



Caractérisation de la qualité technologique et de la composition chimique de la viande de coche

Effet de l'incorporation de maigres de coche dans des mêlées de saucissons secs sur leurs évolutions et leurs caractéristiques

Mots-clés : qualité de viande, animaux de réforme, qualité des saucissons secs

Auteur : Thierry Lhommeau, Pierre Le Strat, Jean-Luc Martin, Alain Le Roux

IFIP-Institut du porc, Pôle Viandes et charcuteries, La Motte au Vicomte, 35 Le Rheu
E-mail de l'auteur correspondant : thierry.lhommeau@ifip.asso.fr

Le premier facteur de variation du pH ultime de la viande de coche est la durée de mise à jeun des cochons. La viande des cochons les plus âgées contient moins de collagène thermosoluble. La viande des cochons les plus lourdes est plus rouge. Les saucissons secs contenant le plus de maigre de coche sont caractérisés par une élasticité, une cohésion et une masticabilité supérieures, et une texture plus consistante.

Résumé :

Cette étude a porté sur la qualité de la viande de coche dans deux abattoirs français et la qualité de saucissons secs fabriqués avec des proportions variables de maigres de cochons. Une population de 280 cochons a été suivie à l'abattoir et en atelier découpe. Des mesures de qualité de viande (épaisseur de gras dorsal, pH ultime, colorimétrie et pertes d'exsudat) ont été réalisées sur tous les animaux. Les viandes de coche de cette étude présentent peu de viandes à bas pH, mais des viandes DFD ou à tendance DFD (de 10 à 30%) et 70% de viandes normales (pH entre 5,6 et 6). Nous avons constaté des durées de mise à jeun des animaux très longues, en moyenne 39 heures et jusqu'à 55 heures. La durée de mise à jeun influe significativement sur le niveau de pH ultime. Les viandes de cochons sombres sont en rapport avec les niveaux de pHu élevés mesurés. Des analyses de composition chimique (taux de protéines, de lipides, d'humidité, de collagène, de collagène thermosoluble) ont été réalisées sur 90 animaux triés sur le poids carcasse. Cette étude confirme que la proportion de collagène thermosoluble baisse avec l'âge des animaux en raison de l'augmentation de la réticulation du collagène.

Des fabrications de saucissons secs ont été réalisées en 4 séries contenant des proportions de maigre de coche croissantes (0, 35, 70 et 100%). Les saucissons contenant du maigre de coche sont caractérisés par une élasticité, une cohésion et une masticabilité significativement supérieures. Ils présentaient une texture plus liée et plus consistante. Cette bonne liaison des produits finis est apportée par la viande de coche à pH plus élevé.

Abstract: Characterization of the technological quality of culled sow meat. Effect of adding lean sow content to dry-cured sausage forcemeats on end-product time-course and quality characteristics

Here we led a quality study on sow meat and on dry-cured sausage formulations prepared with varying proportions of lean sow content. We followed a population of 280 culled sows from the pig abattoir to the meatcutting station and carried out a series of meat quality measurements (backfat thickness, ultimate pH, colorimetry and drip loss) on the cuts. We also led chemical composition analyses on a subset of 90 sows (protein content, lipid content, moisture content, collagen content, heat-soluble collagen content). Culled sow meat in this study was rarely low-pH but we found 10%–30% DFD or DFD-like meat and 70% normal-quality meat (i.e. in the range pH 5.6–pH 6). We found very long preslaughter fasting periods, averaging 39 hours and up to 55 hours. Pre-slaughter fasting period had a significant influence on both drip loss and pHu. The culled sow meat was relatively dark, which correlated to measured pHu levels. This research confirms the effect of age on the proportion of heat-soluble collagen, which was found to decrease with increasing age due to increased collagen crosslinking.

The dry-sausage forcemeats were prepared in 4 series containing increasing proportions of sow lean content (0, 35%, 70%, and 100%). The end-product dry cured sausages containing lean sow content were characterized by significantly better elasticity, cohesiveness and chewability which translates into a more consistent and better-bound texture. This improved sausage binding comes from the higher pH of sow meat indicating stronger functionalization of the myofibrillar protein component.

