigène. Cependant la durée de vie des lymphocytes mémoires étant variable, des rappels sont nécessaires afin de pérenniser cette mémoire. Le protocole de vaccination pour les femelles selon la notice du vaccin est le suivant :

- Première injection possible à partir de 14 semaines d'âge
- Rappel toutes les quatre semaines

Cependant l'organisme naît avec un système immunitaire immature qui se développe durant les semaines suivant la naissance. Durant cette période, la protection est assurée par des anticorps maternels fournis au nouveau-né *via* le colostrum. Durant cette période, les anticorps de la mère vont protéger le nouveau-né en faisant office de système immunitaire. Ainsi si la vaccination a lieu avant la disparition des anticorps maternels, la mémoire immunitaire ne se mettra pas en place. La réduction des concentrations en scatole et androsténone est effective à partir de quatre à six semaines après la seconde vaccination. Certaines études avaient pour objectif de vérifier la durée d'efficacité du vaccin comme celle de Kowalski et *al.* en 2021. Cette étude avait pour objectif de vérifier l'impact sur la viande d'un intervalle plus ou moins long entre l'abattage et la seconde injection du vaccin. Elle a permis de mettre en évidence que le vaccin était efficace jusqu'à huit semaines après la première injection et quel que soit l'intervalle entre dernière injection et abattage, les odeurs de verrat étaient nulles pour près de 100 % des animaux étudiés. Le vaccin Improvac® est donc très efficace même si le protocole utilisé n'est pas celui de la notice.

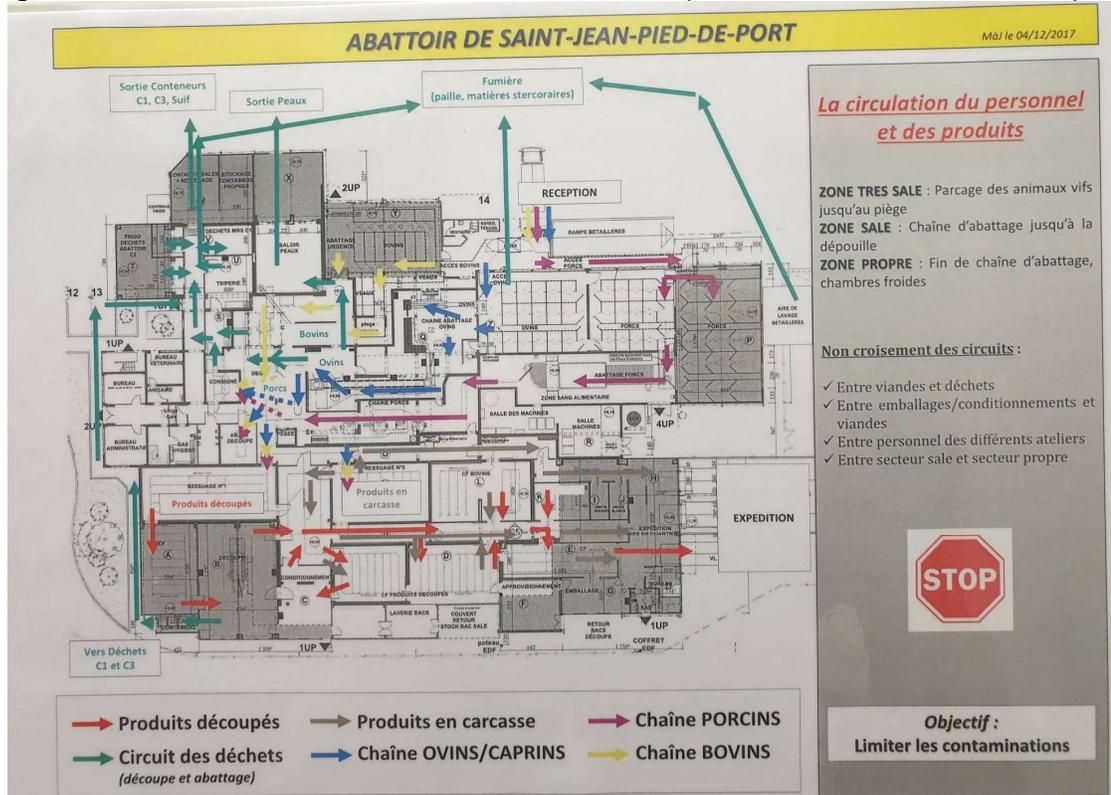
3. Qualité de la viande

3.1. L'abattoir et les premières découpes

3.1.1. Présentation d'un abattoir

Dans le cadre de cette thèse, nous avons travaillé avec l'abattoir de Saint-Jean-Pied-de-Port qui nous a autorisé à utiliser ses plans de la chaîne d'abattage pour illustrer le fonctionnement d'un abattoir. Le plan de l'abattoir est le suivant (Figure 13)

Figure 13- Plan de l'abattoir de ST-Jean-Pied-de-Port (crédit Photo : Killian Conreur).



3.1.2. Les différentes étapes d'abattage

3.1.2.1. L'examen ante-mortem

L'arrivée des animaux à l'abattoir se fait la veille ou le matin même de l'abattage. À leur arrivée les animaux sont observés par les services vétérinaires qui vont s'assurer que leur débarquement se passe dans les meilleures conditions possibles. Ils réalisent ensuite un examen visuel ante-mortem afin de relever d'éventuels signes de maladie (boiterie, problème de peau...). Ils vont également vérifier le statut sanitaire des animaux, en vérifiant les informations fournies par l'éleveur sur la transportabilité et l'information sur la chaîne alimentaire. C'est à ce moment-là que les animaux sont jugés aptes à être abattus ou non. Les besoins des animaux, et notamment la température et l'accès à l'eau sont respectés. Une fois que les ouvriers de l'abattoir sont prêts, l'abattage commence.

3.1.2.2.L'amenée et l'étourdissement

L'amenée est le couloir qui permet aux animaux de rejoindre le circuit d'abattage. Cette étape est cruciale concernant la gestion du stress. Plusieurs méthodes d'étourdissement existent en fonction des animaux abattus et du matériel de l'abattoir. Dans l'abattoir de Saint-Jean-Pied-de-Port, il s'agit d'un étourdissement électrique. Le niveau de conscience de l'animal, via la présence de réflexes et de tonus musculaires est évalué. Si un doute persiste, l'animal est une nouvelle fois étourdi, avant de procéder à la mise à mort par saignée.

3.1.2.3.La mise à mort

La mise à mort de l'animal est réalisée par saignée. L'animal meurt, car il se vide de son sang. Le sang empêcherait la bonne maturation et augmenterait le risque d'insalubrité de la viande. Pour réaliser la saignée, l'animal est égorgé et les vaisseaux sont sectionnés à la base du cœur. La gravité et le travail du cœur terminent ensuite le travail, l'animal se vide de 95 % de son sang en quelques minutes.

3.1.2.4.L'échaudage, l'épilage et le flambage

Une fois l'animal vidé de son sang, un échaudage est réalisé. Le principe est de ramollir la peau et les poils afin de faciliter leur élimination. L'échaudage consiste généralement en un bain d'eau chaude dont la température est d'environ 60°C. La durée d'immersion dépend de la température de l'eau. À l'issue de ce bain, la carcasse entre dans une flagelleuse, qui va arracher mécaniquement les poils. Enfin, la carcasse est flambée, afin de brûler les dernières soies, de sécher la carcasse et de faire une première désinfection. L'objectif de ces trois étapes est de produire une carcasse propre, sèche et dénuée de poils afin de favoriser le bon déroulement des étapes qui suivent, le déshabillage, l'éviscération et la finition.

3.1.2.5.Le déshabillage, l'éviscération et la finition

Le déshabillage consiste à retirer les abats digestifs, ou abats blancs. Il s'agit de l'étape la plus à risque d'un point de vue sanitaire. En effet, les intestins contiennent une haute concentration de bactéries dont certaines peuvent être pathogènes et dangereuses pour l'homme. Une fois les abats blancs ôtés, les abats rouges sont retirés et déposés sur une chaîne à part où ils subiront une inspection par les services vétérinaires. Si l'inspection est conforme, la carcasse et les abats peuvent être consommés ; s'il y a des signes d'infection, une saisie partielle ou totale peut être prononcée. Une fois les abats retirés, la carcasse est fendue en deux au niveau de la colonne vertébrale, puis la moelle épinière et les rognons sont retirés après inspection. Un dégraissage de la cage thoracique est effectué afin de contrôler l'intégrité de la plèvre. Une fois la carcasse prête, son taux de muscles des pièces (TMP) est mesuré, il servira de base de paiement aux éleveurs. Une pesée est réalisée, puis un refroidissement est nécessaire. La carcasse doit atteindre 7°C à cœur en 24h. Ce refroidissement marque le début de ce qu'on appelle la chaîne du froid.

3.2. Composition de la carcasse

À l'issue des étapes d'abattage, on obtient une carcasse. Celle-ci est conservée telle qu'elle pour être vendue en tant que carcasse entière ou fendue en deux demi-carcasses, puis refroidie. Les Figure 14 et 15 présentent une demi-carcasse de porc ainsi que les coupes standards les plus

fréquemment utilisées. Il existe de nombreuses façons de gérer la première découpe de la carcasse du porc. Un état des lieux exhaustif des techniques de découpe existe : la norme CEE-ONU de 2006 (Commission économique des Nations Unies pour l'Europe, 2006). Nous ne développerons dans cette thèse que la découpe utilisée par l'abattoir de Saint-Jean-Pied-de-Port et les bouchers avec qui nous étions en relation.

Figure 14- Composition de la carcasse, vue intérieure (Commission économique des Nations Unies pour l'Europe, 2006).

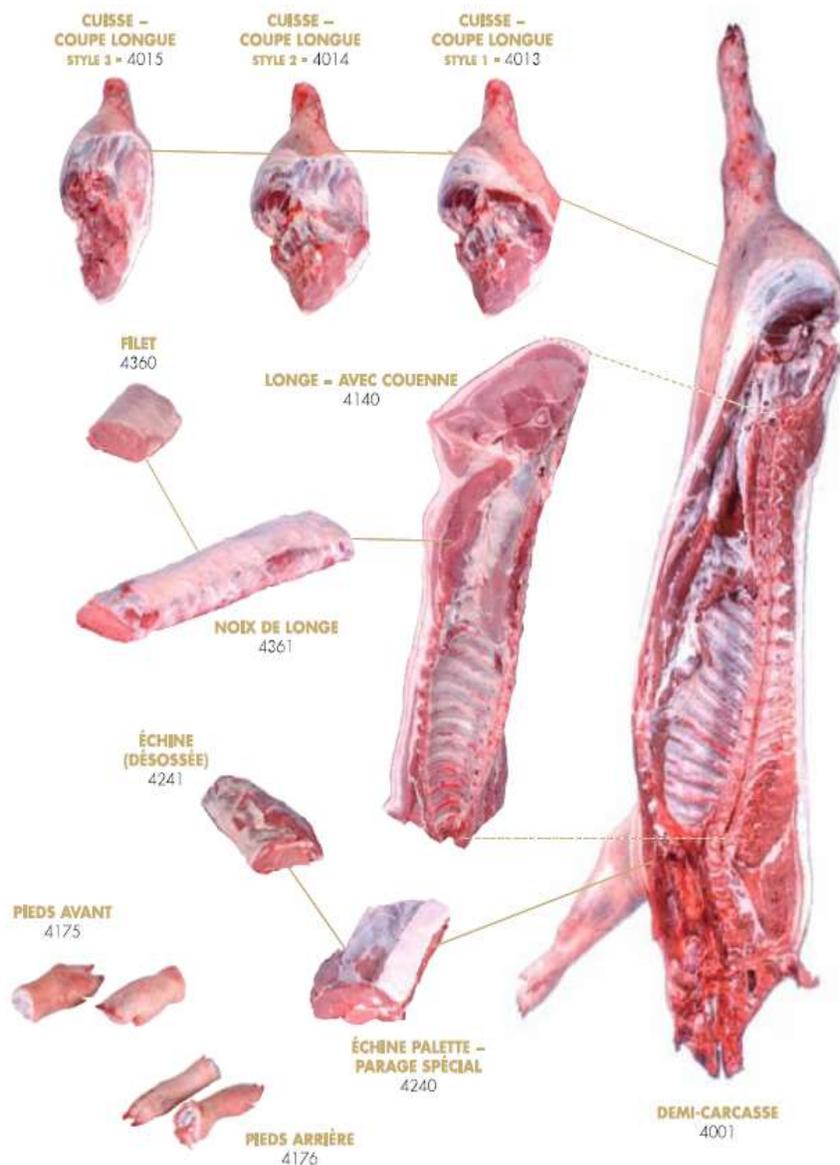
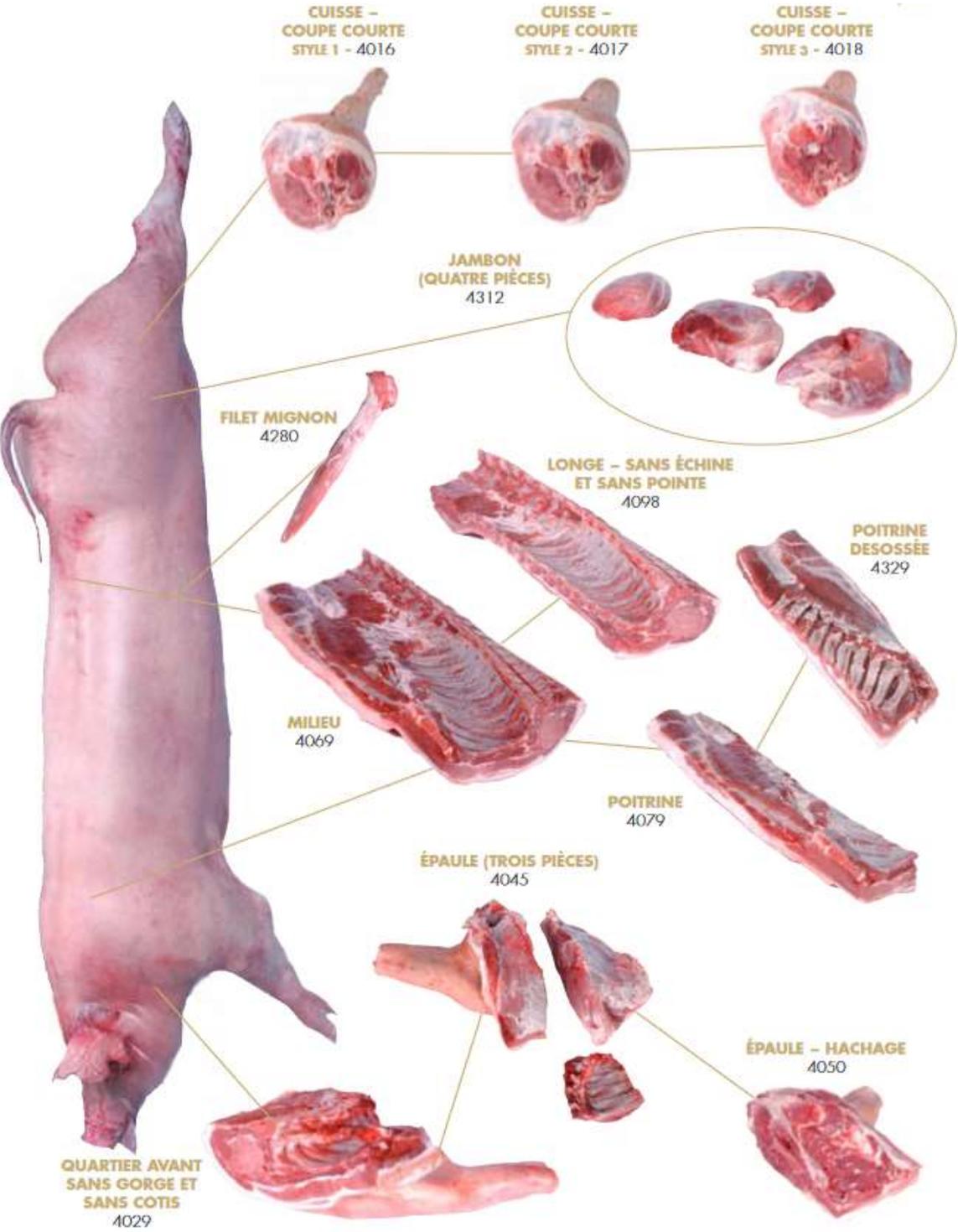


Figure 15- Composition de la carcasse, vue extérieure (Commission économique des Nations Unies pour l'Europe, 2006).



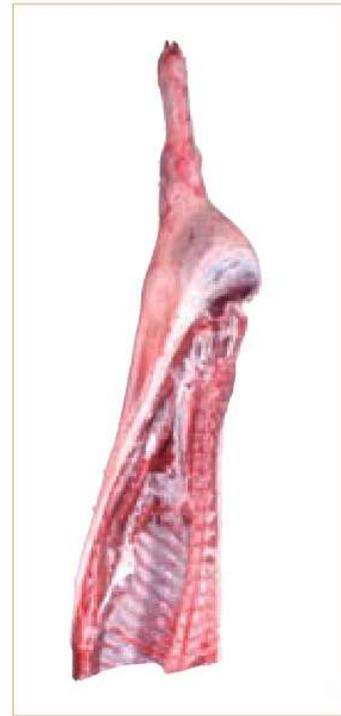
3.2.1. Quartiers avant et quartiers arrières

La carcasse de porc peut être découpée en quatre quartiers. Les quartiers avant et les quartiers arrières. On compte deux quartiers avant et deux quartiers arrières soit un par demi-carcasse. Pour obtenir un quartier avant, on coupe transversalement une demi-carcasse entre la première et la sixième côte (Figure 16), le numéro de la côte étant laissée à l'appréciation de l'acheteur. Les quartiers arrières (Figure 17) sont quant à eux obtenus à partir d'une coupe transversale entre la huitième ou neuvième côte (« Porcine meat carcasses and cuts », 2008).

**Figure 16- Photo d'un quartier avant
(Commission économique des Nations
Unies pour l'Europe, 2006).**



**Figure 17- Photo d'un quartier arrière
(Commission économique des Nations
Unies pour l'Europe, 2006).**



3.2.2. Le cinquième quartier

Le cinquième quartier peut être défini comme les parties de l'animal abattu qui ne peuvent pas être qualifiées de viande. Le cinquième quartier représente 13 % de la carcasse (FranceAgriMer, 2013). On peut diviser les produits du cinquième quartier comme suit :

- Les sous-produits animaux non destinés à la consommation humaine
- Les matières destinées à la consommation humaine parmi lesquelles on trouve notamment les abats tripiers, les coproduits comme le sang et les os, ou encore les peaux servant à la fabrication de gélatine (FranceAgriMer, 2013). Ce sont surtout ces dernières qui vont être concernées par la vaccination avec Improvac®. En effet, les lots d'animaux vaccinés développeraient moins de comportements de morsure et les lésions de peaux seraient moins importantes et moins graves que chez des mâles non castrés (Andersson *et al.*, 2012).

3.3. Qualité de la viande

3.3.1. Critères de qualité

Juger de la qualité d'un produit est toujours une tâche délicate. La subjectivité associée est souvent un obstacle à la définition des critères fiables de qualité. Pour juger de la qualité, des critères objectifs, facilement mesurables, doivent être trouvés. La liste des critères de qualité et leurs méthodes de mesures sont compilées par le National Pork Producer Council (NPPC) dans sa publication de 2000 : « Pork composition and quality assessment procedures » (National Pork Producer Council, 2000). Parmi les critères de qualité retenus, on peut citer :

- Le TMP de la carcasse
- La capacité de rétention d'eau de la viande et l'exsudation
- Le pH
- La couleur du muscle
- La fermeté et tendreté de la viande
- Le persillé
- La qualité des protéines et du gras
- Le goût

Certains critères de qualité sont plus facilement mesurables que d'autres. Dans le cadre de cette thèse, les critères retenus ont été le TMP, l'exsudation, la couleur et le persillé.

3.3.2. Le TMP

3.3.2.1. Définition

Afin de déterminer des critères de qualité et de payer la carcasse au prix juste, il est nécessaire de définir la qualité des carcasses. La classification EUROP est une grille de classement permettant de rendre compte de la qualité des carcasses édictée dans le règlement n°1308/2013 du conseil de l'Union Européenne (Conseil de l'Europe, 2013). Elle se base sur le taux de muscles des pièces.

Le TMP représente le pourcentage de muscles et de gras dans la viande de porc. Un TMP de 100 % signifie que la carcasse est uniquement constituée de muscles. Un TMP de 50 % correspond à une carcasse présentant autant de gras que de muscles. C'est l'un des critères de qualité les plus importants concernant la viande de porc. Il est mesurable facilement. Le TMP va définir le prix de la carcasse. La classification EUROP propose la grille suivante (tableau 2) :

Tableau 2- Classification EUROP de la qualité des carcasses de porc (Conseil de l'Europe, 2013).

Viande maigre estimée en pourcentage du poids de la carcasse	Classe
Plus de 60	S
Entre 55 inclus et 60 exclu	E
Entre 50 inclus et 55 exclu	U
Entre 45 inclus et 50 exclu	R
Entre 40 inclus et 45 exclu	O
Moins de 40	P

3.3.2.2. Méthodes de mesure

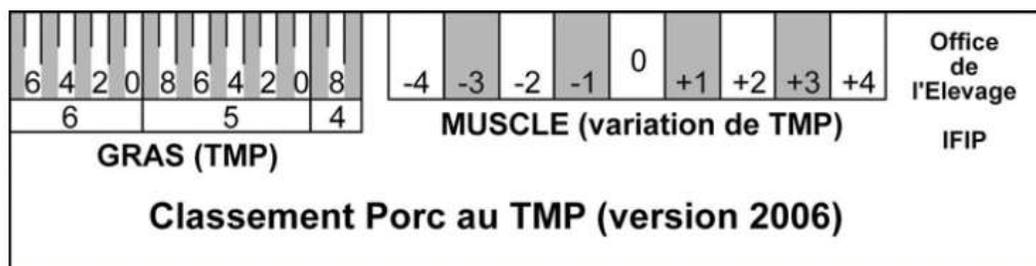
La mesure du TMP peut se faire selon différentes méthodes. Il en existe sept actuellement agréées en France par la décision 2008/677/CE du 28 juillet 2008 (Conseil de l'Europe, 2008b). On compte ainsi :

- Deux méthodes automatiques utilisant des appareils à visioniques.
- Quatre méthodes semi-automatiques.
- Une méthode manuelle. Cette méthode est autorisée uniquement dans les abattoirs ayant un volume inférieur à 200 porcs par semaine. Cette méthode manuelle s'appelle la méthode Zwei Punkt (ZP) qui signifie deux points en allemand.

Les méthodes automatiques et semi-automatiques ne seront pas développées. Le guide classement / marquage / pesée de FranceAgriMer en détaille quelques-unes (FranceAgriMer, 2010).

La méthode ZP est une méthode rapide et peu onéreuse. Cette méthode nécessite un opérateur humain. Une réglette est nécessaire à la mesure. Il s'agit d'une réglette officielle fournie par FranceAgriMer présentée sur la Figure 18 (Daumas, 2007).

Figure 18- Réglette TMP fournie par FranceAgriMer (Daumas, 2007).



L'opérateur muni de cette réglette va mesurer deux valeurs, les valeurs G et M (Figure 19). La première correspond à l'épaisseur minimale de gras recouvrant le muscle fessier moyen ou *gluteus medius*, représentée par l'épaisseur G sur la Figure 20. La seconde correspond à l'épaisseur minimale de muscle lombaire entre le muscle *gluteus medius*, représentée par l'épaisseur M sur la Figure 21 et la face dorsale du canal rachidien (FranceAgriMer, 2010).

Figure 19- Localisation des sites de mesure du TMP (FranceAgriMer).

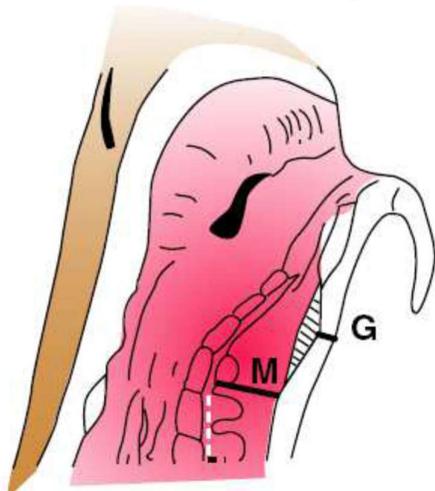


Figure 20- Mesure de la valeur G (FranceAgriMer).

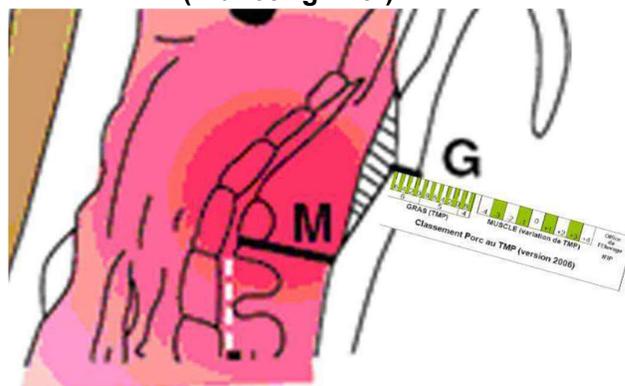
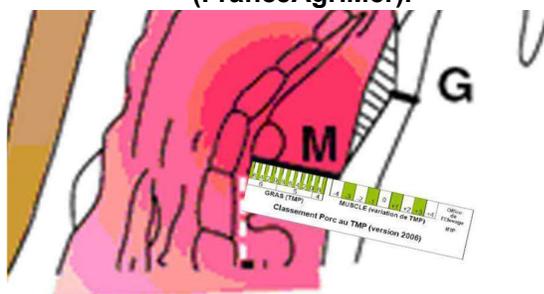


Figure 21- Mesure de la valeur M (FranceAgriMer).

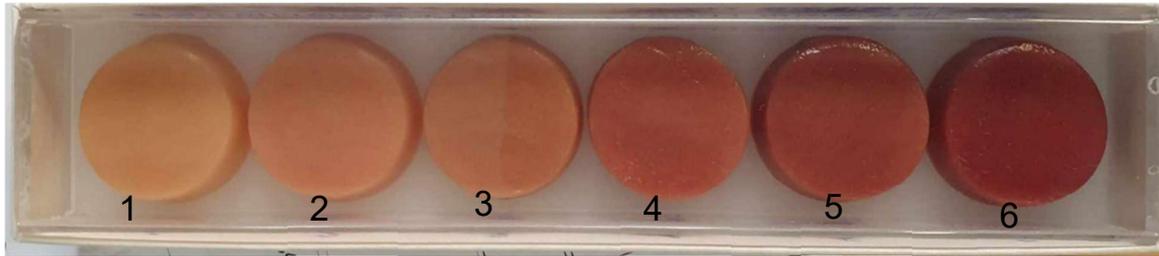


La réglette permet de faire automatiquement la conversion des deux mesures en TMP. La première mesure donne un TMP et la deuxième une variation. Ainsi, dans notre exemple nous obtenons une valeur G de 62 (Figure 20), une variation M de -4 (Figure 21), ce qui donne un TMP de 58%.

3.3.3. La couleur de la viande

La couleur de la viande est l'un des premiers critères objectivés par le consommateur pour juger de la qualité d'un produit (Pathare *et al.*, 2013). Le consommateur fait le lien entre la couleur du produit et la qualité ; une viande pâle, ou avec beaucoup de jus dans la barquette ne sera pas associée à un produit de bonne qualité (Font-i-Furnols et Guerrero, 2014). Cependant la perception des couleurs étant propre à chacun, des échelles ont été mises en place afin de pouvoir avoir des références objectives pour la couleur. L'échelle de référence est celle du NPPC (Figure 22).

Figure 22- Échelle japonaise de référence de couleur de porc appartenant à la filière (Killian Conreur).



3.3.4. Le persillé

Le persillé représente la répartition du gras à l'intérieur des muscles. Tout comme la couleur, le persillage influence le consommateur (Ngapo *et al.*, 2007; Pathare *et al.*, 2013). Certains pays comme le Japon préfèrent par exemple une viande moins grasse (Ngapo *et al.*, 2007). Une échelle standard a été créée afin de juger du persillage d'une viande de porc. Le NPPC en est également à l'origine (Figure 23).

Figure 23- Échelle de référence du persillage d'une viande de porc (NPPC, 1999).



3.3.5. La couleur du gras

La couleur du gras de la carcasse est également un critère de qualité de la viande. Comme pour le muscle, une échelle existe créée par Canada Pork International (Figure 24).

Figure 24- Échelle canadienne de la couleur du gras (Canada Pork International).



3.3.6. L'exsudation

L'exsudation représente la perte de fluides dans un muscle sans application de force mécanique. La perte d'eau par exsudation, lorsqu'elle est importante, implique une perte de poids élevée de la viande, une dégradation des nutriments et un risque d'échecs lors de la transformation de la viande (National Pork Producer Council, 2000). L'objectif est donc de contrôler cette perte en eau afin de limiter la perte de qualité de la viande. Le consommateur va également rechercher une absence de liquide dans les barquettes provenant de viandes emballées. Une viande qui a perdu beaucoup

d'eau peut être gustativement parlant moins intéressante et plus dure à la cuisson (Font-i-Furnols et Guerrero, 2014).

4. Conclusion

La qualité de l'alimentation est de plus en plus au centre des préoccupations des consommateurs, notamment portée par le phénomène flexitarien. Le regard du consommateur est de plus en plus tourné sur ce qu'il mange et sur les procédés de fabrication. Les lois récentes sur le bien-être animal et la biosécurité imposent de nouvelles gestions de la stérilisation des animaux, notamment en élevages plein air. Afin de respecter au mieux ces nouvelles attentes et la réglementation, la filière porcine doit se maintenir en constante évolution. Cependant l'utilisation d'innovations dans la gestion d'élevage est sujette à interrogation. Il est important pour rassurer les éleveurs et les sensibiliser aux nouvelles options qui s'offrent à eux, de vérifier que leurs produits conservent la même qualité.

C'est dans cette démarche de recherche de qualité que s'inscrit cette thèse. En effet une question n'a pas été évoquée concernant l'Improvac® : l'impact de cette vaccination sur la qualité générale de la viande. C'est cette interrogation qui a motivé la réalisation de cette thèse.

Deuxième partie : étude expérimentale

Introduction et objectif

La filière Kintoa dans sa volonté de respecter les réglementations en vigueur concernant les clôtures des parcours plein air, a opéré des essais sur la stérilisation des cochettes afin d'être autorisée à profiter de la dérogation liée à la présence de femelles non pubères sur le parcours. Dans ses essais, les ovariectomies se sont montrées peu convaincantes et difficiles à mettre en œuvre. Puis le vaccin Improvac® a obtenu son AMM pour les porcs femelles. Cela a ouvert la porte à une solution plus simple à mettre en œuvre que l'opération. Cependant, cette nouvelle façon de vacciner a été confrontée à une vague d'incertitude chez les éleveurs concernant son impact sur la production et la qualité de la viande, car les carcasses des animaux recevant l'AOP Kintoa ont une très forte valeur ajoutée. Ainsi, la filière s'est rapprochée de Zoetis France, laboratoire titulaire de l'AMM de l'Improvac® à l'initiative de ce sujet de thèse après échanges avec le directeur de thèse. L'objectif de cette thèse est de vérifier, à l'aide d'une étude cas-témoin, que la vaccination Improvac® n'a pas d'impact négatif sur la qualité de la viande des porcs femelles en croissance élevées en plein air au sein de la filière.

1. Matériel et méthodes

1.1 Organisation générale du relevé des données

1.1.1 Sélection des élevages et des animaux

L'objectif de cette thèse expérimentale est de s'assurer que la vaccination avec le vaccin Improvac® chez les cochettes en croissance n'a pas d'impact négatif sur la qualité de la viande. Pour ce faire, il fallait sélectionner des animaux et donc des élevages chez qui le vaccin allait être mis en place. La filière Kintoa a donc lancé un appel aux volontaires et huit élevages ont accepté de vacciner les cochettes selon deux lots, un lot « été » dont la vaccination a commencé durant l'été 2021 et un lot « hiver » qui a commencé entre décembre et mars 2022. Un seul élevage avait un lot pour chaque saison, les autres élevages ne comprenait qu'un seul lot, en hiver ou en été. En parallèle la filière a sélectionné des élevages avec des animaux témoins, non vaccinés, qui seraient comparés aux femelles vaccinées. Les animaux témoins ont été sélectionnés afin qu'ils proviennent prioritairement des élevages ayant fourni des animaux vaccinés.

Les relevés de données se sont déroulés du mois de juin 2022 au 31 juillet 2023. Au total, des données sur 355 animaux provenant de 13 élevages de la filière ont été inclus dans l'étude. Cent-soixante-neuf animaux vaccinés ont été inclus dans l'étude pour 186 témoins. Les animaux ont été vaccinés par Dr Manuel Cela (cabinet vétérinaire Abiopole). La première injection de vaccin était faite à partir de l'âge de 18 semaines, puis une deuxième 4 semaines plus tard. Les animaux recevaient ensuite une injection de rappel toutes les 12 semaines. La conduite des animaux vaccinés a été au sein de chaque élevage la même que pour les animaux non vaccinés ou témoins issus du même élevage.

Les animaux ont été différenciés selon leur statut vaccinal. Les animaux témoins sont des animaux présentés à l'abattoir le même jour que les femelles vaccinées inclus dans l'étude et provenant des mêmes élevages. Cependant, le manque d'animaux a parfois obligé à sélectionner d'autres élevages. Dans ce cas, les animaux d'autres élevages ont été inclus dans l'étude lorsqu'ils étaient présentés le même jour que des femelles vaccinées.

Du fait des faibles effectifs de la filière ainsi que des contraintes de la société Pierre OTEIZA, les données n'ont pas pu être relevées sur tous les animaux. Le faible nombre d'animaux abattus associés à des carcasses à haute valeur ajoutée souvent vendues avant la moindre découpe a rendu difficile le relevé des données sur tous les animaux vaccinés. Certains animaux ont également été envoyés chez d'autres transformateurs ne disposant pas des mêmes moyens que la société Pierre OTEIZA, ce qui a augmenté le nombre de données manquantes.

1.1.2 Réalisation des mesures

La majorité des éleveurs de la filière envoient les carcasses de leurs animaux à la société Pierre OTEIZA pour être transformées. C'est donc dans les locaux de la société qu'ont été réalisées la majorité des mesures. Cependant certains élevages sélectionnés transformaient eux-mêmes leurs carcasses. Dans ce cas de figure, le relevé des données était réalisé par leurs soins dans l'atelier de transformation. Au sein de la filière et de la société Pierre OTEIZA, les bouchers, stagiaires et responsables des mesures ont été formés durant les mois d'avril et mai 2022 afin de mettre au point les façons de découper la viande, l'organisation générale du relevé des mesures en se calant sur le rythme de travail des bouchers et de la société. Ainsi, les mesures se faisaient en plusieurs temps :

- L'abattoir abattait les animaux le jeudi de chaque semaine (sauf jour férié), les mesures sur la carcasse (relevé de boucle, poids vif, TMP) étaient alors effectuées par le personnel de l'abattoir.
- Les bouchers de la société Pierre OTEIZA réalisaient la première découpe de la viande et faisaient les mesures sur le jambon avant sa salaison et le début de sa transformation.
- Les dernières découpes et mesures étaient réalisées le lundi suite à la dernière découpe de la viande, la dixième côte de longe était prélevée puis les mesures sur la pièce étaient effectuées. Enfin, les côtes étaient mises en barquette pour estimer l'exsudation de la viande.

1.1.3 Suivi des animaux

Les mesures effectuées ont nécessité le suivi des animaux inclus entre leur arrivée à l'abattoir et leur arrivée à la société Pierre OTEIZA. Pour ce faire, les éleveurs notifiaient sur le bon de livraison à l'abattoir le statut des animaux. L'abattoir pouvait ainsi savoir sur quel animal faire les mesures. Cette information était ensuite transmise à la société Pierre OTEIZA sur le ticket d'abattage. Afin de faciliter le travail des bouchers concernant le relevé des données, une fiche de relevé leur était transmise.

1.2 Liste et méthodes de relevé des données étudiées

1.2.1 Les données d'abattoir

1.2.1.1 Le numéro de tuerie

Chaque animal se voit attribuer un numéro de tuerie par l'abattoir, à la suite de son abattage. Chaque animal est ainsi identifié après sa mort par ce numéro. Les bouchers de la société Pierre OTEIZA ne connaissaient que ce numéro au moment de réaliser les mesures. Il permettait après le relevé des données de connaître l'élevage et le statut de l'animal.

1.2.1.2 Le poids carcasse

Le poids de la carcasse à chaud était enregistré à l'abattoir pour chaque animal à l'aide d'une balance. Ce poids était noté sur le ticket de pesée transmis aux éleveurs et à la filière.

1.2.1.3 Le TMP

Le TMP était obtenu à l'aide de la réglette officielle de FranceAgriMer, les techniciens relevaient les valeurs G et M et les inscrivaient alors sur le ticket de pesée. Le TMP était ensuite calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$TMP = 55,99 - 0,514 G + 0,157 M \text{ (G. Daumas, 2007).}$$

1.2.2 Les données issues de la première découpe

1.2.2.1 Le poids du jambon

Après leur abattage, les carcasses étaient transportées le lendemain matin à l'atelier de transformation de la société Pierre OTEIZA. Les carcasses subissaient une première découpe où les jambons étaient isolés et pesés avant leur transformation. Le poids de chaque jambon est reporté sur la fiche de relevé.

1.2.2.2 L'épaisseur du gras du jambon

Pendant la pesée du jambon, l'épaisseur de la graisse était mesurée à l'aide d'une règle graduée comme sur la Figure 255.

Figure 25- Mesure de l'épaisseur du gras du jambon (source Patrick Chevillon, IFIP).

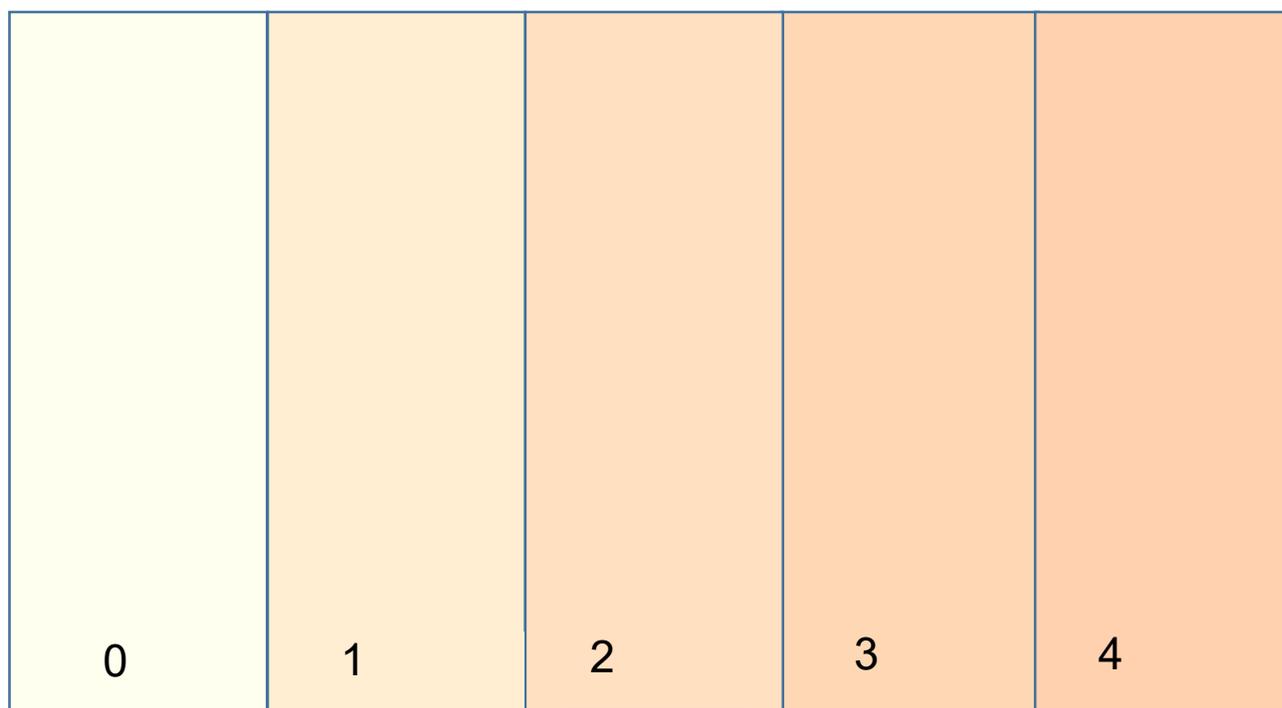


1.2.2.3 La couleur du muscle et du gras du jambon

Pendant la mesure de l'épaisseur du gras du jambon, la couleur du gras était comparée au nuancier (Figure 26) afin de lui attribuer une note de 0 à 4. La société Pierre OTEIZA possède une reproduction de l'échelle japonaise (Figure 22). La couleur du muscle du jambon était comparée à

cette échelle afin d'attribuer à la viande une note entre 1 et 6. Afin de faciliter le travail des bouchers, des nuanciers plastifiés avec toutes les échelles à utiliser étaient mis à leur disposition.

Figure 26- Nuancier de l'échelle canadienne de couleur du gras.



1.2.2.4 La température du jambon

La température du jambon était mesurée à l'aide du thermomètre alimentaire de la société Pierre OTEIZA utilisé lors des contrôles qualités. La température du jambon était relevée en enfonçant la sonde au cœur du muscle.

1.2.2.5 Le pH du jambon

Le ph était mesuré à l'aide du pH-mètre utilisé par la filière lors des contrôles qualités. Il était enfoncé au cœur du jambon et la valeur du pH était notée.

1.2.3 Les données relevées durant la deuxième découpe

1.2.3.1 Le poids de la longe

La découpe de la longe avait ensuite lieu. Seul le poids de la côte de longe après découpe a été relevé par les opérateurs. La dixième côte était prélevée, son poids était noté, puis les autres mesures sur la viande étaient réalisées.

1.2.3.2 La couleur du muscle et du gras de la longe

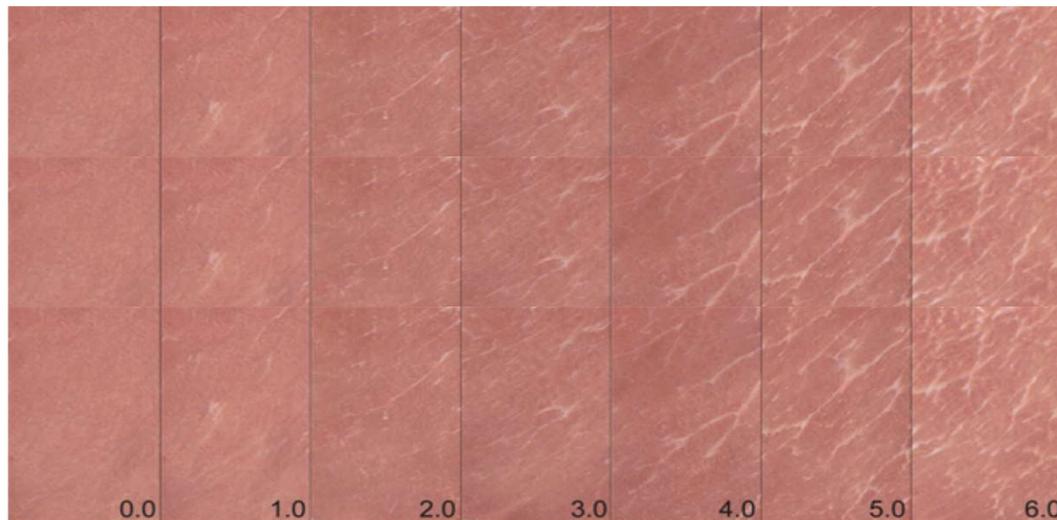
L'évaluation de la couleur était faite sur la dixième côte. La couleur du muscle de la longe était comparée à la reproduction de l'échelle japonaise possédée par la société, une note entre 1 et

6 lui était attribuée (Figure 22). De la même façon la couleur du gras de la longe était comparée au nuancier fourni et une note entre 0 et 4 lui était attribuée (Figure 26).

1.2.3.3 Le persillage

L'évaluation du persillage de la viande se faisait sur la dixième côte. Un nuancier élaboré à partir de l'échelle du NPPC (Figure 27) était fourni et comparé à la viande, pour attribuer une note entre 0 et 6 à la côte.

Figure 27- Nuancier utilisé pour le persillage.



1.2.3.4 Exsudation

Les côtes étaient parées de leur gras, puis pesées. Une fois pesées, elles étaient déposées dans des barquettes pendant 48h comme sur la Figure 28. Elles étaient ensuite essuyées à l'aide de papier absorbant puis à nouveau pesées. La différence de poids était notée. Elle correspond à la perte de liquide par la viande.

Figure 28- Côtes de longe au moment de la mise au repos.



1.3 Analyses statistiques

1.3.1 Outil utilisé

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R et son outil R commander (RStudio, Inc, 2011). Le logiciel Excel a été utilisé pour recenser les données et réaliser des histogrammes de répartition des données (Microsoft Corporation, 2018. *Microsoft Excel*).

1.3.2 Méthodes utilisées

Dans un premier temps, un test de Student a été réalisé pour comparer les moyennes des animaux de chaque groupe. Les tests de Student ont été réalisés avec l'hypothèse H_0 suivante : « il n'y a pas de différence entre les animaux témoins et les animaux vaccinés sur le critère étudié ». Le test nous renvoie une p-value qui, si elle est inférieure à 0,05 rejette l'hypothèse. On peut ainsi conclure qu'il existe une différence significative entre les moyennes des groupes testés pour le critère étudié. Si cette p-value est supérieure à 0,05, on ne peut pas exclure l'hypothèse. On peut alors conclure qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes testées.

Cependant, les animaux étant issus de différents élevages, on ne pouvait pas exclure un effet élevage dans nos observations, d'autant que le nombre d'animaux vaccinés et témoins n'étaient pas identiques au sein de chaque élevage. Nous avons donc utilisé un modèle linéaire mixte avec comme variable fixe le statut vaccinal et comme variable aléatoire, l'élevage d'origine. Pour ce faire la répartition des mesures réalisées sur chaque critère était d'abord observée grâce à un histogramme sur le logiciel Excel afin de vérifier la distribution des valeurs. Lorsque la répartition ne semblait pas suivre une loi normale, le modèle n'a pas été appliqué. Une fois la distribution vérifiée, un modèle linéaire généralisé mixte a été appliqué dans R commander afin de tester l'hypothèse H0 suivante : « Il n'y a pas de différences entre les animaux vaccinés et des animaux témoins pour le critère étudié lorsque l'on prend en compte le facteur de confusion qu'est l'élevage d'origine des animaux ». Cela nous permet de tester notre hypothèse en prenant en compte l'élevage d'origine des animaux. Ce test nous renvoie à nouveau une p-value. Si celle-ci est inférieure à 0,05 on rejette l'hypothèse et on peut conclure que malgré la présence d'un facteur de confusion lié à l'élevage, il existe bien des différences significatives entre les moyennes des deux lots étudiés. Si cette p-value est supérieure à 0,05 alors on ne peut pas rejeter l'hypothèse testée, et on conclut qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes des animaux témoins et des animaux vaccinés en prenant en compte l'élevage d'origine des animaux.

2 Résultats de l'étude

2.1 Données brutes recueillies et tests statistiques

2.1.1 Le poids de la carcasse

Le poids de la carcasse est un critère mesuré en routine à l'abattoir et inscrit sur le ticket de pesée. Les données sont donc disponibles pour la totalité des 355 animaux de l'étude et sont résumées dans le Tableau 3 et le Tableau 4.