INTRODUCTION

La viande de cochon est la matière première principale pour les fabrications de rillettes, saucissons secs et bacon. Cette viande doit apporter les qualités technologiques attendues : fonctionnalités des protéines myofibrillaires (liant naturel des produits), capacité de rétention d'eau, et couleur. Mais cette viande est connue pour la variabilité de ses caractéristiques. L'étude de Frotin *et al.*, (2004, 2005) a mis en évidence des différences entre des lots de cochons âgés et de cochons jeunes (rang de portée >5 vs <3 respectivement). Les pH24 (pH déterminé 24 h après abattage ou pH ultime) mesurés dans les jambons et longes des truies les plus âgées semblaient légèrement supérieurs dans cette étude. Pour les auteurs, une hypothèse serait que les cochons âgés, mais aussi plus lourds, auraient des besoins physiologiques (dépenses énergétiques du métabolisme de base) plus importants que les cochons jeunes.

En effet, les longes issues d'un lot de truies de réforme âgées sont significativement moins riches en lipides (Frotin *et al.*, 2004, 2005), en collagène total (tendance) et en sucres,

que les longes des truies jeunes. La teneur en collagène thermosoluble est deux fois plus faible dans les longes des truies âgées, du fait d'une baisse de la solubilité du collagène avec l'âge des animaux. Les longes issues du lot de truies âgées sont significativement moins riches en lipides car les lactations répétées puisent dans les réserves énergétiques (lipidiques) notamment les lipides intramusculaires. Candek-Potokar *et al.* (1998) ont rapporté qu'à poids à l'abattage égal, une augmentation de l'âge consécutive à une restriction alimentaire (30%) entraîne une baisse des lipides intramusculaires.

Compte tenu de ces observations, un premier objectif de cette étude était de réaliser une mise à jour des connaissances sur le niveau et la variabilité de la qualité technologique de la viande des cochons abattus de nos jours en France. Un autre objectif était d'évaluer l'effet du niveau d'incorporation d'une proportion variable de maigre de cochon dans des mêlées de saucisson sec sur leur évolution pendant le processus et sur les caractéristiques de ces produits finis.

I. ETUDE DU NIVEAU ET DE LA VARIABILITE DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DES COCHONS

1.1. Matériel et méthodes

1.1.1 Mesures, prélèvements et analyse des viandes de cochons à l'abattoir

Animaux et prélèvements

Des prélèvements et des mesures de qualité de viande ont été réalisés sur des truies de réforme préalablement identifiées lors de leur abattage (lecture des boucles d'élevage) et avant leur suivi en découpe primaire et secondaire.

Un total de 280 cochons tout venant provenant de 46 élevages constituent notre échantillon émanant de deux journées d'abattage sur deux sites d'abattage (abattoirs A et B).

L'ensemble des truies suivies a fait l'objet des mesures suivantes :

- Des mesures d'épaisseur de gras dorsal à la fente au niveau du muscle *gluteus medius* (« mini rein ») ont été réalisées sur la ligne d'abattage
- Les opérateurs ont relevé les heures de dernier repas, et d'embarquement, et les données de classement (poids de carcasse).

Un questionnaire a été envoyé aux éleveurs afin de recueillir les informations de « carrières » des cochons.

Les informations demandées ont été :

- la date de naissance,
 - le rang de portée,
 - la date du dernier sevrage,
 - la cause de réforme.
- Des mesures de qualité de viande ont été réalisées lors de la découpe sur l'ensemble des cochons :
- le pH24 dans le muscle *semimembranosus*,
 - la colorimétrie du muscle *gluteus medius* (fessier moyen),
 - les pertes par exsudat (méthode EZ) sur le muscle *gluteus medius*.

Le pH24 a été mesuré sur 1 jambon par animal à l'aide d'un pH-mètre SYDEL équipé d'une électrode Mettler Toledo au Xerolyt (lot 406) dans le semi-membraneux.

Les mesures de colorimétrie (L^* , a^* , b^* , C^* , h°) ont été réalisées à l'aide du colorimètre Minolta CR400 sur le muscle *gluteus medius* au niveau du plan de coupe jambon/pointe.

Les prélèvements pour mesurer les pertes par exsudat ont été réalisés par carottage de 8 g de viande environ sur le muscle *gluteus medius* au niveau du plan de coupe jambon/pointe. Ces prélèvements ont été conservés 48 heures à une température de 4°C avant d'être pesés. Le rapport poids total de la prise d'essai sur poids de la perte par exsudation constitue le taux de perte par exsudation.