Tableau 3- Résumé des données du poids carcasse (kg) selon l'élevage et le statut des animaux.

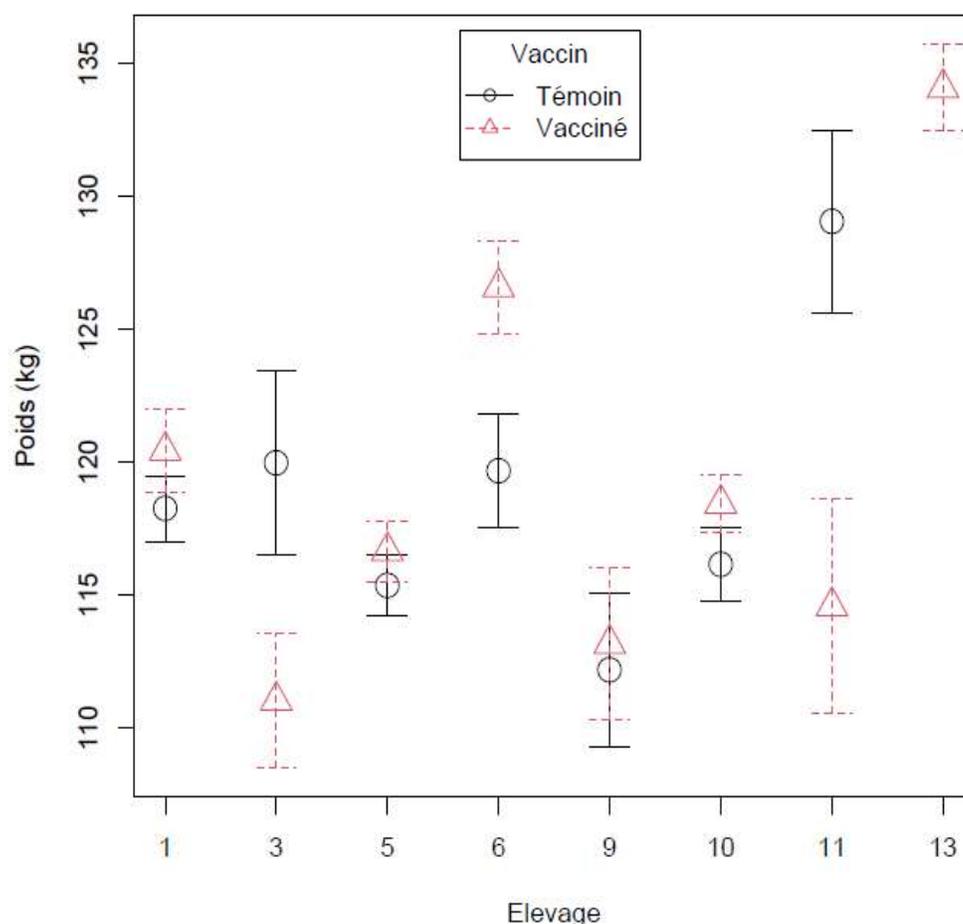
Élevage	Statut	Effectif	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
1	Témoin	23	118,26	117,66	5,92	107,77	128,82
	Vacciné	23	120,43	120,67	7,51	106,12	139,39
	Groupe	46	119,35	119,75	6,77	106,12	139,39
2	Témoin	5	111,82	110,10	8,43	100,01	121,44
3	Témoin	14	119,97	115,48	12,91	104,57	148,70
	Vacciné	12	111,03	108,35	8,84	98,55	125,42
	Groupe	26	115,84	113,44	11,90	98,55	148,70
4	Témoin	6	108,69	107,90	5,31	102,63	117,86
5	Témoin	39	115,37	114,56	7,20	101,75	128,91
	Vacciné	36	116,66	114,98	6,88	105,34	133,38
	Groupe	75	115,99	114,65	7,03	101,75	133,38
6	Témoin	14	119,67	122,37	8,03	101,27	130,37
	Vacciné	17	126,58	126,10	7,19	115,62	141,33
	Groupe	31	123,46	123,48	8,23	101,27	141,33
7	Témoin	5	117,08	111,65	11,40	107,09	135,80
8	Témoin	3	121,44	123,09	3,46	117,47	123,77
9	Témoin	8	112,18	110,34	8,22	102,24	125,91
	Vacciné	8	113,18	114,85	8,02	94,77	121,83
	Groupe	16	112,68	113,40	7,86	94,77	125,91
10	Témoin	57	116,15	114,07	10,57	106,12	151,51
	Vacciné	53	118,45	117,37	7,87	90,40	134,44
	Groupe	110	117,26	114,56	9,39	90,40	151,51
11	Témoin	4	129,06	129,45	6,86	121,54	135,80
	Vacciné	4	114,59	114,76	8,05	104,86	123,97
	Groupe	8	121,82	122,76	10,38	104,86	135,80
12	Témoin	8	125,45	128,38	9,29	110,87	136,38
13	Vacciné	16	134,09	133,28	6,55	123,87	147,00

Le Tableau 3 résume l'ensemble des moyennes, médianes, écart-types, minimums et maximums des poids de la carcasse des animaux de chaque élevage. Le Tableau 4 résume les mêmes données, mais en comparant les animaux témoins et vaccinés. Le Tableau 3 permet de se rendre compte des différences entre élevage. En effet pour l'élevage numéro 6, la moyenne est de $123,46 \pm 8,23$ kg tandis que pour l'élevage 3, la moyenne est de $115,84 \pm 11,9$ kg. On remarque également des différences entre les animaux témoins et vaccinés. On note par exemple une

différence de 2,30 kg sur les poids moyens entre les animaux témoins et vaccinés de l'élevage 10. La Figure 30 est une représentation graphique du Tableau 3. Ce tableau permet également de se rendre compte du nombre d'animaux venant de chaque élevage. Ainsi, l'élevage 8 a fourni trois animaux, contre 110 pour l'élevage 10. Les élevages de faible effectif ont été retirés des graphiques, car lorsqu'ils étaient inclus, les graphiques étaient illisibles en raison de barres d'erreurs trop importantes. Ainsi, seuls les élevages ayant vaccinés sont inclus dans la Figure 30 ainsi que dans toutes les autres figures présentant les résultats.

La Figure 29 montre les différences de moyenne des poids des carcasses selon les élevages et le statut de l'animal. Ainsi, on peut voir que pour les élevages 1, 5, 9 et 10 les valeurs entre témoins et vaccinés sont proches, tandis que pour les élevages 3, 6 et 11 les valeurs sont éloignées. L'élevage 13 est un transformateur fermier ayant peu d'animaux et dont il n'a pas été possible de sélectionner d'animaux témoins.

Figure 29- Comparaison des poids des carcasses (kg) selon l'élevage et le statut des animaux.

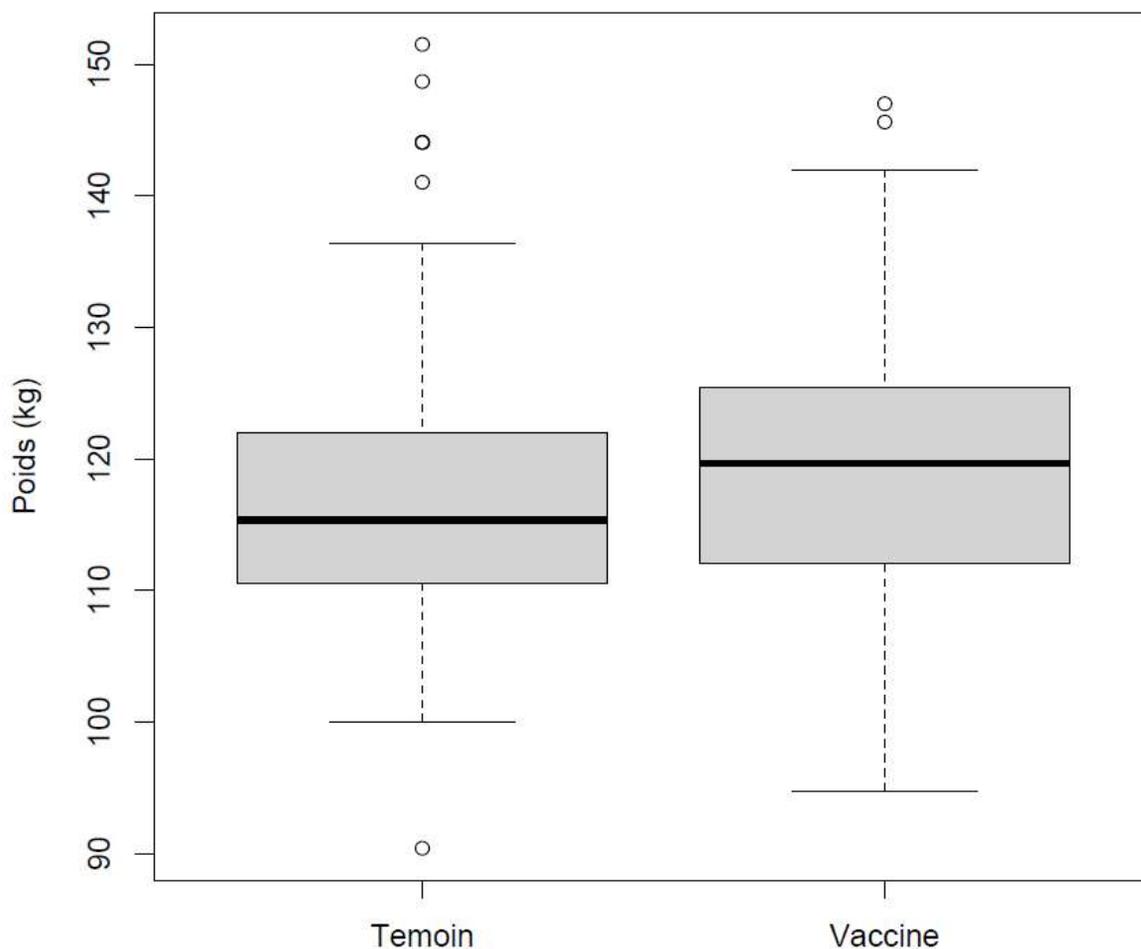


Le Tableau 4 nous donne les résultats en séparant les animaux vaccinés des animaux témoins, sans prise en compte de l'origine. On note que 186 animaux témoins ont été inclus dans l'étude, contre 169 vaccinés. La Figure 30 offre une représentation graphique de ce tableau.

Tableau 4- Poids de la carcasse (kg) selon le statut de l'animal.

Statut	Effectifs	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Témoin	186	117,06	110,61	9,45	100,01	151,51
Vacciné	169	119,77	112,04	9,44	90,4	147
Groupe	355	118,35	117,18	9,53	90,4	151,51

Figure 30- Comparaison des poids moyens de carcasse (kg) selon le statut des animaux.



La moyenne du poids de la carcasse des animaux vaccinés (119,77 kg) est plus importante que celle des animaux témoins (117,06 kg). Le test de Student réalisé sur la moyenne des poids de la carcasse des animaux vaccinés et témoins nous renvoie à une p-valeur de 0,007. Il y a une différence significative dans notre échantillon sur les moyennes du poids de la carcasse entre les témoins et les vaccinées sur les données brutes et en ne tenant pas compte d'éventuels biais et notamment d'un effet élevage.

2.1.2 Le TMP

Le TMP a été recueilli en routine à l'abattoir sur un total de 67 animaux vaccinés contre 19 non vaccinés provenant de quatre élevages. Les résultats sont regroupés dans le Tableau 5 pour les valeurs par élevage et dans le Tableau 6 pour les valeurs entre les groupes étudiés. Seuls des animaux issus des élevages de la deuxième série de vaccination, le lot « hiver » ont pu être inclus. Les valeurs sont comprises entre 35,36 et 53,96, On retrouve une nouvelle fois des différences entre les élevages sur les moyennes des animaux, $40,7 \pm 3,5$ pour l'élevage 10 contre $43,0 \pm 3,1$ pour l'élevage 5. Concernant la différence entre les animaux vaccinés et témoins, on note que les témoins ont une moyenne de $42,2 \pm 3,1$ et les animaux vaccinés de $41,9 \pm 3,3$.

Tableau 5- Résultats pour le TMP selon l'élevage et le statut des animaux.

Élevage	Statut	Effectif	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
3	Témoin	2	41,0	41,0	2,2	39,5	42,5
	Vaccine	3	45,9	46,4	2,5	43,3	48,2
	Groupe	5	44,0	43,3	3,4	39,5	48,2
5	Témoin	12	43,0	43,3	43,0	39,2	49,2
	Vaccine	34	43,0	43,1	3,0	36,3	52,6
	Groupe	46	43,0	43,0	3,1	36,3	52,6
10	Témoin	5	40,9	39,7	4,1	36,7	47,7
	Vaccine	14	40,7	39,5	3,4	37,8	48,7
	Groupe	19	40,7	39,7	3,5	36,7	48,7
13	Vaccine	16	39,7	39,9	2,5	35,4	45,1

Tableau 6- Résultats pour le TMP selon le statut de l'animal.

Statut	Effectifs	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Témoin	27	42,2	42,0	3,1	36,7	49,2
Vacciné	67	41,9	41,5	3,3	35,4	52,6
Groupe	94	42,2	42,1	3,6	35,4	52,6

Le TMP des animaux témoins (42,2) est légèrement supérieur au TMP des animaux vaccinés (41,9). Le test de Student réalisé sur les moyennes de TMP entre animaux vaccinés et témoins nous renvoie à une p-value de 0,156. Il n'y a pas de différence significative dans notre échantillon sur les moyennes du TMP entre les animaux témoins et les animaux vaccinés.

La Figure 31 et la Figure 32 sont les représentations graphiques respectives du Tableau 5 et du Tableau 6.

Figure 31- TMP moyen selon l'élevage et le statut des animaux.

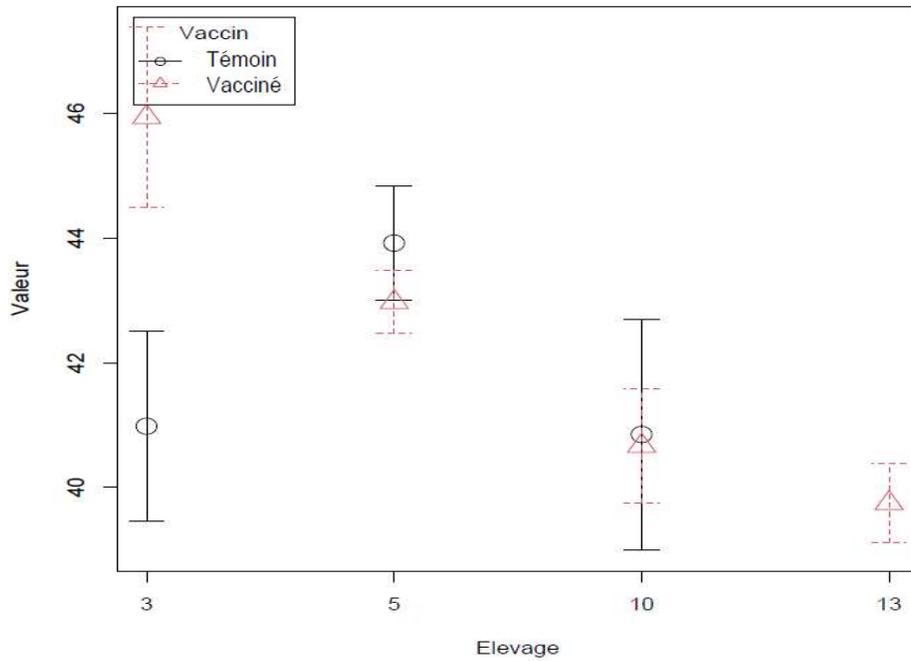
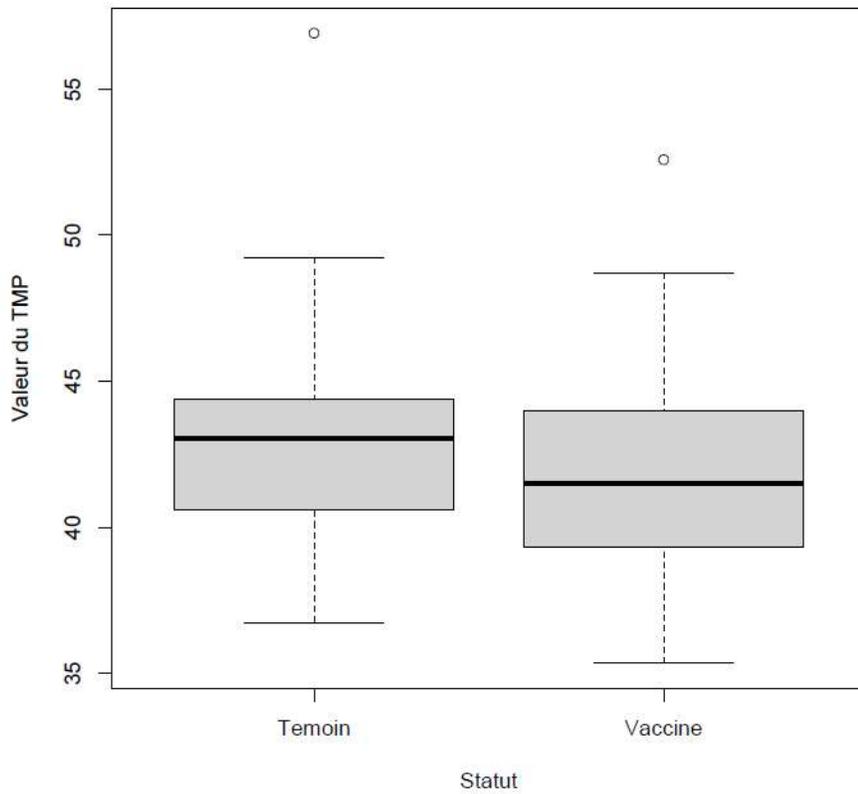


Figure 32- Valeur du TMP selon le statut des animaux.



2.1.3 Le poids du jambon

Le poids des jambons est recueilli en routine à l'atelier de transformation et sur un total de 70 animaux vaccinés et 76 non vaccinés provenant de neuf élevages. Les résultats sont regroupés dans le Tableau 7 pour les valeurs par élevage et dans le Tableau 8 pour les valeurs entre les groupes étudiés. Les valeurs sont comprises entre 9,76 et 17,1 kg par jambon. Les moyennes par élevage sont comprises entre $11,56 \pm 0,34$ et $14,24 \pm 0,98$. Concernant la différence entre les animaux vaccinés et témoins, on note que les témoins ont une moyenne de $13,38 \pm 1,60$ et les animaux vaccinés de $13,46 \pm 1,30$ kg par jambon.

Tableau 7- Poids du jambon (kg) selon l'élevage et le statut des animaux.

Élevage	Vaccin	Effectif	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
2	Témoin	5	11,56	11,46	0,34	11,24	11,93
3	Témoin	2	13,40	13,40	0,24	13,23	13,57
	Vacciné	8	11,93	11,96	0,40	11,36	12,62
	Groupe	10	12,22	12,06	0,72	11,36	13,57
4	Témoin	6	11,02	11,11	0,97	9,76	12,62
5	Témoin	20	13,74	14,13	1,41	11,22	16,10
	Vacciné	34	13,48	13,26	1,43	11,02	17,10
	Groupe	54	13,58	13,98	1,42	11,02	17,10
6	Vacciné	3	13,28	13,15	0,33	13,03	13,66
7	Témoin	5	11,69	11,18	1,66	10,29	14,50
8	Témoin	3	12,43	12,50	0,20	12,21	12,59
10	Témoin	27	14,53	14,54	0,91	12,26	16,10
	Vacciné	25	13,97	14,20	0,97	10,98	15,22
	Groupe	52	14,24	14,21	0,98	10,98	16,10
12	Témoin	8	12,93	13,32	1,19	11,21	14,77

Tableau 8- Poids moyen du jambon (kg) selon le statut des animaux.

Statut	Effectifs	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Témoin	76	13,38	11,93	1,60	9,76	16,1
Vacciné	70	13,46	13,8	1,30	10,98	17,1
Groupe	146	13,42	13,69	1,46	9,76	17,1

La moyenne des poids de jambon est supérieure chez les animaux vaccinés (13,46 kg) que celle des animaux témoins (13,38 kg). Le test de Student réalisé sur le poids du jambon nous renvoie à une p-valeur de 0,658. Il n'y a pas de différence significative dans notre échantillon sur les moyennes du poids du jambon entre les animaux témoins et les animaux vaccinés.

La Figure 33 et la Figure 34 sont les représentations graphiques respectives du Tableau 7 et du Tableau 8.

Figure 33- Poids du jambon (kg) selon l'élevage et le statut des animaux.

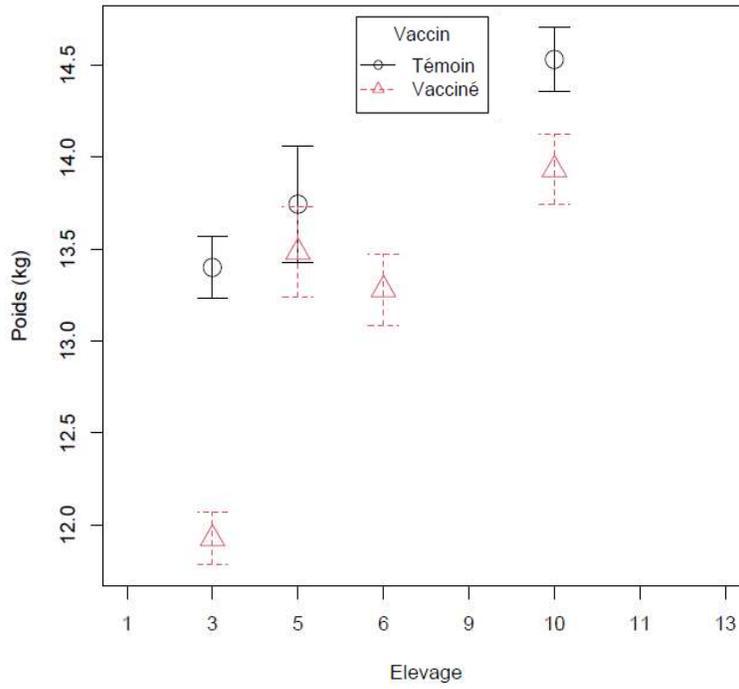
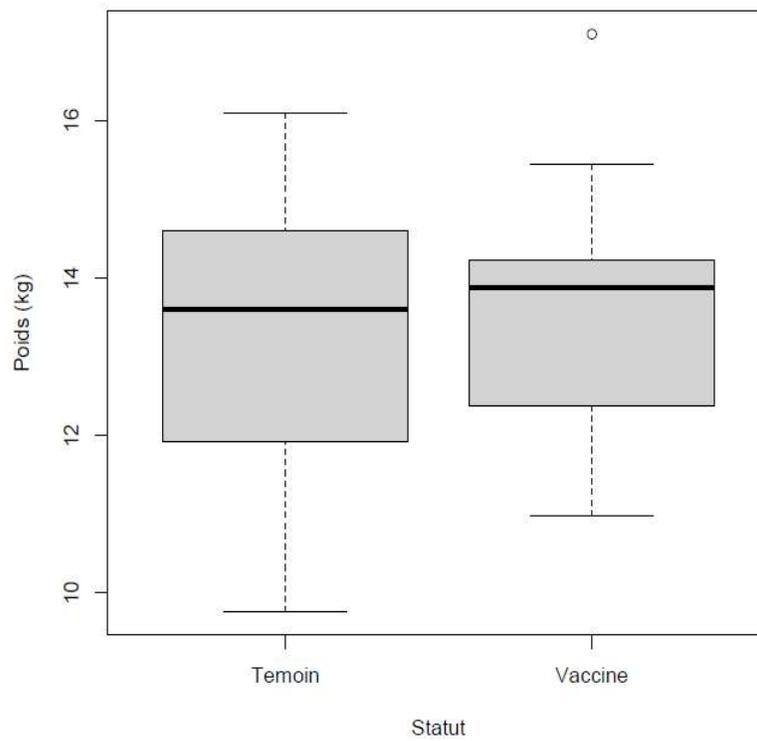


Figure 34- Poids du jambon (kg) selon le statut des animaux.