Sélection ou regroupement d'animaux par poids ou âge à l'abattage

Une sélection de 90 truies (45 par jour d'abattage) a été effectuée dans le but de créer des groupes de poids de carcasse (30 animaux/ groupe) : 1) truies les plus légères (poids inférieur à 165 kg), 2) truies de poids moyen (de 165 à 183 kg), 3) truies les plus lourdes (poids supérieur à 183kg).

Un autre regroupement par classe d'âge a été effectué comme suit (classes « cochons jeunes » : moins de 2,5 années, « moyennes » de 2,5 à 3,5 années, « âgées » plus de 3,5 années) lorsque ces informations ont pu être communiquées par l'éleveur (n=150).

Le regroupement par poids puis par âge a, de ce fait, entraîné une réduction des effectifs des groupes lors de tests faisant intervenir ce double tri (n=43).

1.1.2 Analyse de composition chimique

Des prélèvements de 200 g environ de muscle ont été réalisés au couteau au cœur du *Biceps Femoris* (long vaste ou semelle, Figure 1) sur la sélection des 90 animaux en vue de réaliser des analyses de composition chimique (Tableau 1).

Les échantillons de muscle paré (après élimination de tous tissus adipeux ou collagéniques) ont été conditionnés sous vide avant envoi au laboratoire.

Les analyses chimiques ont été réalisées selon les méthodes décrites dans le Tableau 1 ci-après.

Le collagène non thermosoluble a été déterminé analytiquement et nous avons exprimé le taux de collagène thermosoluble par la différence entre le taux de collagène total et le taux de collagène non thermosoluble.

Figure 1 : Site de prélèvement au cœur du muscle *Biceps Femoris* (long vaste ou semelle) pour les analyses chimiques

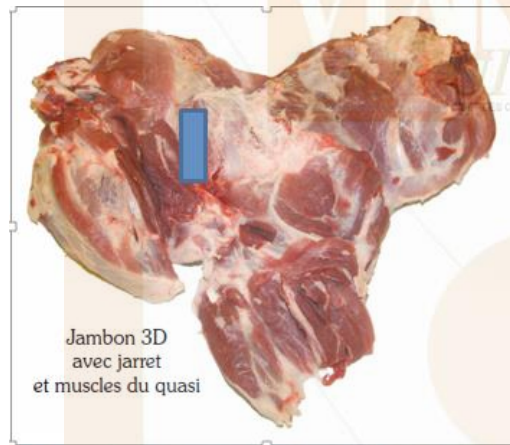


Tableau 1 : Normes ou méthodes d'analyses de composition chimique de viandes (effectuées sur 90 animaux)

Analyses	Norme/méthode
Humidité	NF V04-401
Lipides libres	NF V04-403 (Extraction à l'éther de pétrole selon la méthode Soxhlet)
Protéines	NF V04-407 (Méthode de kjeldahl)
Collagène total	Par mesure de la teneur en hydroxyproline selon la méthode de Bergman-Loxley (1963) décrite dans la norme NF V04-415 (AFNOR 2002)
Collagène non thermosoluble	Procédure de Bonnet and Kopp (1986) puis dosage selon la méthode de Bergman-Loxley (1963) L'échantillon est soumis à un traitement thermique en milieu aqueux puis on procède à la détermination de la teneur résiduelle en collagène après filtration selon le protocole pour doser le collagène total

1.1.3. Méthodes statistiques

Les statistiques descriptives ont été calculées à l'aide du logiciel Microsoft Excel.

Les traitements statistiques (comparaisons de moyenne, analyses de variance) ont été réalisés à l'aide du logiciel R et de son interface Rcommander.

Les analyses de variance ont été conduites en utilisant la procédure de Rcommander Anova à un facteur. Le modèle inclut, soit les effets de la durée de mise à jeun, soit les effets de l'âge, soit du poids de carcasse des cochons lors l'abattage,

le traitement par analyse à 2 facteurs ayant permis de montrer l'absence d'interaction entre âge et poids à l'abattage. Lorsque l'analyse de variance révèle un effet significatif, les moyennes sont comparées en utilisant le test de comparaison multiple des moyennes.