2.1.4 L'épaisseur du gras du jambon

L'épaisseur du gras du jambon a été recueillie sur un total de 70 animaux vaccinés et 76 non vaccinés provenant de neuf élevages. Les résultats sont regroupés dans le Tableau 9 pour les valeurs par élevage et dans le Tableau 10 pour les valeurs entre les groupes étudiés. Les valeurs sont comprises entre 32 et 65 mm. Les moyennes par élevage sont comprises entre $38,2 \pm 3,0$ mm et $51,4 \pm 2,7$ mm de gras de jambon. Concernant la différence entre les animaux vaccinés et témoins, on note que les témoins ont en moyenne $48,3 \pm 6,49$ mm et les animaux vaccinés $50,0 \pm 4,39$ mm de gras de jambon.

Tableau 9- Épaisseur du gras du jambon (mm) selon l'élevage et le statut des animaux.

Élevage	Statut	Effectif	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
2	Témoin	5	38,2	38	3,03	34	42
3	Témoin	2	48,5	48	4,95	45	52
	Vacciné	8	50,5	50	8,05	41	62
	Groupe	10	50,1	49	7,34	41	62
4	Témoin	6	44,8	45	3,87	40	50
5	Témoin	21	48,1	49	5,09	35	54
	Vacciné	34	49,5	50	4,16	39	57
	Groupe	55	49,0	50	4,54	35	57
6	Vacciné	3	42,6	45	4,04	38	45
7	Témoin	5	47,6	47	9,81	35	62
8	Témoin	3	42,0	44	9,17	32	50
10	Témoin	27	51,5	52	3,47	40	60
	Vacciné	25	51,3	52	1,55	47	54
	Groupe	52	51,4	52	2,70	40	60
12	Témoin	8	49,8	47	9,81	35	65

Tableau 10- Épaisseur du gras du jambon (mm) selon le statut des animaux.

Statut	Effectifs	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Témoin	76	48,3	50	6,49	32	65
Vacciné	70	50	51	4,39	38	62
Groupe	146	49,12	50	5,63	32	65

La moyenne d'épaisseur du gras du jambon des animaux vaccinés est supérieure à la moyenne d'épaisseur du gras de jambon des animaux témoins (50 mm contre 48,3 mm). Le test de Student réalisé sur l'épaisseur du gras du jambon nous renvoie à une p-value de 0,001. Sur les données brutes et en ne tenant pas en compte de potentiels biais et notamment d'un effet élevage, il y a une différence significative sur les moyennes d'épaisseur de gras de jambon entre les animaux témoins et les vaccinés dans notre échantillon.

La Figure 35 et la Figure 36 sont les représentations graphiques respectives du Tableau 9 et du Tableau 10.

Figure 35- Épaisseur du gras du jambon selon l'élevage et le statut des animaux.

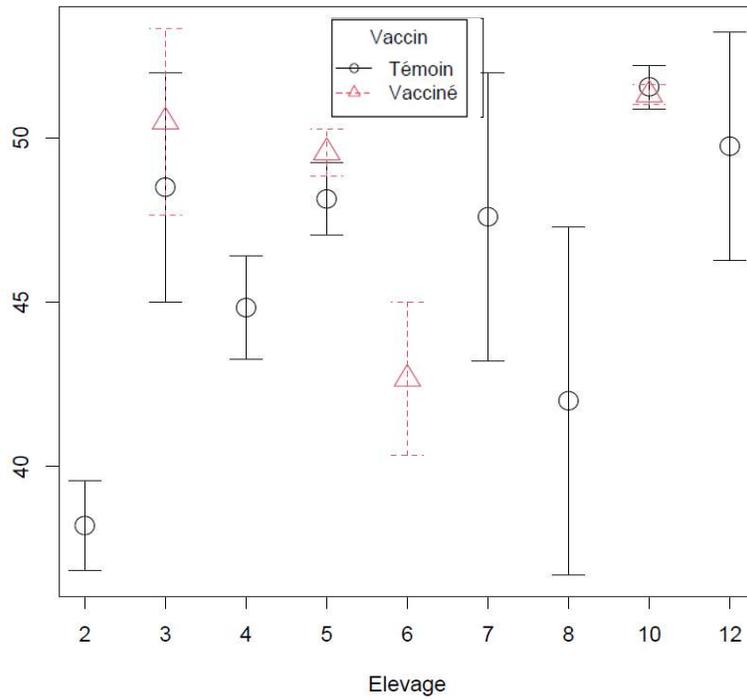
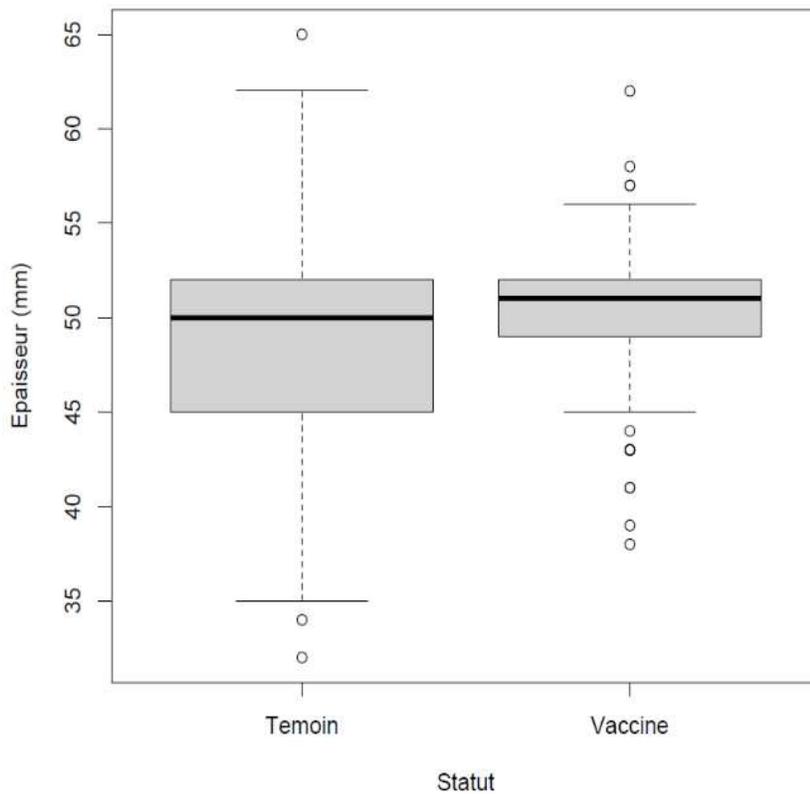


Figure 36- Épaisseur du gras du jambon selon le statut des animaux.



2.1.5 La couleur du muscle et du gras du jambon

La couleur du muscle et du gras du jambon a été recueillie sur un total de 71 animaux vaccinés et 77 non vaccinés provenant de neuf élevages. La couleur du muscle du jambon a été la même pour tous les animaux de l'étude et valait 6 sur l'échelle japonaise de notation.

Les résultats pour la couleur du gras sont regroupés dans le Tableau 11 pour les valeurs par élevage et dans le Tableau 8 pour les valeurs entre les groupes étudiés. Les valeurs sont comprises entre 0 et 1. Les moyennes par élevage sont comprises entre 0,00 et $0,33 \pm 0,29$. Concernant la différence entre les animaux vaccinés et témoins, on note que les témoins ont une moyenne de $0,01 \pm 0,06$ et les animaux vaccinés de $0,05 \pm 0,19$. Il est à noter que seules 6 valeurs sont non égales à 0 sur tous les animaux inclus dans l'étude.

Tableau 11- Couleur du gras du jambon selon l'élevage et le statut des animaux.

Élevage	Statut	Effectif	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
2	Témoin	5	0,00	0,00	0,00	0	0
3	Témoin	2	0,00	0,00	0,00	0	0
	Vacciné	8	0,30	0,00	0,46	0	1
	Groupe	10	0,30	0,00	0,42	0	1
4	Témoin	6	0,00	0,00	0,00	0	0
5	Témoin	21	0,02	0,00	0,11	0	0,5
	Vacciné	34	0,00	0,00	0,00	0	0
	Groupe	55	0,01	0,00	0,07	0	0,5
6	Vacciné	3	0,30	0,50	0,29	0	0,5
7	Témoin	5	0,00	0,00	0,00	0	0
8	Témoin	3	0,00	0,00	0,00	0	0
10	Témoin	27	0,00	0,00	0,00	0	0
	Vacciné	26	0,00	0,00	0,00	0	0
	Groupe	53	0,00	0,00	0,00	0	0
12	Témoin	8	0,00	0,00	0,00	0	0

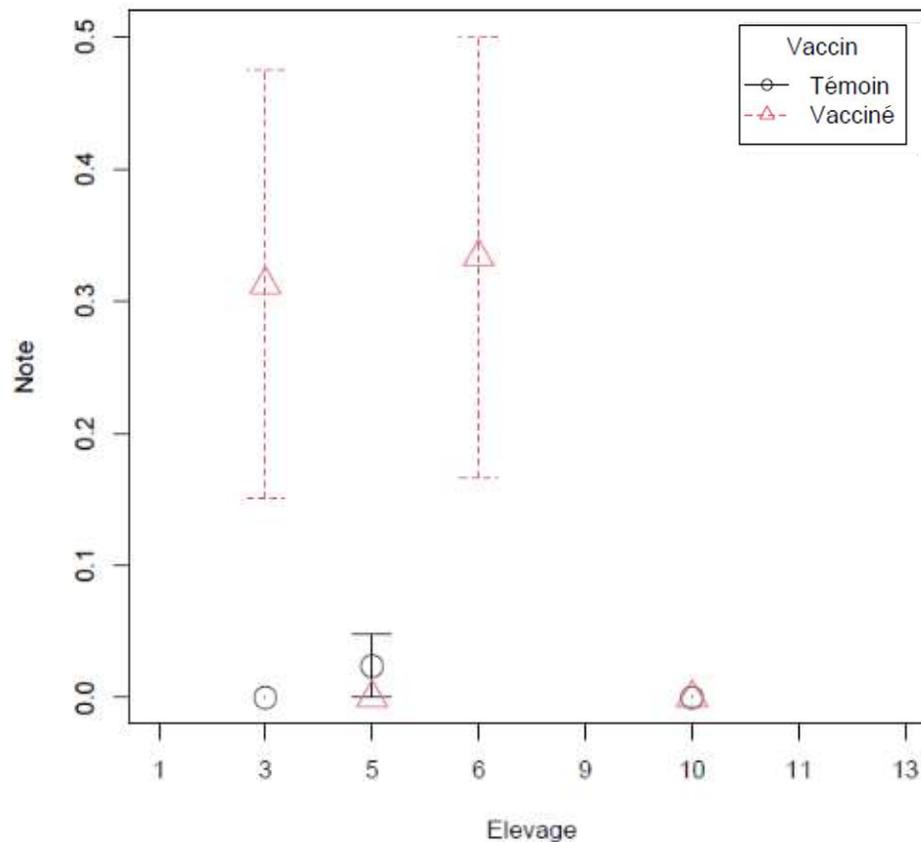
Tableau 12-Couleur du gras du jambon selon le statut des animaux.

Statut	Effectifs	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Témoin	77	0,01	0	0,06	0	0,5
Vacciné	71	0,05	0	0,19	0	1
Groupe	148	0,03	0	0,14	0	1

Le test de Student réalisé sur la couleur du gras du jambon nous renvoie à une p-value de 0,063. Il n'y a pas de différence significative dans notre échantillon sur les couleurs du gras du jambon entre les animaux témoins et les animaux vaccinés, en ne tenant pas compte de potentiels biais et notamment d'un effet élevage.

La Figure 37 est la représentation graphique du Tableau 11.

Figure 37-Couleur du gras de jambon selon l'élevage et le statut des animaux.



2.1.6 La température du jambon

La température du jambon a été recueillie sur un total de 71 animaux vaccinés et 77 non vaccinés provenant de neuf élevages. Les animaux ont été abattus la veille de leur envoi à l'atelier de transformation. Lors des semaines comprenant des jours fériés, les animaux pouvaient être livrés avec un délai supérieur à 24h, les données sont donc difficilement comparables. Les résultats sont regroupés dans le Tableau 13 pour les valeurs par élevage et dans le Tableau 14 pour les valeurs entre les groupes étudiés. Les valeurs sont comprises entre 2,4 et 6,1°C. Les moyennes par élevage sont comprises entre $2,4 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ et $5,9 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$. Concernant la différence entre les animaux vaccinés et témoins, on note que les témoins ont une moyenne de $3,3 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$ et les animaux vaccinés de $3,8 \pm 0,9^{\circ}\text{C}$.

Tableau 13- Température du jambon (°C) selon l'élevage et le statut

Élevage	Statut	Effectif	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
2	Témoin	5	3,0	2,9	0,52	2,5	3,8
3	Témoin	2	4,1	4,1	0,07	4,1	4,2
	Vacciné	8	4,7	4,6	0,59	4,1	5,9
	Groupe	10	4,6	4,4	0,58	4,1	5,9
4	Témoin	6	2,9	3,0	0,29	2,6	3,4
5	Témoin	21	3,4	3,2	0,57	2,7	4,0
	Vacciné	34	3,6	3,6	0,61	2,7	4,9
	Groupe	55	3,5	3,4	0,60	2,7	4,9
6	Vacciné	3	5,9	6,1	0,29	5,6	6,1
7	Témoin	5	2,5	2,6	0,09	2,4	2,6
8	Témoin	3	2,4	2,4	0,06	2,4	2,5
10	Témoin	27	3,3	3,2	0,31	2,8	4,0
	Vacciné	26	3,4	3,2	0,71	2,7	5,6
	Groupe	53	3,3	3,2	0,54	2,7	5,6
12	Témoin	8	4,0	3,7	0,74	3,2	5,2

Tableau 14-Température du jambon (°C) selon le statut des animaux.

Statut	Effectifs	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Témoin	77	3,3	3,2	0,59	2,4	5,2
Vacciné	71	3,8	3,6	0,86	2,7	6,1
Groupe	148	3,5	3,3	0,77	2,4	6,1

La moyenne de la température du jambon des animaux vaccinés (3,8°C) est plus élevée que celle des animaux témoins (3,3°C). En raison du délai de livraison des carcasses pouvant changer et entraînant une non-comparabilité des groupes, l'étude statistique sur la température n'a pas été réalisée.

La Figure 38 et la Figure 39 sont les représentations graphiques respectives du Tableau 13 et du Tableau 14.

Figure 38-Température du jambon (°C) selon l'élevage et le statut des animaux.

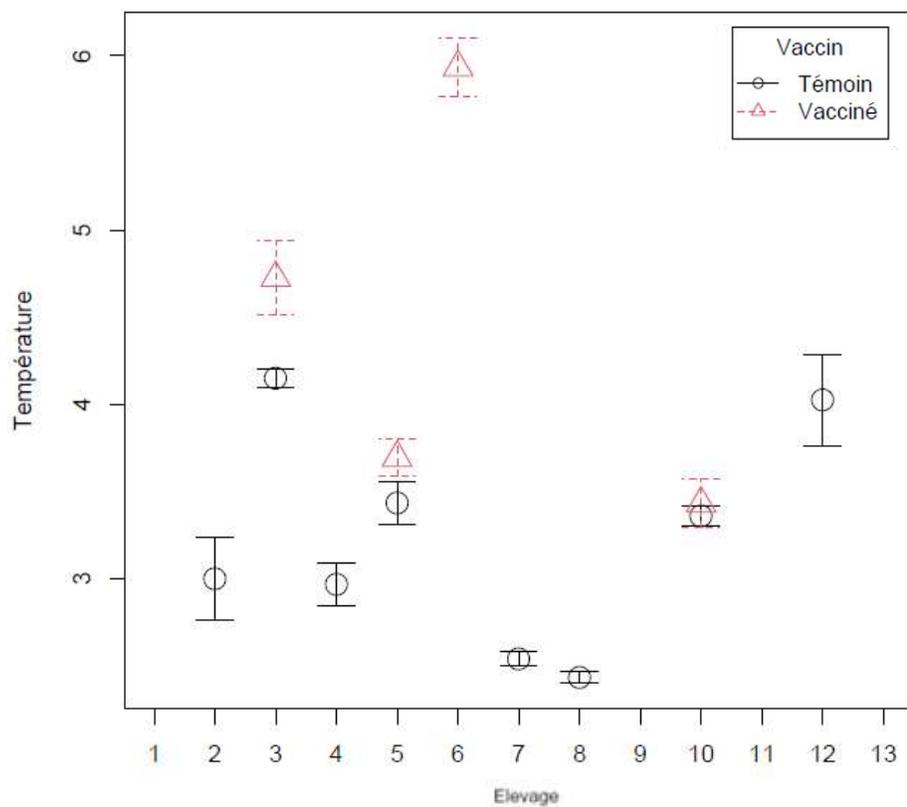
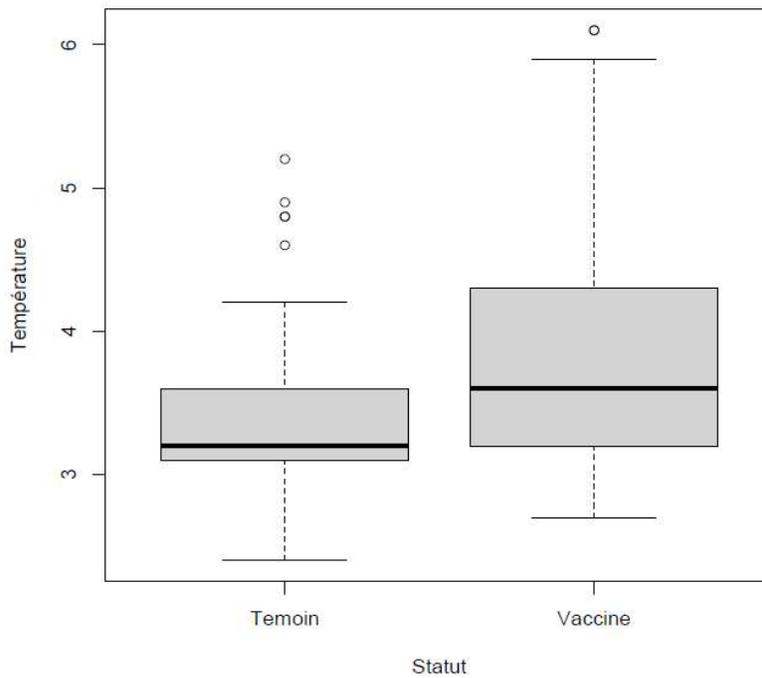


Figure 39- Température du jambon (°C) selon le statut des animaux.



*

2.1.7 Le pH du jambon

Le pH du jambon a été recueilli sur un total de 68 animaux vaccinés et 61 non vaccinés provenant de huit élevages. Les résultats sont regroupés dans le Tableau 15 pour les valeurs par élevage et dans le Tableau 16 pour les valeurs entre les groupes étudiés. Les valeurs sont comprises entre 5,1 et 6,1. Les moyennes par élevage sont comprises entre $5,4 \pm 0,1$ et $5,8 \pm 0,3$. Concernant la différence entre les animaux vaccinés et témoins, on note que les témoins ont une moyenne de $5,5 \pm 0,2$ et les animaux vaccinés de $5,4 \pm 0,2$.

Tableau 15- pH du jambon selon l'élevage et le statut des animaux.

Élevage	Statut	Effectif	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
2	Témoin	2	5,8	5,8	0,26	5,6	5,9
3	Témoin	2	5,5	5,5	0,01	5,4	5,5
	Vacciné	8	5,5	5,5	0,10	5,3	5,6
	Groupe	10	5,5	5,5	0,09	5,3	5,6
5	Témoin	18	5,4	5,4	0,18	5,1	5,8
	Vacciné	31	5,5	5,5	0,15	5,3	5,8
	Groupe	49	5,5	5,5	0,17	5,1	5,8
6	Vacciné	3	5,4	5,5	0,12	5,3	5,5
7	Témoin	5	5,6	5,7	0,29	5,1	5,8
8	Témoin	3	5,7	5,8	0,17	5,5	5,8
10	Témoin	27	5,4	5,4	0,20	5,2	6,1
	Vacciné	26	5,4	5,4	0,17	5,1	5,7
	Groupe	53	5,4	5,4	0,19	5,1	6,1
12	Témoin	4	5,8	5,9	0,33	5,3	6,1

Tableau 16- pH du jambon selon le statut des animaux.

Statut	Effectifs	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Témoin	61	5,5	5,5	0,24	5,1	6,1
Vacciné	68	5,4	5,5	0,16	5,1	5,8
Groupe	129	5,5	5,5	0,20	5,1	6,1

Comme pour la température, le pH est dépendant du délai de livraison, l'analyse statistique n'a pas été réalisée pour ce critère.

La Figure 40 et la Figure 41 sont les représentations graphiques respectives du Tableau 15 et du Tableau 16.

Figure 40- pH selon l'élevage et le statut des animaux.

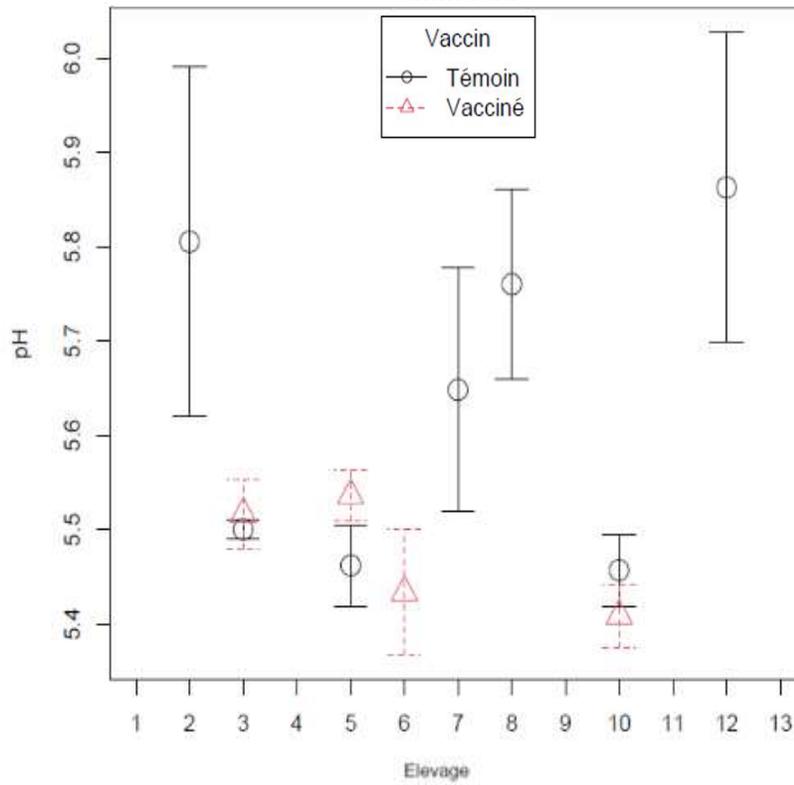
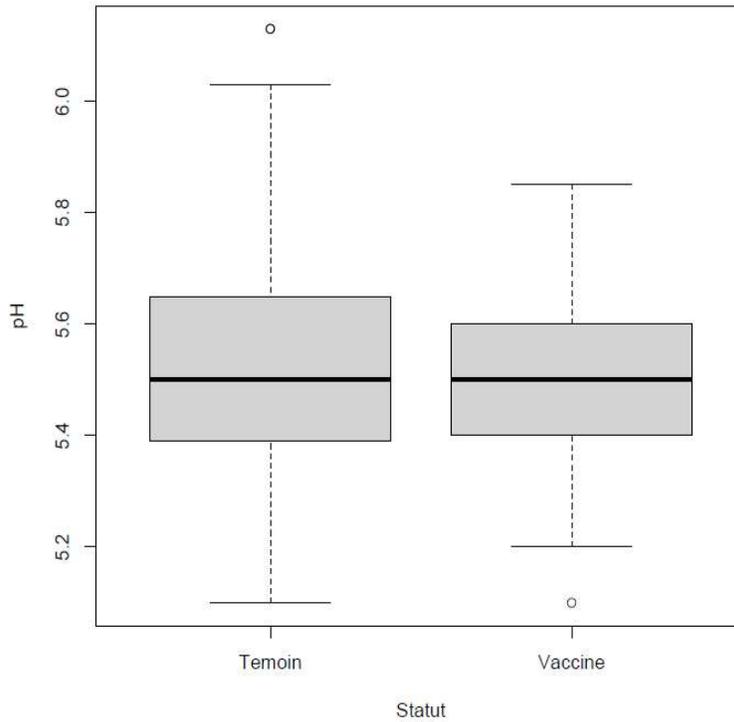


Figure 41- pH selon le statut des animaux.