1.2 Résultats de qualité des viandes de cochon

1.2.1. Caractéristiques des cochons observés

L'âge moyen des cochons étudiés (151 réponses éleveurs) est de 3 années environ (1051 jours), le minimum est de 10,5 mois (324 jours) et le maximum de 6 ans et trois mois (2300 jours), l'écart type est de 1 an et 1 mois (390 jours).

Le poids moyen est de 172,7 kg, le minimum est de 105, le maximum de 224 kg, l'écart type est de 23,6 kg.

Le rang de portée moyen est de 5,4, le minimum est de 0, le maximum de 13, et l'écart type de 2,7, n=203). La répartition que nous avons observée est conforme à la répartition moyenne de la population nationale des truies réformées en France (source IFIP GTTT 2015, données non publiables).

Les principales causes de réforme renseignées ont été par nombre décroissant de réponses : l'âge des animaux, coche « vide », la régulation de bandes, pas de retour en chaleur, problème d'aplomb, avortement, pertes en maternité, performances de reproduction insuffisantes.

La durée de mise à jeun moyenne est de plus de 39 heures (minimum = 22,4 heures et maximum = 55,4 heures), ce qui

pourrait être révélateur des distances parfois parcourues par les animaux ou des problématiques de logistique. Cette durée s'explique aussi par les intervalles entre le dernier repas et l'embarquement qui sont en moyenne de 16,6 heures, le minimum étant de 1 heure mais le maximum est de 28,8 heures (n=247).

1.2.2. Résultats de qualité de viande

Les données de caractéristiques de qualité de viande pour l'ensemble de la population de 277 cochons sont regroupées dans le Tableau 2 ci-après.

Tableau 2 : Données de qualité de la viande (N=277 cochons)

	pH ₂₄	Pertes d'exsudat	L*	a*	b*	C*	h°
Moyenne	5,87	3,56	42,8	13,9	6,0	15,2	22,9
Ecart type	0,27	2,76	4,5	2,6	1,9	3,0	4,4
Minimum	5,48	0,08	29,6	7,4	2,0	8,1	11,4
Maximum	7,12	13,8	57,5	23,0	12,5	25,5	34,8

Variabilité du pH₂₄

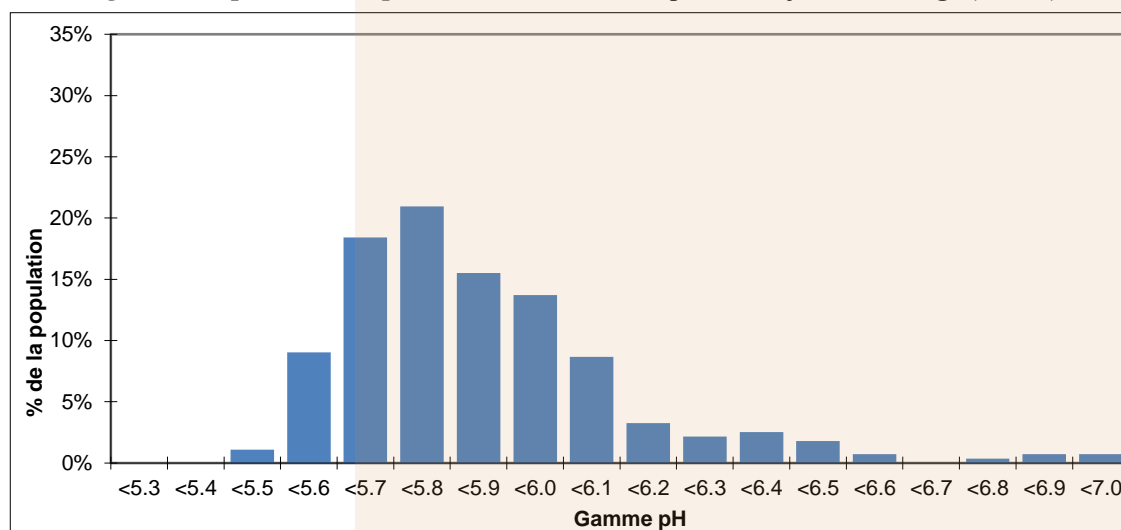
Le pH₂₄ moyen mesuré dans le semi-membraneux sur l'ensemble de l'échantillon (n=277) est de 5,87 (Figure 2). La valeur moyenne est plus élevée que pour le porc charcutier (moy. = 5,69 pour le porc) et la variabilité beaucoup plus grande, ET = 0,27 (ET = 0,16 pour le porc). Ces valeurs sont cohérentes avec celles observées par Frotin *et al.* (2002), qui ont rapporté une moyenne de 5,83, et un écart-type de 0,29 mesuré sur 1 381 cochons). Si l'on utilisait les classes de qualité des viandes de porc, cette population se répartirait comme suit : 1,1 % de viandes « à bas pH » (pH<5,5), 9% « à tendance bas pH » (pH<5,6), 68,6 % « bonne qualité » (pH de 5,6 à 6,0), 11,9 % « à tendance DFD » (pH de 6,0 à 6,2), 9% « DFD » (pH >6,2).