2.1.8 Le poids de la côte de la longe

À la suite d'un problème de communication, seul le poids de la côte prélevée a été relevé. Les données ont été recueillies sur un total de 68 animaux vaccinés et 61 non vaccinés provenant de sept élevages. Les résultats sont regroupés dans le Tableau 17 pour les valeurs par élevage et dans le Tableau 18 pour les valeurs entre les groupes étudiés. Les valeurs sont comprises entre 80 et 196 g. Les moyennes par élevage sont comprises entre 101 ± 13 g et 155 ± 30 g. Concernant la différence entre les animaux vaccinés et témoins, on note que les témoins ont une moyenne de 111 ± 24 g et les animaux vaccinés de 100 ± 8 g. La façon de découper la longe avant la mise en barquette a été modifiée durant la tenue de l'étude et n'est pas identique selon l'atelier de transformation impliqué.

Tableau 17- Poids moyen de la côte de longe (g) selon l'élevage et le statut des animaux.

Élevage	Statut	Effectif	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
2	Témoin	3	123	102	44	93	174
3	Témoin	2	100	100	5	98	102
	Vacciné	8	101	107	10	80	111
	Groupe	10	101	104	9	80	111
4	Témoin	4	134	144	27	96	154
5	Témoin	21	106	102	20	87	104
	Vacciné	34	98	100	5	88	163
	Groupe	55	101	101	13	87	163
6	Vacciné	2	124	124	34	100	148
10	Témoin	27	104	101	10	98	140
	Vacciné	24	100	101	3	93	103
	Groupe	51	102	101	8	93	140
12	Témoin	4	155	161	30	125	196

Tableau 18- Poids moyen de la côte de la longe (g) selon le statut des animaux.

Statut	Effectifs	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Témoin	61	111	102	24	87	196
Vacciné	68	100	101	8	80	148
Groupe	129	105	101	19	80	196

Le poids de la côte de la longe est plus important chez les animaux témoins (111 g) que chez les animaux vaccinés (100 g). Au regard des différences de modalités de découpe selon les porcs, nous avons décidé de ne pas tester statistiquement les différences de poids de côte de longe selon le statut des animaux.

La Figure 42 et la Figure 43 sont les représentations graphiques respectives du Tableau 17 et du Tableau 18.

2.1.9 La couleur du muscle et du gras de la longe

La couleur du muscle de la longe a été recueillie sur un total de 84 animaux vaccinés et 65 non vaccinés provenant de neuf élevages. Les résultats sont regroupés dans le Tableau 7 pour les valeurs par élevage et dans le Tableau 20 pour les valeurs entre les groupes étudiés. Les valeurs sont comprises entre 2 et 6. Les moyennes par élevage sont comprises entre $2,0 \pm 0,0$ et $5,4 \pm 0,5$. Concernant la différence entre les animaux vaccinés et témoins, on note que les témoins ont une note moyenne de $4,6 \pm 0,9$ et les animaux vaccinés de $4,9 \pm 0,5$.

Tableau 19- Couleur du muscle de la longe selon l'élevage et le statut des animaux.

Élevage	Statut	Effectif	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
2	Témoin	3	4,3	4,5	0,8	3,5	5
3	Témoin	2	5,5	5,5	0,7	5	6
	Vacciné	8	5,2	5,0	0,7	4	6
	Groupe	10	5,3	5,0	0,7	4	6
4	Témoin	4	3,5	3,5	0,4	3	4
5	Témoin	21	4,9	5,0	0,5	3,5	6
	Vacciné	34	4,7	5,0	0,4	4	5
	Groupe	55	4,7	5,0	0,4	3,5	6
6	Vacciné	2	3,5	3,5	0,7	3	4
8	Témoin	3	2,0	2,0	0,0	2	2
10	Témoin	27	4,8	5,0	0,3	4	5
	Vacciné	24	4,9	5,0	0,2	4,5	5
	Groupe	51	4,8	5,0	0,3	4	5
12	Témoin	5	4,2	5,0	1,3	2	5
13	Vacciné	16	5,4	5,0	0,5	5	6

Tableau 20- Couleur du muscle de la longe selon le statut des animaux.

Statut	Effectifs	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Témoin	65	4,6	5,0	0,9	2	6
Vacciné	84	5,0	5,0	0,5	3	6
Groupe	149	4,8	5,0	0,7	2	6

Le test de Student réalisé sur la couleur du muscle de la longe nous renvoie à une p-value < 0,001. Il y a une différence significative dans notre échantillon sur les moyennes de couleur du muscle de la longe entre les animaux témoins et les vaccinés, en ne tenant pas compte d'éventuels biais et notamment d'un effet élevage.

La Figure 44 et la Figure 45 sont les représentations graphiques respectives du Tableau 19 et du Tableau 20.

Figure 44- Couleur de la longe selon l'élevage et le statut des animaux.

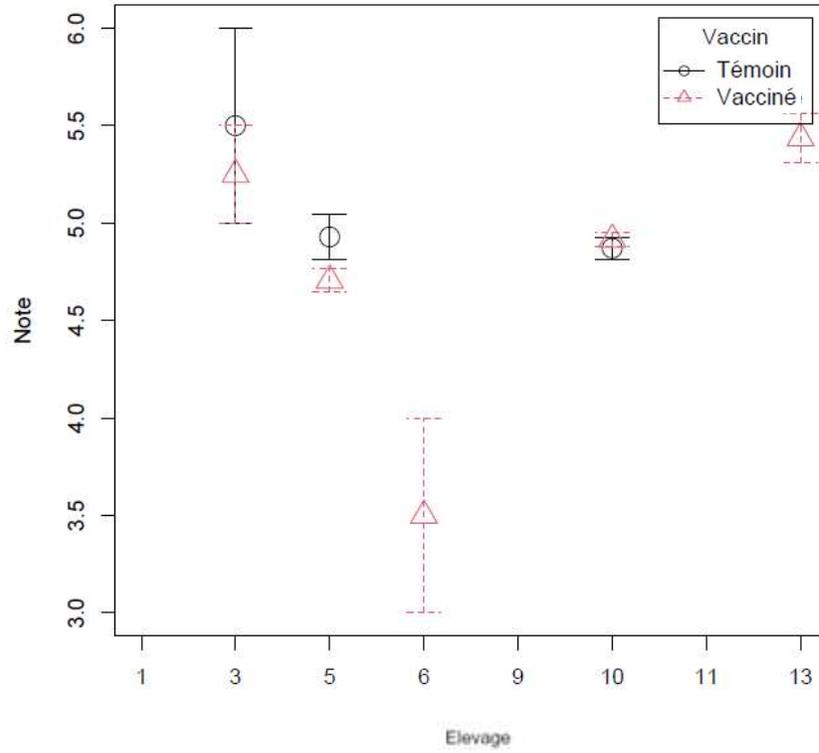
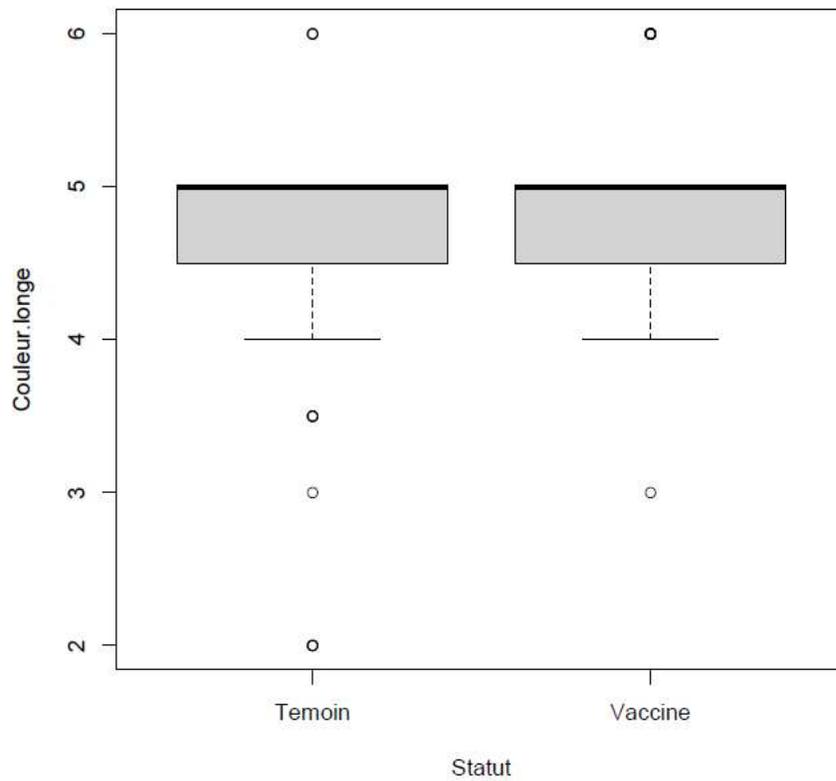


Figure 45- Couleur de la longe selon le statut des animaux.



La couleur du gras de la longe a été recueillie sur un total de 84 animaux vaccinés et 65 non vaccinés provenant de neuf élevages. Les résultats sont regroupés dans le Tableau 21 pour les valeurs par élevage et dans le Tableau 22 pour les valeurs entre les groupes étudiés. Les valeurs sont comprises entre 0 et 3. Les moyennes par élevage sont comprises entre 0 et $2,2 \pm 0,6$. Concernant la différence entre les animaux vaccinés et témoins, on note que les témoins ont une moyenne de $0,1 \pm 0,2$ et les animaux vaccinés de $0,4 \pm 0,9$. Les valeurs non nulles relevées proviennent d'un atelier de transformation fermier, ayant impliqué un opérateur différent.

Tableau 21- Couleur du gras de la longe selon l'élevage et le statut des animaux.

Élevage	Statut	Effectif	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
2	Témoin	3	0,2	0,0	0,3	0	0,5
3	Témoin	2	0,0	0,0	0,0	0	0
	Vacciné	8	0,0	0,0	0,0	0	0
	Groupe	10	0,0	0,0	0,0	0	0
4	Témoin	4	0,1	0,0	0,3	0	0,5
5	Témoin	21	0,0	0,0	0,1	0	0,5
	Vacciné	34	0,0	0,0	0,0	0	0
	Groupe	55	0,0	0,0	0,1	0	0,5
6	Vacciné	2	0,0	0,0	0,0	0	0
8	Témoin	3	0,7	0,5	0,3	0,5	1
10	Témoin	27	0,0	0,0	0,0	0	0
	Vacciné	24	0,0	0,0	0,0	0	0
	Groupe	51	0,0	0,0	0,0	0	0
12	Témoin	5	0,3	0,5	0,3	0	0,5
13	Vacciné	16	2,4	2,0	0,7	1	3

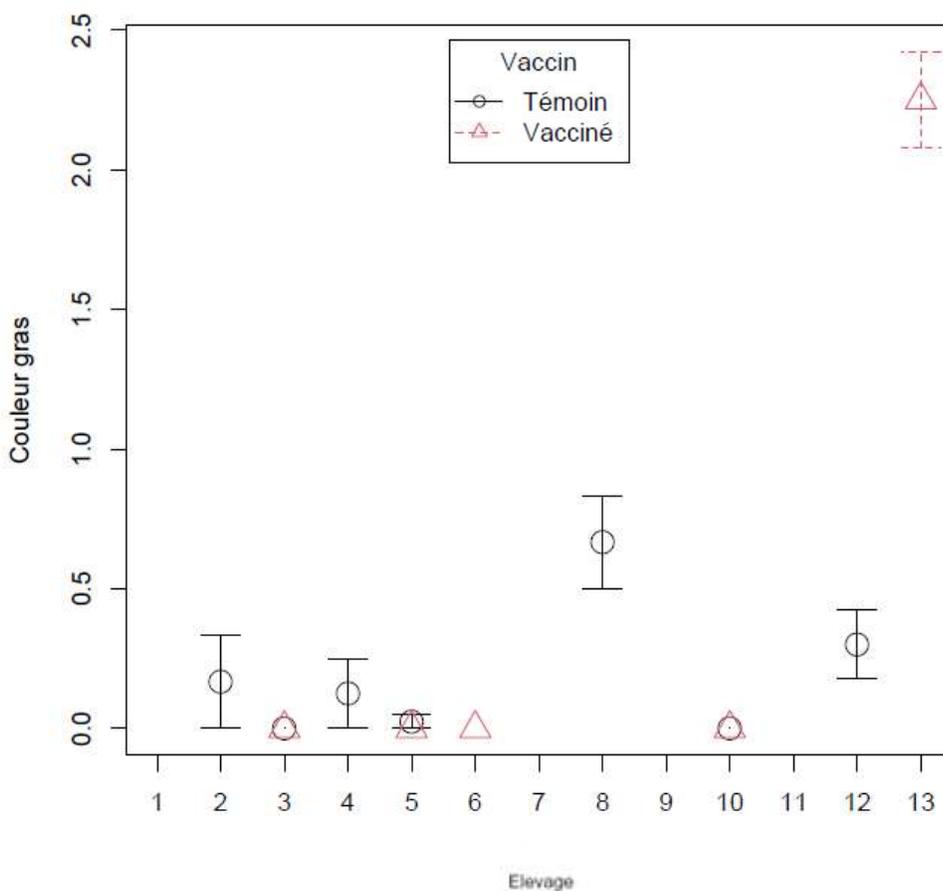
Tableau 22- Couleur du gras de la longe selon le statut des animaux.

Statut	Effectifs	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Témoin	65	0,1	0,0	0,2	0	1
Vacciné	84	0,4	0,0	0,9	0	3
Groupe	149	0,3	0,0	0,7	0	3

Le test de Student réalisé sur la couleur du gras de la longe nous renvoie à une p-value < 0,001. Il y a une différence significative dans notre échantillon sur les moyennes de couleur de gras de la longe entre les animaux témoins et les vaccinés, en ne tenant pas compte d'éventuels biais et notamment d'un effet élevage et opérateur.

La Figure 46 est la représentation graphique du Tableau 21.

Figure 46- Couleur du gras de la longe selon l'élevage et le statut des animaux.



2.1.10 Le persillage

Le persillage a été recueilli sur un total de 84 animaux vaccinés et 65 non vaccinés provenant de neuf élevages. Les résultats sont regroupés dans le Tableau 23 pour les valeurs par élevage et dans le Tableau 24 pour les valeurs entre les groupes étudiés. Les valeurs sont comprises entre 2 et 6. Les moyennes par élevage sont comprises entre $3,0 \pm 1,0$ et $5,6 \pm 0,5$. Concernant la différence entre les animaux vaccinés et témoins, on note que les témoins ont une moyenne de $4,6 \pm 0,9$ et les animaux vaccinés de $5,0 \pm 0,8$.

Tableau 23- Persillage selon l'élevage et le statut des animaux.

Élevage	Statut	Effectif	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
2	Témoin	3	4,0	5,0	1,7	2	5
3	Témoin	2	5,3	5,0	0,4	5	5
	Vacciné	8	4,2	4,5	2,0	2	6
	Groupe	10	4,4	5,0	1,8	2	6
4	Témoin	4	4,1	4,0	0,3	4	4,5
5	Témoin	21	5,0	5,0	0,5	4	6
	Vacciné	34	4,8	5,0	0,4	4	5
	Groupe	55	4,9	5,0	0,4	4	6
6	Vacciné	2	4,0	4,0	2,9	2	6
8	Témoin	3	3,0	3,0	1,0	2	4
10	Témoin	27	4,9	5,0	0,5	3	5
	Vacciné	24	4,8	5,0	0,4	5	5
	Groupe	51	4,9	5,0	0,4	3	5
12	Témoin	5	3,3	4,0	1,2	2	4,5
13	Vacciné	16	5,6	6,0	0,5	5	6

Tableau 24- Persillage selon le statut

Statut	Effectifs	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Témoin	65	4,6	5,0	0,9	2	6
Vacciné	84	5,0	5,0	0,8	2	6
Groupe	149	4,8	5,0	0,9	2	6

Le test de Student réalisé sur le persillage nous renvoie à une p-value de 0,014. Il y a une différence significative dans notre échantillon sur la note de persillage entre les animaux témoins et les vaccinés sur les données brutes, en ne tenant pas compte de potentiels biais et notamment d'un effet élevage.

La Figure 47 et la Figure 48 sont les représentations graphiques respectives du Tableau 23 et du Tableau 24.

Figure 47- Persillage selon l'élevage et le statut des animaux.

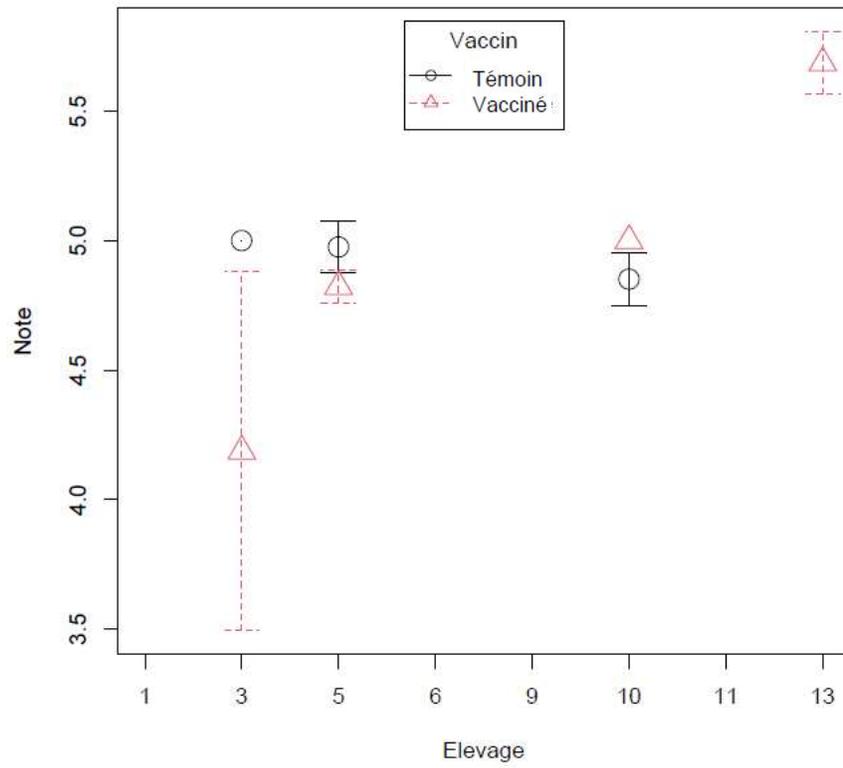
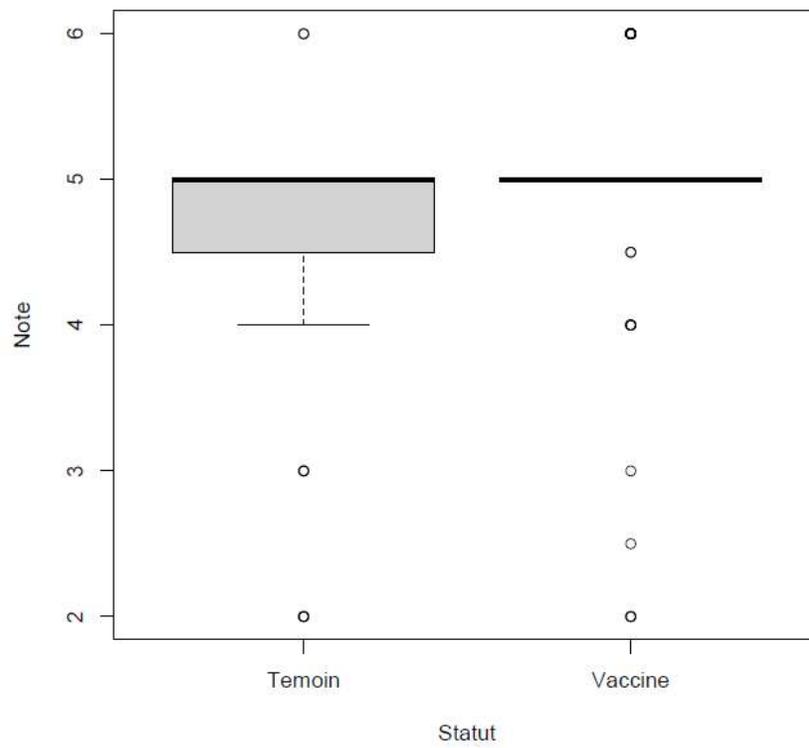


Figure 48- Persillage selon le statut des animaux.



2.1.11 L'exsudation

L'exsudation a été recueillie sur un total de 58 animaux vaccinés et 47 non vaccinés provenant de six élevages. Les résultats sont regroupés dans le Tableau 25 pour les valeurs par élevage et dans le Tableau 26 pour les valeurs entre les groupes étudiés. Les valeurs sont comprises entre 0,8 et 2,3 g. Les moyennes par élevage sont comprises entre $1,1 \pm 0,2$ g et $1,8 \pm 0,7$ g. Concernant la différence entre les animaux vaccinés et témoins, on note que les témoins ont une moyenne de $1,6 \pm 0,4$ g et les animaux vaccinés de $1,6 \pm 0,3$ g. Les valeurs en pourcentage dans le Tableau 26 correspondent à la différence de poids entre les deux moments de pesée divisée par le poids initial, ce qui correspond à un pourcentage de perte de poids. Ces valeurs sont indiquées afin de comparer les données avec la bibliographie dans la partie discussion.

Tableau 25- Exsudation (g) selon l'élevage et le statut des animaux.

Élevage	Statut	Effectif	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
2	Témoin	2	1,8	1,8	0,2	1,7	2,0
3	Témoin	5	1,6	1,3	0,6	1,0	2,2
	Vacciné	8	1,3	1,2	0,3	0,9	2,0
	Groupe	10	1,4	1,2	0,5	0,9	2,2
5	Témoin	19	1,6	1,5	0,3	1,1	2,0
	Vacciné	33	1,6	1,5	0,3	1,0	2,1
	Groupe	52	1,6	1,5	0,3	1,0	2,1
6	Vacciné	2	1,1	1,1	0,2	0,9	1,2
10	Témoin	20	1,6	1,7	0,5	0,8	2,3
	Vacciné	20	1,7	1,8	0,3	1,1	2,0
	Groupe	40	1,7	1,8	0,4	0,8	2,3
12	Témoin	3	1,8	2,1	0,7	0,9	2,2

Tableau 26- Exsudation selon le statut des animaux exprimée en g et en % de perte de poids de la côte de longe.

Statut	Effectifs	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Témoin	47	1,61	1,66	0,40	0,78	2,32
Vacciné	58	1,56	1,56	0,35	0,91	2,13
Groupe	105	1,59	1,59	0,37	0,78	2,32
Témoin %	47	1,55	1,57	0,37	0,57	2,17
Vacciné %	58	1,6	1,64	0,4	0,55	2,28
Groupe %	105	1,58	1,61	0,39	0,5	2,28

Le test de Student réalisé sur l'exsudation nous renvoie une p-value de 0,516. Il n'y a pas de différence significative dans notre échantillon sur les moyennes d'exsudation entre les animaux témoins et les vaccinés.

La Figure 49 et la Figure 50 sont les représentations graphiques respectives du Tableau 25 et du Tableau 26.

Figure 49- Exsudation (g) selon l'élevage et le statut des animaux.

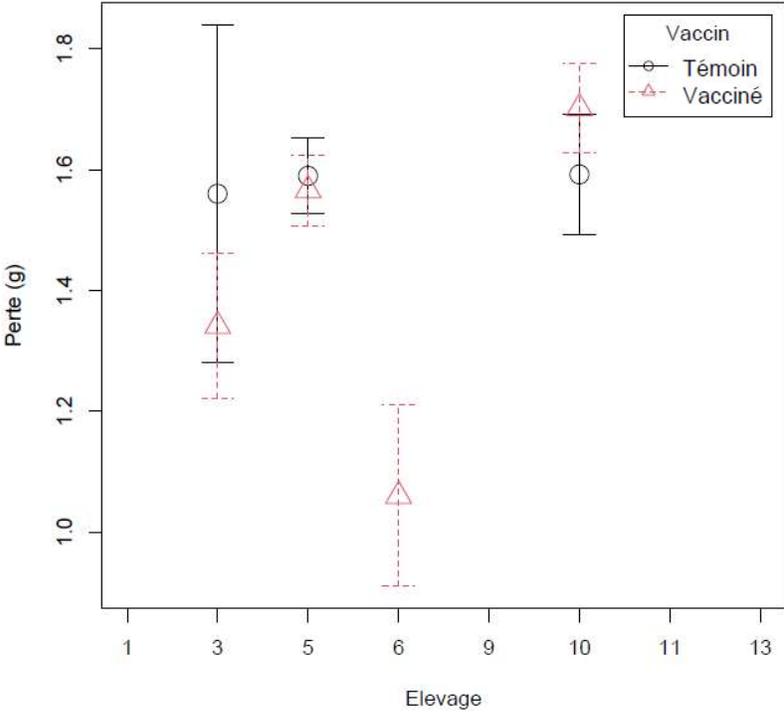
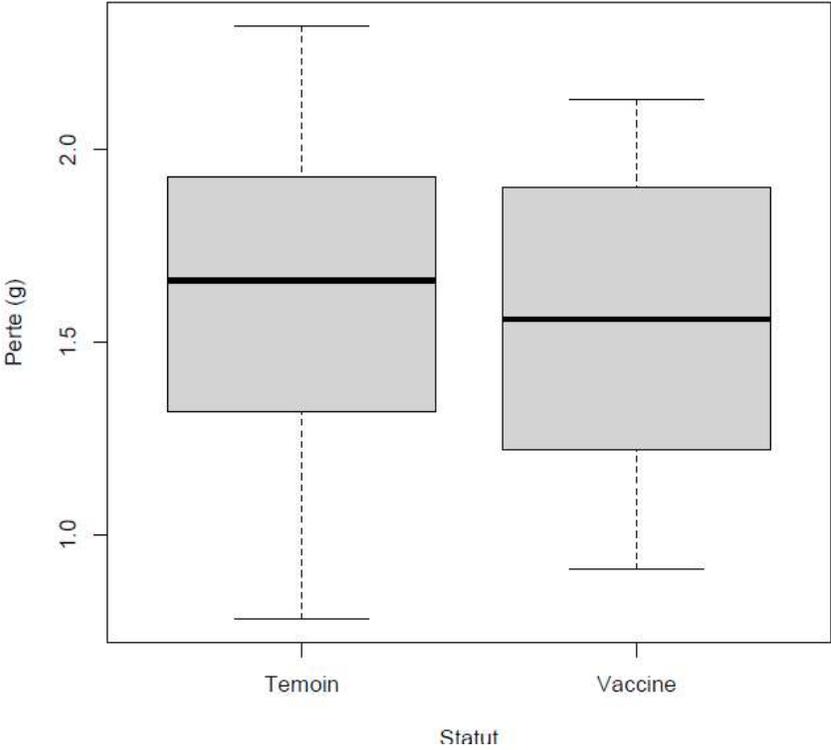


Figure 50- Exsudation (g) selon le statut des animaux.



Le Tableau 27 résume les valeurs des p-value de chaque critère ainsi que la conclusion sur l'hypothèse H0.

Tableau 27- Bilan des tests de Student.

Critère étudié	Valeur de p-value	Hypothèse H0*	Commentaires
Poids de carcasse	0,007	Rejetée	Réalisé en routine à l'abattoir
TMP	0,70	Acceptée	Réalisé en routine à l'abattoir
Poids du jambon	0,658	Acceptée	Réalisé en routine à l'atelier de transformation
Épaisseur de gras du jambon	0,002	Rejetée	
Couleur du gras du jambon	0,063	Acceptée	6 valeurs non nulles uniquement
Couleur du muscle de la longe	0,008	Rejetée	
Couleur du gras de la longe	0,003	Rejetée	Les valeurs non nulles ne viennent que d'un seul élevage avec un intervenant différent
Persillage	0,014	Rejetée	
Exsudation	0,52	Acceptée	

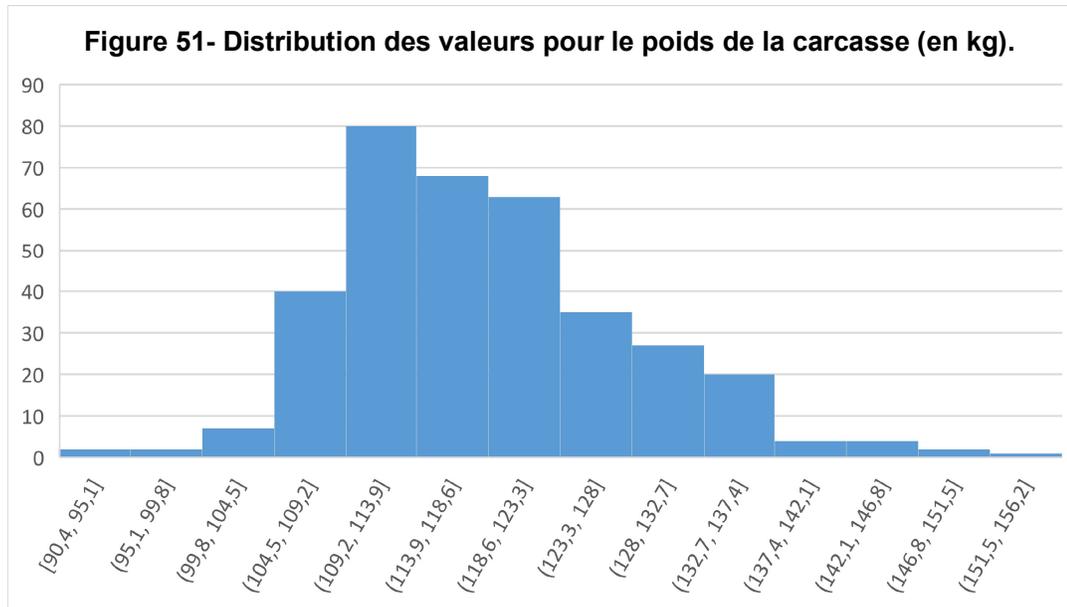
*L'hypothèse H0 est qu'il n'y a pas de différence entre les animaux témoins et des animaux vaccinés sur le critère

Ces valeurs de p-value sont à prendre avec précaution, certains critères présentent des valeurs très différentes d'un élevage à l'autre. En outre comme annoncée dans la partie 2.2, un effet élevage est fortement suspecté.

2.2 Prise en compte de l'élevage d'origine

2.2.1 Le poids de carcasse

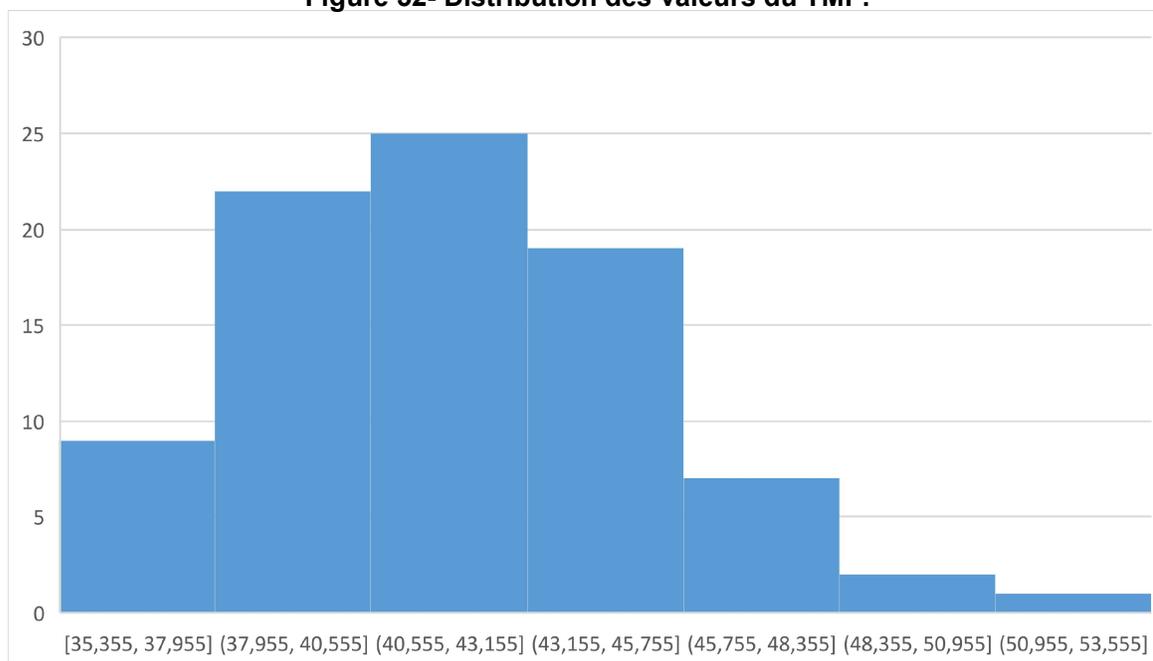
La Figure 51 présente la distribution des valeurs pour le poids de carcasse. Cette répartition semble suivre une loi normale. Le modèle peut être appliqué pour tester l'hypothèse H0 suivante : « en prenant en compte l'élevage d'origine comme variable aléatoire, les poids de la carcasse des animaux vaccinés et des animaux témoins sont équivalents ». La valeur de la p-value est de 0,601. En tenant compte de l'élevage d'origine des animaux, il n'y a pas de différences significatives entre les poids de carcasse des animaux vaccinés et des témoins de notre échantillon.



2.2.2 Le TMP

La Figure 52 présente la distribution des valeurs pour le TMP. Cette répartition semble suivre une loi normale. Le modèle peut être appliqué pour tester l'hypothèse H0 suivante : « en prenant en compte l'élevage d'origine comme variable aléatoire, les TMP des animaux vaccinés et des animaux témoins sont équivalents ». La valeur de la p-value est de 0,92. En tenant compte de l'élevage d'origine des animaux, il n'y a pas de différences significatives entre les TMP des animaux vaccinés et des témoins de notre échantillon.

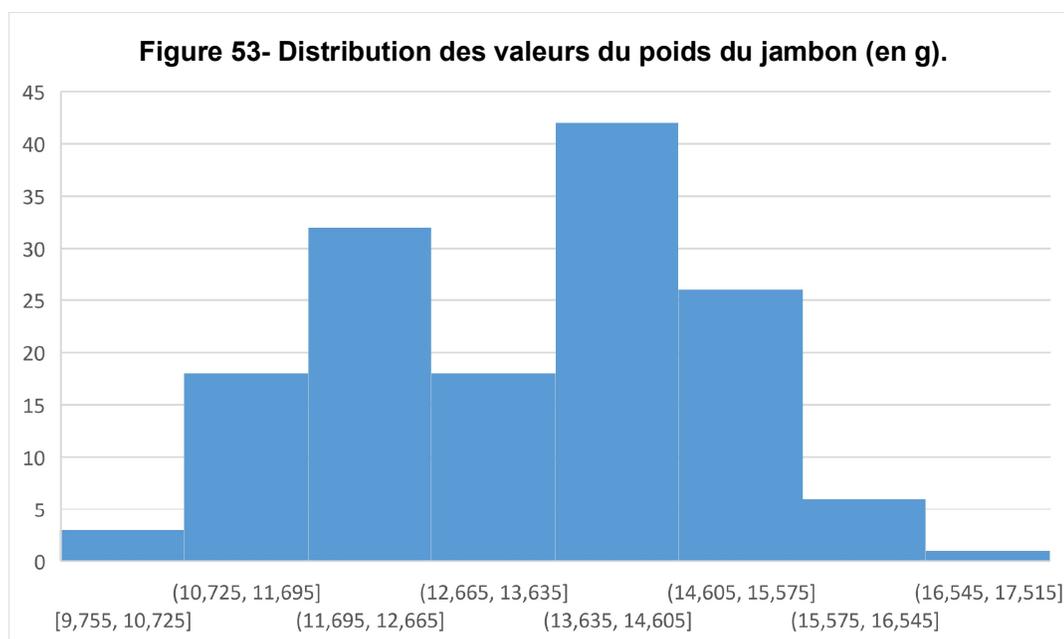
Figure 52- Distribution des valeurs du TMP.



2.2.3 Le poids du jambon

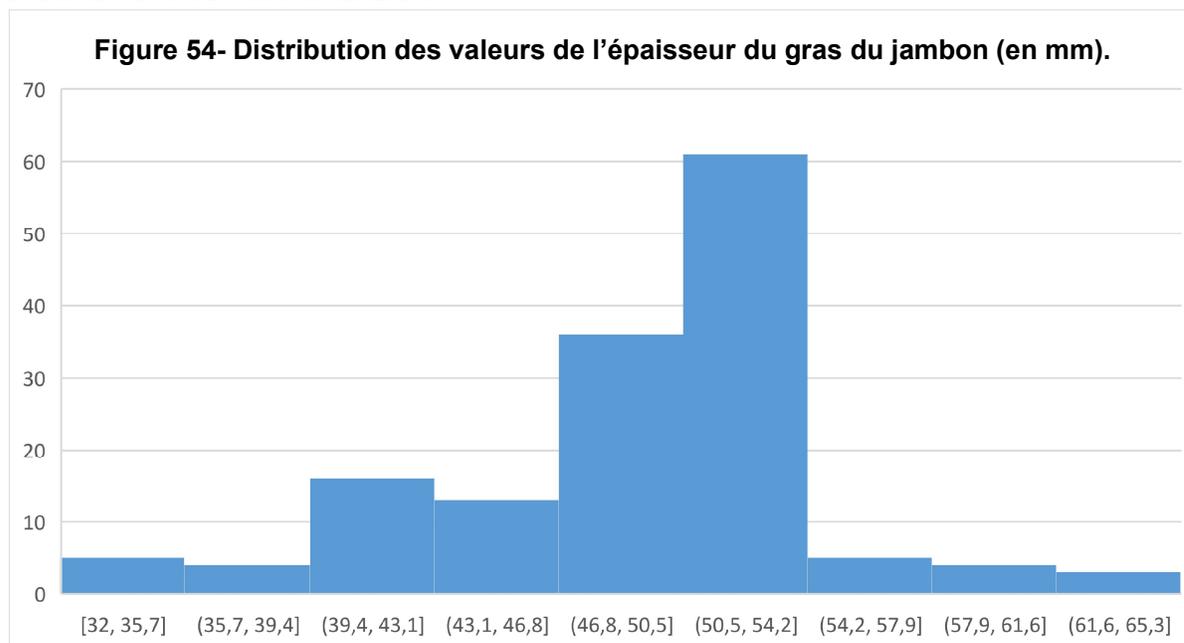
La Figure 53 présente la distribution des valeurs pour le poids du jambon. Cette répartition semble suivre une loi normale. Le modèle peut être appliqué pour tester l'hypothèse H0 suivante : « en prenant en compte l'élevage d'origine comme variable aléatoire, les poids du jambon des animaux vaccinés et des animaux témoins sont équivalents ». La valeur de la p-value est de 0,0293. En tenant compte de l'élevage d'origine des animaux, le poids du jambon est significativement plus élevé pour les animaux vaccinés que pour les témoins de notre échantillon, là où sur les données brutes, les différences n'étaient pas significatives (p-value de 0,658).

Figure 53- Distribution des valeurs du poids du jambon (en g).



2.2.4 L'épaisseur du gras du jambon

La Figure 54 présente la distribution des valeurs pour l'épaisseur du gras du jambon. Cette répartition semble suivre une loi normale. Le modèle peut être appliqué pour tester l'hypothèse H0 suivante : « en prenant en compte l'élevage d'origine comme variable aléatoire, les valeurs d'épaisseur du gras du jambon des animaux vaccinés et des animaux témoins sont équivalentes ». La valeur de la p-value est de 0,3. En tenant compte de l'élevage d'origine des animaux, il n'y a pas de différences significatives entre les valeurs d'épaisseur de gras du jambon des animaux vaccinés et des témoins de notre échantillon.

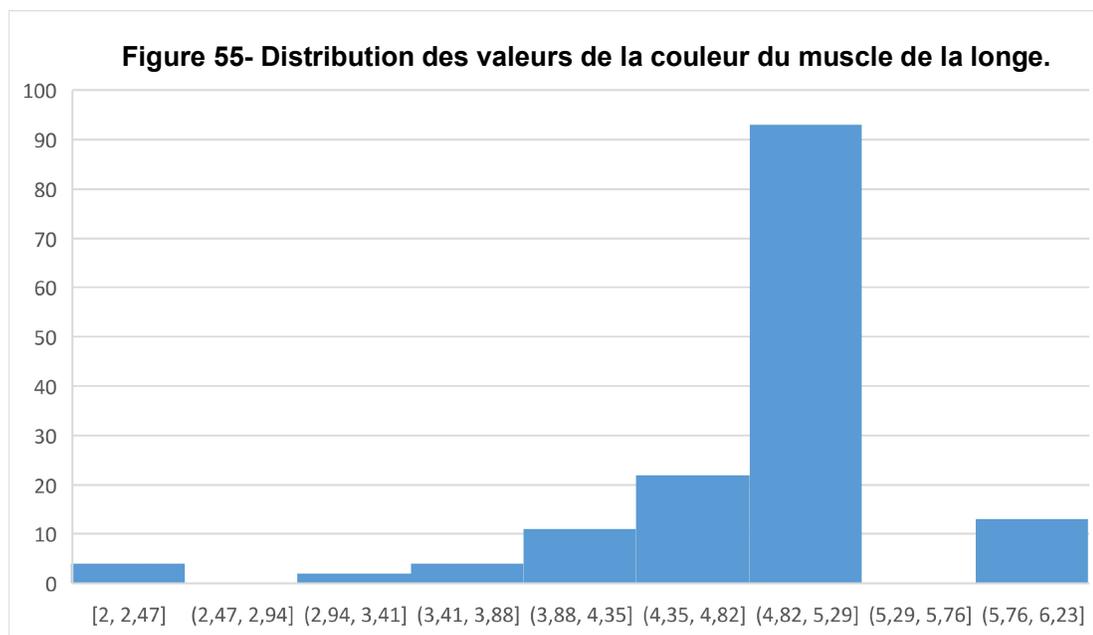


2.2.5 La couleur du muscle et du gras du jambon

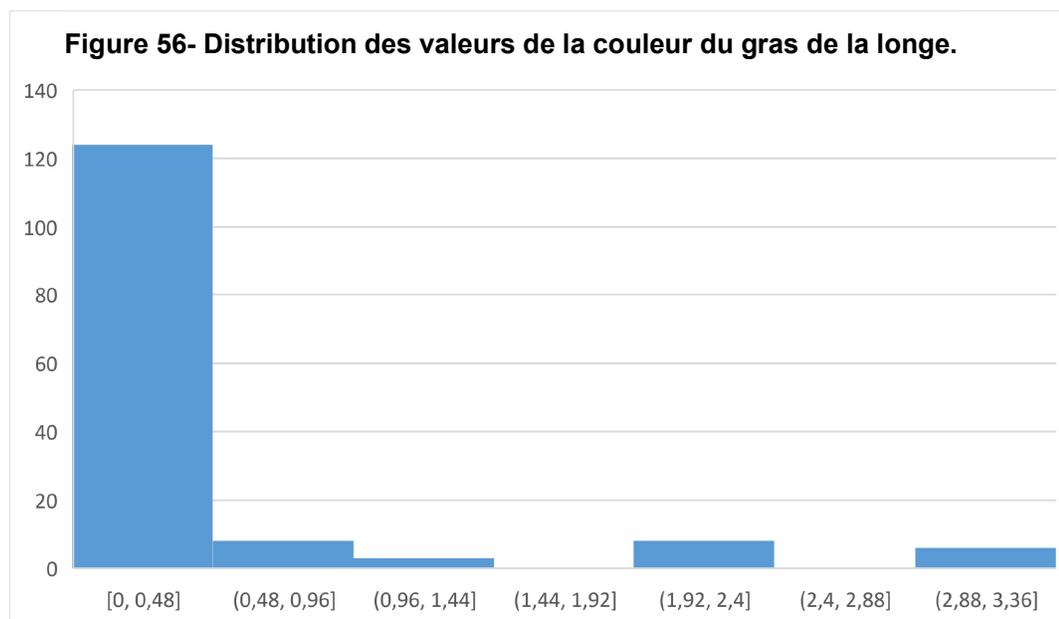
Les valeurs de la couleur du muscle sont toutes égales, il n'est pas possible d'appliquer de modèle sur les données. Les valeurs de la couleur du gras du jambon sont également presque toutes égales à l'exception de six valeurs. Le modèle n'est pas applicable non plus.

2.2.6 Couleur du muscle et du gras de la longe

La Figure 55 présente la distribution des valeurs pour la couleur du muscle de la longe. Cette répartition ne semble suivre aucune loi particulière, le modèle n'a pas été appliqué.

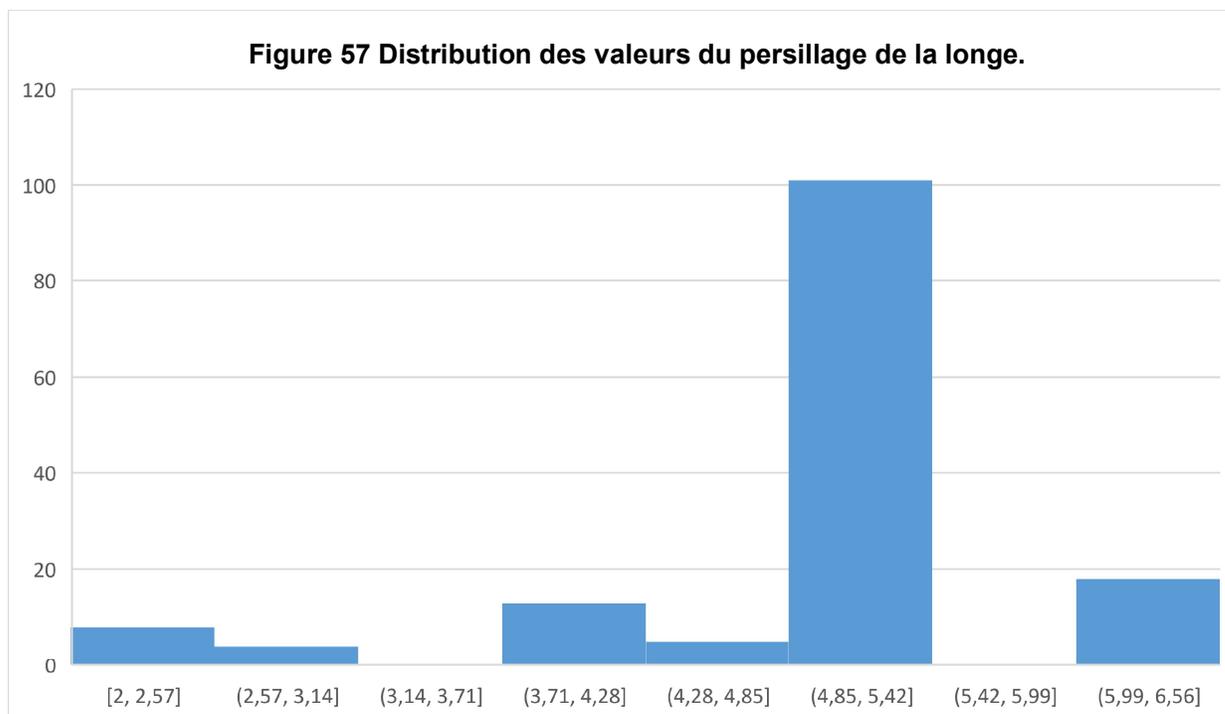


La Figure 56 présente la distribution des valeurs pour la couleur du gras de la longe. Cette répartition ne semble suivre aucune loi particulière, le modèle n'a pas été appliqué.



2.2.7 Persillage de la longe

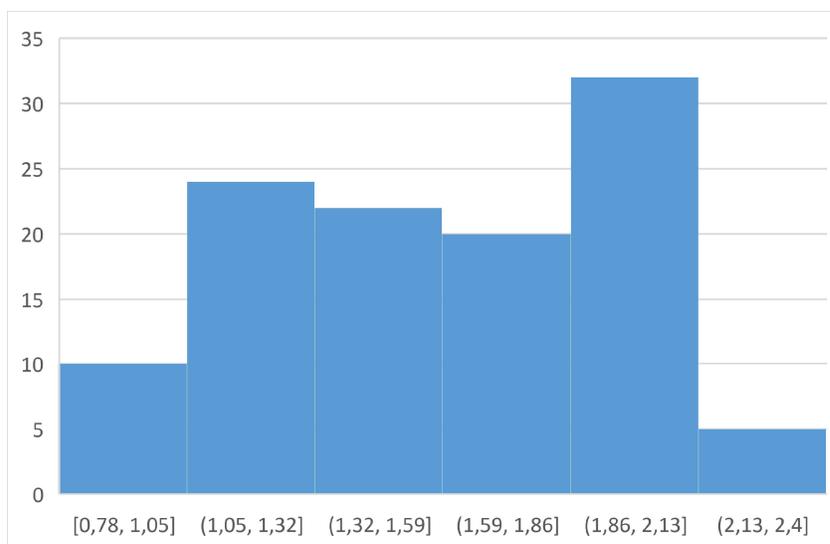
La Figure 57 présente la distribution des valeurs pour le persillage. Cette répartition ne semble suivre aucune loi particulière, le modèle n'a pas été appliqué.



2.2.8 L'exsudation

La Figure 58 présente la distribution des valeurs pour l'exsudation. Cette répartition semble suivre une loi normale. Le modèle peut être appliqué pour tester l'hypothèse H_0 suivante : « en prenant en compte l'élevage d'origine comme variable aléatoire, les pertes de poids de la côte de longe par exsudation des animaux vaccinés et des animaux témoins sont équivalentes ». La valeur de la p-value est de 0,94. En tenant compte de l'élevage d'origine des animaux, il n'y a pas de différences significatives entre les pertes de poids de la côte de longe par exsudation des animaux vaccinés et des témoins de notre échantillon.

Figure 58 - Distribution des valeurs de l'exsudation (en g).



Le Tableau 28 rassemble tous les résultats des tests effectués. Lors de la prise en compte de l'effet élevage, la significativité des différences est perdue, sauf pour le poids du jambon : la différence devient significative. Ainsi dans notre étude les animaux vaccinés avaient des jambons significativement plus lourds que les animaux témoins. Les résultats permettent également de dessiner des tendances. Les animaux vaccinés ont tendance à être plus lourds, plus gras et avec un meilleur persillé.

Tableau 28- Tableau bilan des analyses statistiques.

	Témoins		Vaccinés		<i>p-value</i>	<i>p-value</i> indépendamment de la variable aléatoire élevage
	Nombre d'animaux	Valeur	Nombre d'animaux	Valeur		
Carcasse						
Poids chaud (kg)	186	117,1	169	119,8	0,007*	0,601
TMP	19	42,2	67	41,9	0,700	0,920
Jambon (à 24h)						
Poids, kg	76	13,38	70	13,46	0,658	0,0293
Couleur du gras (de 0 à 4)	77	0,0	71	0,1	0,06	NR
Couleur du muscle (de 1 à 6)	77	6	71	6	1	NR
Épaisseur du gras (mm)	76	48,3	70	50	0,002*	0,3
pH	61	5,53	68	5,48	NR	NR
Température (°C)	77	3,3	71	3,8	NR	NR
Longe à 24h (10^{ème} espace intercostal)						
Couleur du muscle (de 1 à 6)	65	4,6	84	4,9	0,007*	NR
Couleur du gras (de 0 à 4)	65	0,1	84	0,4	0,003*	NR
Persillage (de 0 à 6)	65	4,6	84	5,0	0,014*	NR
Poids de la côte (g)	61	111,1	68	99,8	NR	NR
Exsudation (g)	47	1,6	58	1,6	0,51	0,936

3 Discussion

3.1 Difficultés rencontrées

3.1.1 Contexte de la thèse

Cette thèse représente presque deux ans de travail. Elle a été initiée à la demande de la filière Kintoa afin de tester l'effet du vaccin Improvac® sur la qualité de la viande en vue d'une mise en place systématique du vaccin sur les porcs femelles en croissance. Les éleveurs de la filière ont donc contacté Zoetis France, le laboratoire titulaire de l'AMM de l'Improvac®, à l'initiative de ce sujet de thèse après discussion avec le directeur de thèse.

3.1.2 Premières difficultés rencontrées

La première des difficultés rencontrées a été la gestion de la distance. La filière est située dans le sud-ouest de la France, alors que j'étudiais durant l'étude à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort, soit à une distance de près de 750 km. Ainsi :

- La présence sur place a été limitée.
- La prise de contact avec la filière se déroulait surtout à l'aide de moyen de télécommunication (mail, SMS, téléphone, visioconférence...).
- Les élevages avaient déjà été sélectionnés par la filière et les vaccinations déjà initiées. Il a été demandé à la filière d'essayer de repousser un maximum les abattages afin d'obtenir un maximum de données. Mais les éleveurs ont un planning d'abattage personnel et de nombreux animaux du lot « été » ont été abattus avant la mise en place des protocoles de relevés des données.

Un déplacement sur place a été nécessaire afin de se familiariser avec la filière, ses possibilités en termes de relevés de données et d'outils disponibles. Ce déplacement a été possible sur une durée de trois semaines, avec une période de deux semaines en avril 2022 et une semaine en mai 2022.

Ces trois semaines ont été rythmées par de nombreuses rencontres avec les acteurs de la filière : éleveurs, transformateurs, bouchers, abattoir, membre de l'INAO. Des discussions sur les possibilités de mise en œuvre du protocole et des adaptations aux capacités de la filière ont fait suite à cette période. À l'issue des deux premières semaines, il a été décidé de centraliser au maximum les relevés des données afin de limiter les biais dus aux opérateurs, méthodologies et compréhension des protocoles. La troisième semaine, des tests ont été réalisés afin de confronter les difficultés théoriques aux difficultés pratiques et d'ajuster une nouvelle fois le protocole.

3.2 Difficultés de mise en place de l'étude

Lors du début des discussions avec les différents acteurs de cette étude, des décisions avaient déjà été prises du côté de la filière. La vaccination avait débuté chez des élevages volontaires uniquement car la mise en place d'un traitement vaccinal suscitait beaucoup de doutes chez les éleveurs. Aucun tirage au sort n'a été réalisé pour sélectionner les élevages ou les animaux. Cette absence de tirage au sort implique une absence de représentativité de l'étude.

Les élevages volontaires ont tous été inclus dans l'étude indépendamment de leur taille, lieu de transformation ou conduite d'élevage. L'ensemble des animaux femelles provenant du lot sélectionné par l'éleveur était vacciné, il n'était donc pas possible d'appairer une femelle non

vaccinée à une femelle vaccinée dans un même lot. Le non-appariement ajoute un biais de sélection à notre étude, car les animaux témoins proviennent parfois d'élevages différents. Cela explique la différence d'effectifs entre les deux groupes étudiés ainsi que l'inclusion d'élevages n'ayant pas vacciné de femelles dans l'étude. Le grand nombre d'élevages inclus dans l'étude nous a permis de limiter l'écueil lié aux effectifs. L'effet imputable à l'élevage d'origine a été inclus dans l'étude statistique en prenant l'élevage en tant que variable aléatoire dans un modèle linéaire généralisé mixte.

Initialement deux lots de vaccination ont été formés par la filière, un lot « hiver » et un lot « été » afin d'étudier l'effet de la saison. Cet effet saison n'est pas à négliger au vu de l'obligation du 100% plein air imposé par le cahier des charges de la filière Kintoa. Cependant, la mise en place du protocole après l'abattage de nombreux animaux du lot « hiver » a conduit à l'abandon de ce critère, car des données sur trop peu d'animaux du lot « hiver » ont pu être relevées.

La filière Kintoa est une filière qui recense un nombre important d'élevages ayant de faibles effectifs, elle ne dispose pas des mêmes moyens que les filières centralisées avec des élevages comptant de nombreuses bandes. Cette étude compte donc de nombreux biais liés à l'organisation de la filière et des difficultés rencontrées au cours de l'étude.

3.2.1 Difficultés pratiques rencontrées durant les relevés

L'étude s'est déroulée sur une longue période avec des petits nombres d'animaux abattus chaque semaine ce qui rendait la réalisation des relevés possible uniquement par du personnel sur place. En discutant avec les acteurs de la filière, il est apparu qu'il serait impossible de faire réaliser les relevés à un unique endroit et par les mêmes personnes. En effet, parmi les élevages sélectionnés par la filière, certains sont des élevages fermiers avec transformation de leur propre production. On en retrouve notamment des conséquences dans les résultats de l'élevage numéro 13 qui sont souvent éloignés des moyennes des autres élevages. Par ailleurs la société Pierre OTEIZA ne pouvait garantir l'unicité des opérateurs. Des relevés sur certains animaux vaccinés ont également été abandonnés par manque de personnel pour réaliser les mesures. L'étude comporte des biais de mesures dus aux différents opérateurs. Toutefois, l'utilisation de grilles standardisées a permis de limiter ce biais.

La filière Kintoa étant une petite filière, les abattages étaient très répartis et concernaient chaque semaine un faible nombre d'animaux. Parfois les animaux ne pouvaient pas être inclus dans l'étude car la société ne pouvait assurer ses commandes si la longe était coupée, comme l'exigeait pourtant le protocole. La distance a rendu difficile la venue sur place pour réaliser les mesures ou des ajustements du protocole. Pour l'exsudation et la découpe de la longe, tous les animaux ont été inclus. Cependant un changement de découpe a été opéré pendant l'étude. Une comparaison entre les animaux vaccinés et non vaccinés devenait alors délicate.

3.2.2 Difficultés dans la transmission d'information et problèmes de relevés

Un autre constat lié à la distance est apparu plus tardivement durant les relevés : la transmission d'informations. La communication passait par plusieurs salariés de la filière Kintoa afin de connaître le nombre et l'élevage de provenance des animaux vaccinés et témoins en amont afin que je puisse transmettre l'information à l'abattoir et aux transformateurs. Quelquefois, la lourdeur du protocole et la durée de l'étude ont occasionné des oublis à l'origine de pertes d'animaux vaccinés. Parfois il s'écoulait plusieurs semaines entre l'abattage des animaux et la transmission

des données, parfois les informations étaient erronées, contradictoires ou tardives. Par exemple, pour un abattage le jeudi matin à 4h, l'information parvenait parfois le mercredi soir, trop tard pour transmettre l'information aux autres acteurs et des données étaient perdues.

Les données transmises étaient parfois retranscrites par une personne différente de celle ayant effectué les relevés, source d'erreur d'écriture qui rendait impossible la récupération des véritables valeurs. Cela a occasionné un travail important de vérification des données. Certains animaux n'étaient pas enregistrés comme ayant le bon sexe ou encore la bonne boucle. En cas de doute sur l'animal, il était retiré de l'étude malgré les données relevées.

Les carcasses des animaux Kintoa sont à très haute valeur ajoutée, et généralement vendues avant l'abattage. Les faibles volumes d'abattage par semaine associés à ce facteur économique important ont conduit parfois à la non-réalisation du relevé de données, afin de satisfaire les commandes de la société Pierre OTEIZA notamment. Par ailleurs, lorsque les animaux n'étaient pas transformés à la société, les relevés étaient soumis à la disponibilité du matériel propre à chaque atelier de transformation, ce qui a limité certaines mesures comme la température ou encore le pH. Enfin, un problème interne de personnel et de main d'œuvre au sein de la société Pierre OTEIZA durant l'été a limité les relevés.

3.3 Analyse des résultats obtenus

Il existe beaucoup d'éléments qui ont pu exercer une influence sur les résultats obtenus. Nous allons reprendre chaque critère étudié et apporter des précisions sur la qualité méthodologique et comparer les résultats à la littérature.

3.3.1 Le poids de la carcasse

Le poids de la carcasse des animaux abattus était obtenu à l'abattoir à l'aide de la balance située en fin de chaîne d'abattage. La fiabilité de la mesure est importante et sa réalisation a été systématique. La méthodologie est donc très bonne. Les moyennes obtenues pour les porcs pie noir sont élevées, avec une moyenne générale de $118,3 \pm 9,5$ kg, là où la moyenne française, se situe à 94,5 kg (Van Ferneij, 2021). Cette différence s'explique par le cahier des charges de la filière Kintoa qui ne donne pas l'AOP aux carcasses pesant moins de 100 kg et également par la durée de vie des animaux. Les animaux sont en effet élevés en plein air et vivent plus longtemps. En outre, le fait que les animaux vaccinés présentent un poids plus important (119,8 kg contre 117,1 kg) est logique. Une fonction très énergivore, à savoir la fonction de reproduction, est inhibée, favorisant la prise de poids. On retrouve classiquement cet effet de prise de poids après stérilisation chez les chiens et chats (Larsen, 2017). Cette conclusion ne se fait cependant que sur les données brutes. De nombreux biais existent dans cette étude et si on tient compte de l'élevage d'origine des animaux, la différence de poids entre les animaux vaccinés et non vaccinés n'est plus significative.

3.3.2 Le TMP

Le TMP des animaux abattus était obtenu par calcul après mesure à l'abattoir de deux valeurs également utilisées en routine. La méthodologie est très fiable également. La moyenne sur les animaux étudiés est de 41,9. Les résultats sont nettement inférieurs à ceux des autres races, dépassant 59 pour les races Large White, Landrace ou encore Piétrain (IFIP, 2021). Ce résultat de TMP n'est pas étonnant pour autant. Le porc Kintoa est naturellement plus gras et la grille de prix de la filière Kintoa se fonde sur l'épaisseur de lard dorsal. Plus celle-ci est élevée et plus l'éleveur est rémunéré, tout ceci en lien avec le cahier des charges de la filière. La moyenne des animaux

vaccinés est plus faible que celle des animaux témoins (41,9 contre 42,1). Les animaux vaccinés auraient tendance à être plus gras. Cependant le nombre d'animaux étudiés n'est pas le même dans les deux groupes (19 témoins contre 67 vaccinés) et ne proviennent pas des mêmes élevages. Les deux échantillons étudiés sont donc peu comparables.

3.3.3 Le poids du jambon

Le jambon était isolé, paré puis pesé. Cette opération était réalisée pour la plupart des jambons par les bouchers de la société Pierre OTEIZA. Pour une partie des jambons issus des élevages transformateurs fermiers, la découpe avait lieu à l'abattoir afin d'être envoyé dans le séchoir de la filière directement depuis l'abattoir. La découpe est réglementée dans le cahier des charges mais peut-être légèrement variable selon les opérateurs. Il y a donc un léger biais méthodologique pour une partie des jambons. Le poids moyen du jambon est de 13,42 kg. A titre de comparaison, dans le cahier des charges du jambon de Bayonne, un jambon avant mise au sel doit peser minimum 9,5 kg. Dans le cahier des charges du jambon de Kintoa cette valeur est fixé à 10 kg. Cette valeur est élevée, le jambon est une des pièces à très forte valeur ajoutée une fois transformé. Les animaux vaccinés ont eu des jambons en moyenne un kilogramme plus lourd que les animaux témoins (14,38 kg contre 13,38 kg). Cette différence n'est pas significative sur les données brutes. Cependant, cette différence devient significative lorsque l'on prend en compte l'élevage d'origine en tant que variable aléatoire. Les jambons des animaux vaccinés sont plus lourds que ceux des animaux témoins dans notre étude.

3.3.4 La couleur du muscle et du gras du jambon

Les couleurs du muscle et du gras du jambon ont été évaluées au moment de la découpe du jambon à l'aide du nuancier de l'échelle japonaise fourni pour la couleur du muscle et un nuancier de l'échelle canadienne pour la couleur du gras. Cette évaluation a été réalisée par plusieurs opérateurs. Les résultats sont uniques pour la couleur du muscle. Une note de 6 a été attribuée à tous les jambons. Cette couleur sombre fait partie des caractéristiques de la race. L'échelle japonaise paraît inadaptée aux races rustiques présentant une couleur plus sombre de la viande. Concernant la couleur du gras, les résultats sont également peu variables, presque tous les jambons ont eu une note de couleur de gras de 0. Seules six valeurs diffèrent, ces valeurs peuvent être imputées à la multiplicité des opérateurs. Les valeurs moyennes entre animaux vaccinés et animaux témoins sont ainsi très proches (0,05 contre 0,01) et la différence n'est pas significative, ce qui est renforcé lorsque l'on prend en compte la variable aléatoire élevage d'origine. On peut donc raisonnablement conclure que la vaccination n'a pas d'influence sur la couleur du gras et de la viande du jambon.

3.3.5 L'épaisseur du gras du jambon

L'épaisseur du gras du jambon était mesurée à l'issue de la découpe. On retrouve également la multiplicité des opérateurs. La méthodologie de relevé est satisfaisante. La moyenne 49,1 mm est à nouveau très élevée si on la compare à des valeurs de la filière classique. Dans le cahier des charges du porc fermier label rouge, l'épaisseur du gras de jambon minimale est de 10 mm (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2017b). Dans le cahier des charges du jambon de Kintoa cette valeur est élevée à 25 mm. Par ailleurs, on note une épaisseur plus importante chez les animaux vaccinés (50,0 mm) que chez les témoins (48,3 mm). La différence est significative sur les données brutes ; cela va dans le sens des précédentes observations du poids de carcasse et du TMP : les animaux vaccinés tendent à être plus gras. Toutefois, lorsque l'on prend en compte

l'élevage d'origine, cette différence entre animaux vaccinés et animaux témoins n'est plus significative.

3.3.6 La température et le pH du jambon

La température et le pH étaient mesurés dans le jambon. Cependant certaines semaines, en raison de jours fériés, les délais entre l'abattage et la mesure pouvaient évoluer. Ce qui implique que ces valeurs de température ou de pH ne sont plus comparables et les analyses statistiques non pertinentes. Concernant les valeurs de pH la moyenne mesurée est de 5,5 chez les animaux témoins contre 5,4 chez les animaux vaccinés. Dans la littérature on trouve que des jambons issus de porcs vaccinés avec le vaccin Improvac® présentaient des pH sensiblement plus élevés, de 5,65 (Quiniou *et al.*, 2022).

3.3.7 Le poids de la côte de longe

Le poids de la côte de longe était relevé après la découpe de la 10^{ème} côte. Les résultats de poids sont étonnants, les animaux témoins ont une côte de longe plus lourde que les animaux vaccinés (111,1 g contre 99,8 g). Cependant cette différence peut s'expliquer par plusieurs événements. Initialement, la longe devait être pesée puis parée. Cependant, une incompréhension du protocole par les opérateurs a conduit au relevé du poids de la côte uniquement. De plus, une modification de la découpe a eu lieu pendant le relevé des données et il existe une variabilité liée à la découpe en elle-même. La méthodologie n'a pas été bonne pour ce critère, il serait hasardeux d'essayer de comparer un poids total de longe à partir de ces échantillons. Aucune conclusion ne sera faite sur ce critère.

3.3.8 La couleur du muscle et du gras de la longe

Les couleurs du muscle et du gras de la longe étaient relevées grâce à l'échelle japonaise et au nuancier proposé. La méthodologie a été satisfaisante. La moyenne de la note de la couleur du muscle est de 4,8. La moyenne des animaux vaccinés (4,9) est significativement supérieure à celle des animaux témoins (4,6). La viande de la longe des animaux vaccinés semble plus sombre que celle des animaux témoins sur les données brutes. En tenant compte de l'élevage d'origine des animaux, la différence n'est plus significative. Cependant, elle est moins sombre que le jambon qui a reçu systématiquement la note de 6.

La couleur du gras de la longe présente également une différence significative entre les animaux vaccinés (0,43) et les témoins (0,08). Néanmoins, seul l'élevage transformateur fermier a donné des notes différentes de 0 et 0,5. Un effet lié à l'opérateur est important ici. Il est donc difficile de conclure sur la couleur du gras.

3.3.9 Le persillage

Le persillage de la côte de la longe était comparé au nuancier et noté. La valeur moyenne est de 4,8. Dans la littérature, on trouve des moyennes de persillage de 2,59 (Faucitano *et al.*, 2004). Cette moyenne est élevée et coïncide avec le fait que la race en elle-même est plus grasse que celles des porcs des filières conventionnelles. La moyenne des animaux vaccinés (4,96) est significativement plus importante que celle des animaux témoins (4,61). Sur les données brutes, ces résultats vont dans le sens des précédentes observations sur l'épaisseur de gras et le poids de la carcasse. Les animaux vaccinés tendent à être plus gras que les témoins. Lorsqu'on prend en

compte l'élevage d'origine des animaux, la différence entre animaux vaccinés et témoins n'est plus significative.

3.3.10 L'exsudation

Dans la bibliographie, l'exsudation est mesurée avec le plus de précisions sur la 13^{ème} côte (Merour *et al.*, 2007). L'estimation du persillage est la plus précise sur les 9^{ème} ou 10^{ème} côte (Faucitano *et al.*, 2004). Cependant la société Pierre OTEIZA ne pouvait pas réaliser les mesures sur plusieurs côtes pour assurer ses commandes. Seule la 10^{ème} côte a donc été soumise aux mesures d'exsudation et d'estimation du persillage, ce qui rend la comparaison avec la bibliographie délicate pour l'exsudation. La moyenne de l'exsudation est de 1,58%. Dans l'étude de Quiniou *et al.* (2022), une valeur de 1,4 % a été relevée. Dans cette étude, la différence d'exsudation entre animaux témoins (2,6%) et vaccinés avec Improvac® (1,4%) était significative. *A contrario*, dans notre étude, la moyenne des animaux vaccinés (1,60%) est supérieure à celle des animaux témoins (1,55%) mais cette différence n'est pas significative. Un manque de données ou une différence de méthodologie peut être à l'origine de cet écart. En effet, de nombreuses méthodes existent pour mesurer l'exsudation (Merour *et al.*, 2007). La méthode utilisée dans le cadre de notre étude n'est pas la même que celle décrite dans l'étude de Quiniou *et al.* (2022) ; cela est probablement à l'origine des différences de valeur observées dans notre étude.

3.4 Piste d'améliorations

Cette étude possède de nombreuses pistes d'améliorations, les principales étant la répétabilité dans la réalisation des mesures, le nombre d'animaux et la distance. Elle peut également paraître un peu ambitieuse, pour une filière de la taille de la filière Kintoa ayant peu d'effectifs et de marge de manœuvre sur une carcasse à très haute valeur ajoutée, vendue avant même d'être transformée.

Un des points les plus importants a été l'impossibilité de se rendre régulièrement sur place afin de réaliser les relevés de données. De nombreux animaux ont été perdus de vue à la suite de problèmes liés aux opérateurs indisponibles, mais également dans la perte d'information liée à la distance, à la durée et à la lourdeur du protocole. Les relevés à l'abattoir ont été réalisés correctement et efficacement dès que les techniciens étaient mis au courant du travail à réaliser. Le seul point à améliorer concernant l'abattoir serait la circulation des informations. Un responsable de l'abattoir aurait dû être inclus dans les fils de mails afin d'être prévenu au plus tôt des mesures à réaliser.

Les chaînes de transmission d'informations dans leur globalité peuvent également être améliorées. Un certain nombre d'informations contradictoires ou erronées étaient parfois envoyées concernant l'absence d'animaux abattus durant la semaine. Limiter le nombre d'interlocuteurs aurait peut-être permis de limiter la perte d'animaux imputable à l'ouverture tardive d'un mail ou à l'oubli de prise de nouvelles.

Concernant la réalisation des relevés, contrairement à ce qui avait été prévu initialement, toutes les mesures n'ont pas été réalisées au même endroit ni par les mêmes opérateurs. Bien que le personnel ait été formé lors de la venue sur site, les opérateurs ont changé au cours de l'étude ce qui a pu être à l'origine de biais, notamment sur des critères plus subjectifs comme la couleur du muscle de la longe ou encore la couleur du gras. Les relevés auraient dû être réalisés par la personne ayant rédigé le protocole ou une unique personne.

On peut en voir des conséquences notamment sur l'élevage 13, qui présente souvent des résultats qui dénotent sur certains critères. Par exemple, sur l'exsudation, la précision de la balance n'était pas la même (balance avec un pas de 5 g contre une balance pesant au gramme près), à l'origine de valeurs moins précises.

L'exsudation est un bon exemple de point à améliorer dans le protocole. La méthode utilisée dans cette étude est différente des méthodes retrouvées dans la bibliographie. Les côtes étaient bien mises en barquette, mais sans papier absorbant, l'exsudation a de ce fait surement été sous-estimée. Cette information a été transmise tardivement, la décision a été prise de continuer ainsi afin de ne pas avoir trop de biais de méthode, notamment pour la réalisation des statistiques.

Un autre effet qui n'a pas pu être pris en compte dans l'étude est le facteur saison. La précocité des abattages par rapport à la mise en place du protocole a eu pour conséquence de ne recueillir aucune donnée sur le lot « été » et un abandon de ce critère. Or sur des animaux plein air, la variation de température extérieure importante entre l'été et l'hiver peut amener à des variations saisonnières. La prise en compte du facteur élevage n'a pas non plus été optimale. Idéalement, les animaux témoins auraient dû exclusivement venir des élevages fournissant des animaux vaccinés. Cela aurait permis d'atténuer l'effet élevage et de moins ressentir son effet sur certains critères comme le poids carcasse. Toutefois, le faible nombre d'animaux par élevage nous a conduit à augmenter le nombre d'élevages afin d'avoir suffisamment d'animaux témoins, d'autant que dans les élevages ayant mis en place la vaccination, le nombre d'animaux témoins était nettement inférieur à ce qui avait été décidé au début de l'étude.

D'un point de vue statistique, un point important à améliorer serait le nombre d'animaux disponibles. Initialement, 100 animaux environ étaient sélectionnés pour chaque lot (« hiver » et « été ») par la filière, mais sur un élevage, près d'un tiers des animaux vaccinés sont morts de causes diverses avant d'être abattus, ce qui a diminué les effectifs de l'étude. On retrouve également des problèmes d'effectifs chez les témoins. Le TMP pour les témoins est une moyenne sur 19 individus contre 67 vaccinés. De nombreux biais ont également été identifiés tout au long de cette discussion et sont à prendre en compte. Cela rend l'interprétation des tests statistiques délicate. Toutefois nos objectifs initiaux sont atteints, et au regard des résultats, on peut estimer qu'il n'y a pas d'impact négatif de la vaccination Improvac® sur la qualité de la viande des porcs femelles de race pie noire élevés en plein air. On peut également dresser quelques tendances. Les animaux tendent à être plus lourds, plus gras et avec une viande plus persillée. Ces résultats, mêmes imparfaits d'un point de vue statistique apportent des éléments de réponse et permettent de poser des bases pour la réalisation d'études complémentaires sur l'impact de la vaccination Improvac® dans des filières alternatives aux filières conventionnelles, comme les filières en plein air ou en agriculture biologique.

Conclusion

La stérilisation des cochettes élevées en plein air est un important levier de prévention du risque lié aux sangliers en élevage plein air. Cependant les difficultés rencontrées lors de la mise en place d'une stérilisation chirurgicale peuvent être un frein. La suppression immunologique temporaire de la fonction ovarienne à l'aide du vaccin Improvac®, disponible depuis 2021, permet de s'affranchir d'une anesthésie générale et de l'ovariectomie. Cela offre une nouvelle solution accessible et efficace pour stériliser les animaux tout en améliorant le bien-être et en diminuant le risque associé. Cependant cette nouvelle méthode peut susciter des craintes chez les éleveurs quant à son impact sur la qualité de leur production.

L'étude, mise en place au sein de la filière plein air Kintoa basée dans le Pays Basque, a permis de comparer 13 critères de qualité de la viande de femelles vaccinées à l'aide du vaccin Improvac® et de femelles non vaccinées. Cent-quatre-vingt-six femelles vaccinées et 169 femelles non vaccinées issues de 13 élevages ont été incluses dans l'étude. Les relevés de données ont eu lieu de mai 2021 à août 2022.

Nous pouvons conclure que la suppression immunologique temporaire de la fonction ovarienne avec le vaccin Improvac® ne modifie pas de façon significative la qualité de la viande des porcs femelles sur la majorité des critères étudiés. Seul le poids du jambon présente des différences significatives, les femelles vaccinées ont des jambons plus lourds que les animaux témoins. Nous pouvons également formuler des tendances basées sur les données brutes. Les animaux ont tendance à être plus lourds (avec un poids carcasse de 119,8 kg pour les femelles vaccinées contre 117,1 kg pour les animaux témoins) et plus gras (épaisseur de gras de jambon de 50 mm pour l'épaisseur du gras de jambon chez les animaux vaccinés contre 48,3 mm pour les témoins), avec une amélioration du persillage (moyenne de 5,0 pour les animaux vaccinés contre 4,6 pour les témoins, sur une échelle de persillage allant de 0 à 6).

Cependant une importante disparité d'effectifs selon les élevages et les critères étudiés existent dans notre étude. Ils sont imputés à un faible nombre d'animaux abattus chaque semaine et disponibles au sein de chaque élevage ce qui a rendu difficile la comparaison des résultats obtenus.

Des études complémentaires seraient utiles, notamment pour étudier un éventuel effet saison. Toutefois, cette étude, même imparfaite, apporte des éléments de réponses. Elle pourrait permettre de lever les craintes de certains éleveurs hésitant à utiliser cette méthode pourtant intéressante en termes de biosécurité dans les élevages plein air. En supprimant l'œstrus des cochettes, cette vaccination diminue les risques de contact avec les sangliers.

jListe des références bibliographiques

- ANDERSSON, K., BRUNIUS, C., ZAMARATSKAIA, G., *et al.* (2012) Early vaccination with Improvac®: effects on performance and behaviour of male pigs. *Animal* vol. 6, n° 1, p. 87-95. [<https://doi.org/10.1017/S1751731111001200>]
- AUDIOT, A., BERTRAND, C., CHAPUIS, H., *et al.* (2015) Races animales françaises menacées d'abandon pour l'agriculture : rapport méthodologique. Présenté à Commission Nationale d'Amélioration Génétique, Paris, IFIP INRA.
- BORRISSE-PAIRÓ, F., RASMUSSEN, M.K., EKSTRAND, B., *et al.* (2015) Gender-related differences in the formation of skatole metabolites by specific CYP450 in porcine hepatic S9 fractions. *Animal* vol. 9, n° 4, p. 635-642. [<https://doi.org/10.1017/S1751731114002808>]
- BOULOT S., LE JEUNE M., HUANG Y., SALLE E. (2014) Évaluation du moment d'ovulation chez les truies en élevage de production : facteurs de variation et conséquences. 46èmes Journées de la Recherche Porcine. Paris, 4 et 5 février 2014, pp 287-288.
- COMMISSION ÉCONOMIQUE DES NATIONS UNIES POUR L'EUROPE (2006) Norme CEE - ONU Viande porcine : carcasses et découpes. *In unece.org*. [https://unec.org/DAM/trade/agr/standard/meat/f/Porcine_2006_f_Publication.pdf] (consulté le 09/10/2023).
- CONSEIL DE L'EUROPE (2016) Règlement (UE) 2016/429 du parlement européen et du conseil du 9 mars 2016 relatif aux maladies animales transmissibles et modifiant et abrogeant certains actes dans le domaine de la santé animale («législation sur la santé animale»). *In europa.eu*. [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016R0429>] (consulté le 25/04/2023).
- CONSEIL DE L'EUROPE (2013) Règlement (UE) n ° 1308/2013 du Parlement européen et du Conseil du 17 décembre 2013 portant organisation commune des marchés des produits agricoles et abrogeant les règlements (CEE) n ° 922/72, (CEE) n ° 234/79, (CE) n ° 1037/2001 et (CE) n ° 1234/2007 du Conseil. *In europa.eu*. [<http://data.europa.eu/eli/reg/2013/1308/oj/fra>] (consulté le 11/05/2023).
- CONSEIL DE L'EUROPE (2008a) Règlement (CE) n° 889/2008 de la Commission du 5 septembre 2008 portant modalités d'application du règlement (CE) n° 834/2007 du Conseil relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques en ce qui concerne la production biologique, l'étiquetage et les contrôles. *In Europa.Eu*. [<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2008/889/oj/fra>] (consulté le 03/05/2023).
- CONSEIL DE L'EUROPE (2008b) 2008/677/CE: Décision de la Commission du 28 juillet 2008 modifiant la décision 2006/784/CE relative à l'autorisation d'une méthode de classement des carcasses de porcs en France [notifiée sous le numéro C(2008) 3803]. *In europa.eu*. [<http://data.europa.eu/eli/dec/2008/677/oj/fra>] (consulté le 18/05/2023).
- CONSTANT, F., MAUFFRE, V., TIRET, L. (2022) Connaissance et Maîtrise de la reproduction, Travaux dirigés Enseignement de deuxième année. Maisons-alfort. Ecole vétérinaire de Maisons-Alfort, Unité pédagogique : connaissance et maîtrise de la reproduction
- DAUMAS, G. (2007) Les nouvelles modalités de classement des porcs. *Viandes et produits carnés* vol. 26, n° 2, p. 41-43.
- DELSART, M., POL, F., DUFOUR, B., *et al.* (2020) L'élevage de porcs en systèmes alternatifs : atouts et défis en termes de bien-être animal, biosécurité, santé animale et sécurité sanitaire. *Agriculture* vol. 10, n° 7, p. 261. [<https://doi.org/10.3390/agriculture10070261>]
- DESVAUX, S., JABERT, P., JACHACZ, J. (2020) Bilan synthétique des données Sylvatub. *In Plateforme-esa.fr*. [https://www.plateforme-esa.fr/sites/default/files/2021-09/bilan_synthetique_2017_2018_2019_nov19_rv_mars2020.pdf] (consulté le 06/04/2022).
- FAUCITANO, L., RIVEST, J., DAIGLE, J., *et al.* (2004) Distribution of intramuscular fat content and marbling within the longissimus muscle of pigs. *Canadian Journal of Animal Science* vol. 84, p. 57-61. [<https://doi.org/10.4141/A03-064>]

- FONT-I-FURNOLS, M., GUERRERO, L. (2014) Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: An overview. *Meat Science* vol. 98, n° 3, p. 361-371. [<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.025>]
- FRANCEAGRIMER (2022) Viande Porcine, fiche Filière. In *Franceagrimer.fr*. [<https://www.franceagrimer.fr/content/download/68229/document/FICHE%20FILIERE%20PORCINE%202022.pdf>] (consulté le 11/05/2023).
- FRANCEAGRIMER (2013) Étude sur la valorisation du 5e quartier des filières bovine, ovine et porcine en France. In *Franceagrimer.fr*. [<https://www.franceagrimer.fr/fam/content/download/24725/document/ETU-VIA-2013-%20Valorisation%20du%205%C3%A8%20quartier%20%28synth%C3%A8se%29%20-%20BI%C3%A9zat.pdf>] (consulté le 11/05/2023).
- FRANCEAGRIMER (2010) Guide technique et réglementaire Pesée/Classement/Marquage. In *Franceagrimer.fr*. [https://www.franceagrimer.fr/content/download/3134/document/Guide_du_classificateur_VD.pdf] (consulté le 11/05/2023).
- HARS, J., ROSSI, S. (2009) Résultats de la surveillance de maladies animales réputées contagieuses (MARC) dans la faune sauvage en France. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France* vol. 162, n° 3, p. 215-223. [<https://doi.org/10.4267/2042/47996>]
- IFIP, 2021 (2021) Le porc par les chiffres, 2021^e-2022^e. Paris, Institut du porc.
- INAO (2022) Les appellations d'origine. In *Inao.gouv.fr*. [<https://www.inao.gouv.fr/Les-signes-officiels-de-la-qualite-et-de-l-origine-SIQO/Appellation-d-origine-protégée-contrôlée-AOP-AOC>] (consulté le 07/01/2023).
- KOWALSKI, E., VOSSSEN, E., MILLET, S., *et al.* (2021) Effect of terminal sire line and timing second vaccination on effectiveness of immunocastration, performance, and carcass and meat quality. *Meat Science* vol. 175, p. 108451. [<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108451>]
- LARSEN, Risk of obesity in the neutered cat, *Journal of Feline Medicine and Surgery* 2017, Vol. 19(8) 779–783
- LATRACH, R., FRIKHA, M.R. (2012) Castration de la truie en milieu rural. *Bulletin des GTV n°66* p. 61-66.
- LEGAZ, A., POLLET, P.-Y. (2012) Étude documentaire et historique sur l'appellation « KINTOA ». In *lurraldea.net*. [http://leader2007.lurraldea.net/fileadmin/videos/leader_montagne/Etude%20Legaz_historique%20Kintoa%202012.pdf] (consulté le 05/05/2022).
- LE ROUX, D.,(2020) Immunologie et infectiologie générale, Travaux dirigés Enseignement de première année. Maisons-alfort. Ecole vétérinaire de Maisons-Alfort, Unité pédagogique : immunologie générale.
- MARTINAT-BOTTE F., GUY R., MADEC F., COSTIOU P., TERQUI M. (1998) Échographie et reproduction chez la truie - Bases et applications pratiques. Paris, INRA éditions.104p
- MEROUR, I., RIENDEAU, L., MAIGNEL, L., *et al.* (2007) Comparaison de différentes méthodes de mesure du caractère exsudatif de la viande fraîche dans les populations porcines françaises et canadiennes. 39èmes Journées de la Recherche Porcine. Paris, 6, 7 et 8 février 2007, p. 215-222.
- MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DE LA PRÉVENTION (2023) Principe actif ou substance active. In *Sante.gouv*. [<https://sante.gouv.fr/soins-et-maladies/medicaments/glossaire/article/principe-actif-ou-substance-active>] (consulté le 09/05/2023).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION (2021) Arrêté du 17 novembre 2021 modifiant l'arrêté du 24 février 2020 modifiant l'arrêté du 16 janvier 2003 établissant les normes minimales relatives à la protection des porcs. In *legifrance.fr*. [<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000044340570>] (consulté le 03/05/2023).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION (2019a) Le bien-être et la protection des porcs. In *Agriculture.gouv*. [<https://agriculture.gouv.fr/le-bien-etre-et-la-protection-des-porcs>] (consulté le 03/05/2023).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION (2019b) Instruction technique DGAL/SDSPA/2019-389 15/05/2019. In *Agriculture.gouv*.

- [<https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2019-389>] (consulté le 09/08/2022)
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION (2018) Arrêté du 16 octobre 2018 relatif aux mesures de biosécurité applicables dans les exploitations détenant des suidés dans le cadre de la prévention de la peste porcine africaine et des autres dangers sanitaires réglementés - Légifrance. In *legifrance.fr*. [<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000037501487>] (consulté le 07/05/2023).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION (2017a) RÈGLEMENT D'EXÉCUTION (UE) 2017/ 1928 DE LA COMMISSION - du 20 octobre 2017 - enregistrant une dénomination dans le registre des appellations d'origine protégées et des indications géographiques protégées [Kintoa (AOP)]. In *europa.eu*. [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R1928&from=FR>] (consulté le 25/04/2023).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION (2017b) Arrêté du 11 août 2017 portant homologation de cahiers des charges de label rouge. In *legifrance.fr*. [<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000035454375>] (consulté le 30/08/2023).
- NATIONAL PORK PRODUCER COUNCIL (2000) Pork Composition and Quality Assessment Procedures. In *porkgateway.org*. [<https://porkgateway.org/wp-content/uploads/2015/07/pork-composition-and-quality-assessment-procedures.pdf>] (consulté le 25/04/2022).
- NGAPO, T.M., MARTIN, J.-F., DRANSFIELD, E. (2007) International preferences for pork appearance: I. Consumer choices. *Food Quality and Preference* vol. 18, n° 1, p. 26-36. [<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.07.001>]
- OCDE, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE (2023) Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2023-2032, Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO. OECD. [<https://doi.org/10.1787/a187ca6c-fr>]
- OMSA (2022a) Code sanitaire pour les animaux terrestres. In *OMSA - Organisation mondiale de la santé animale*. [<https://www.woah.org/fr/ce-que-nous-faisons/normes/codes-et-manuels/acces-en-ligne-au-code-terrestre/>] (consulté le 25/04/2023).
- OMSA (2022b) Peste porcine classique. In *OMSA - Organisation mondiale de la santé animale*. [<https://www.woah.org/fr/maladie/peste-porcine-classique/>] (consulté le 07/05/2023).
- OMSA (2022c) Peste porcine africaine. In *OMSA - Organisation mondiale de la santé animale*. [<https://www.woah.org/fr/maladie/peste-porcine-africaine/>] (consulté le 07/05/2023).
- PATHARE, P.B., OPARA, U.L., AL-SAID, F.A.-J. (2013) Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology* vol. 6, n° 1, p. 36-60. [<https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>]
- QUINIOU, N., CHEVILLON, P., COLIN, F. (2022) incidence de la vaccination contre la gonadolibérine sur les performances de croissance et la qualité de la viande des femelles. In *IFIP*. [<https://ifip.asso.fr/actualites/>] (consulté le 30/08/2023).
- RSTUDIO, INC (2011) [logiciel], R commander
- VAN FERNEIJ, J. (2021) UE : Poids de carcasse de porc. Ralentissement de la croissance à venir. In *IFIP*. [<https://ifip.asso.fr/actualites/>] (consulté le 30/08/2023).
- WEISLINGER, M. (2022) Fiche élevage - Tout savoir sur l'élevage de porcs charcutiers ! – Chaire bien-être animal. In *vetagro-sup.fr*. [<https://chaire-bea.vetagro-sup.fr/fiche-elevage-tout-savoir-sur-lelevage-de-porcs-charcutiers/>] (consulté le 03/05/2023).
- WESOLY, R., WEILER, U. (2012) Nutritional Influences on Skatole Formation and Skatole Metabolism in the Pig. *Animals* vol. 2, n° 2, p. 221-242. [<https://doi.org/10.3390/ani2020221>]
- ZOETIS (2020) Résumé des caractéristiques du produit Improvac. In *europa.eu*. [https://www.ema.europa.eu/en/documents/product-information/improvac-epar-product-information_fr.pdf] (consulté le 11/01/2023).

IMPACT SUR LA QUALITÉ DE LA VIANDE D'UNE IMMUNOSUPPRESSION TEMPORAIRE DE LA FONCTION OVARIENNE CHEZ LES COCHETTES EN CROISSANCE

AUTEUR : Killian CONREUR

RÉSUMÉ :

Historiquement, la stérilisation des porcs femelles se faisait par ovariectomie. En 2021, le laboratoire Zoetis France obtient l'autorisation d'utiliser sur les femelles pubères son vaccin anti-gonadolibérine Improvac® dans le but d'obtenir une immunosuppression temporaire de la fonction ovarienne. Nous nous sommes intéressés à l'impact de cette suppression immunologique sur la qualité de la viande.

Pour ce faire nous avons mis en place une étude dans une filière plein air, la filière Kintoa située dans le Pays basque. Cette étude cas/témoin avait pour objectif de vérifier que la vaccination avec le vaccin Improvac® n'avait pas d'effet négatif sur la qualité de la viande des cochettes élevées par la filière Kintoa. Un total de 13 critères de qualité a été étudié : le poids de la carcasse, le taux de muscle des pièces, le poids du jambon, l'épaisseur du gras du jambon, la couleur du muscle et du gras du jambon, la température et le pH du jambon au moment de sa transformation, le poids d'une côte de longe, la couleur du gras, du muscle et le persillage d'une côte de longe et l'exsudation de la viande. Les données ont été récoltées sur un an et demi d'abattage hebdomadaire, puis analysées. Une analyse statistique fondée sur des tests de Student a été réalisée. Les faibles effectifs par élevage de la filière Kintoa a poussé à inclure de nombreux élevages dans cette étude (12). Pour prendre en compte le facteur de confusion qu'est l'élevage d'origine, un modèle linéaire mixte généralisé avec comme effet fixe le statut vaccinal de l'animal et effet aléatoire l'élevage d'origine a été employé.

Nous avons pu observer sur les données brutes des différences significatives sur certains critères tels que le poids des carcasses, le persillage ou l'épaisseur du gras du jambon. Cependant en prenant compte l'effet élevage, cette significativité est perdue pour tous les critères sauf pour le poids du jambon. La viande des animaux vaccinés avec le vaccin Improvac® n'est pas significativement différente de celle des animaux non vaccinés. Les animaux vaccinés ont tendance à être plus lourds, plus gras, et avec un meilleur persillage et ont des jambons plus lourds.

MOTS CLÉS :

IMPROVAC®, PORC, IMMUNOCASTRATION, QUALITÉ, VIANDE, VACCINATION

JURY :

Président : Pr Michel FEDERIGHI

Directeur de thèse : Dr Maxime DELSART

Examineur : Dr Pascal ARNÉ

IMPACT ON MEAT QUALITY OF TEMPORARY IMMUNOSUPPRESSION OF OVARIAN FUNCTION IN GROWING GILTS

AUTHOR: Killian CONREUR

SUMMARY:

Historically, female pigs were sterilized by ovariectomy. In 2021, the Zoetis France laboratory obtained authorization to use its Improvac® anti-gonadoliberin vaccine on pubescent females, with the aim of obtaining temporary immunosuppression of ovarian function. We were interested in the impact of this immunological suppression on meat quality.

To this end, we set up a study in a free-range chain, the Kintoa chain, located in the french Pays basque. The aim of this case-control study was to verify that vaccination with the Improvac® vaccine had no negative effect on the meat quality of gilts raised by the Kintoa chain. A total of 13 quality criteria were studied: carcass weight, piece muscle rate, ham weight, ham fat thickness, , color of muscle and ham fat, temperature and pH of ham at the time of processing, weight of loin chop, color of fat, muscle and marbling of loin chop, and meat exudation. The data were collected over a year and a half of weekly slaughtering and analyzed. Statistical analysis was performed using Student's t-tests. Due to the small number of animals per farm in the Kintoa chain we had to include many farms in this study (12). To consider the confounding factor of farm of origin, generalized linear mixed model with a fixed effect of the animal's vaccination status and a random effect of farm of origin was used.

Based on raw data, we were able to observe significant differences on certain criteria, such as carcass weight, marbling and ham fat thickness. However, once the breeding effect was considered, this significance is lost for most of all the criteria except for ham weight. Meat from animals vaccinated with Improvac® is not significantly different from that of unvaccinated animals. The vaccinated animals tend to be heavier, fatter and with better marbling and have heavier ham.

KEYWORDS:

IMPROVAC®, PORK, IMMUNOCASTRATION, QUALITY, MEAT, VACCINATION

JURY:

Chairperson: Pr Michel FEDERIGHI

Thesis Director: Dr Maxime DELSART

Reviewer: Dr Pascal ARNÉ