Sur les deux journées d'abattage étudiées, des différences de proportions d'animaux DFD importantes entre les deux

abattoirs ont été constatées. L'abattoir B compte 31 % de viandes DFD ou à tendance DFD, alors que l'abattoir A en compte 11 %.

Ces observations sont en accord avec les durées de mise à jeun observées. Il n'y a cependant pas de différence majeure entre les deux abattoirs concernant les proportions d'animaux à bas pH ou à tendance bas pH, qui s'échelonnent de 9,6 % (abattoir A) à 10,6% (abattoir B). Les valeurs de pH₂₄ des viandes de cochons sont resserrées sur l'intervalle 5,6-6,0. Il y a près de 70 % de viandes de « bonne qualité » sur les 2 lots de cochons observés alors que nous avons mesuré une proportion de 63% de viandes dans cette même plage de pH sur l'étude menée sur viande de porc charcutiers (observatoire pH/ déstructuré 2019 dans 5 abattoirs, n= 24674, données non publiées).

Figure 2 : Répartition des pH₂₄ semi-membraneux pour les 2 jours d'abattage (N=277).



Variabilité de la couleur de la viande de coche

Le niveau de corrélation entre la clarté L* et le pH₂₄ est de -0,53, cette valeur modérée pourrait s'expliquer par la faible représentation des viandes claires dans cette échantillon. Les viandes de coche sont sombres mais surtout très rouges puisque l'indice a* est en moyenne très élevé. La valeur de L* moyenne des viandes de coche correspond à des

notes 4 ou 5 de l'échelle japonaise alors que les indices a* et b* correspondent à des notes 6. Comparée à une viande de porc charcutier, pour laquelle est conçue l'échelle japonaise, une viande de coche est beaucoup plus rouge à niveau de clarté L* équivalent.

Effet du poids de carcasse sur les caractéristiques de colorimétrie de la viande de cochon

Il n'y a pas d'effet du poids des cochons sur les valeurs de L*. Il faut noter un léger effet sur l'indice de rouge a* mais il n'y a pas de différence entre animaux légers et de poids

moyen, seules les carcasses les plus lourdes sont significativement plus rouges (Tableau 3).

Tableau 3 : Données de couleur (moyenne, écart type) des viandes de cochons en fonction de la classe de poids (n=279)

Caractéristiques	coches légères (n=95)	coches moyennes (n=95)	coches lourdes (n=89)	Effet du poids de carcasse
L*	43,5 ± 4,0	42,4 ± 4,6	42,6 ± 5,0	ns
a*	13,7 ± 2,5 ^a	13,5 ± 2,5 ^a	14,6 ± 3,0 ^b	<0.01
b*	5,9 ± 1,7 ^{ab}	5,6 ± 1,7 ^a	6,5 ± 2,2 ^b	<0.01
c*	15,0 ± 2,8 ^a	14,7 ± 2,6 ^a	16,1 ± 3,5 ^b	<0.01
h°	23,1 ± 4,3	22,2 ± 4,5	23,5 ± 4,4	ns

Les groupes affectés d'une même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5%

Effet de l'âge à l'abattage sur la couleur de la viande

Il y a un effet global de la classe d'âge des cochons sur les caractéristiques de colorimétrie a* et C* de la viande (Tableau 4). Toutefois lorsqu'on compare les groupes entre eux, on observe seulement une tendance sur l'indice de rouge a* (p<0,1) entre les classes « cochons jeunes » et les « plus âgées » les jeunes étant sensiblement moins rouges. La viande

est sensiblement plus rouge pour des animaux lourds et/ou âgés peut s'expliquer par des concentrations de myoglobine plus élevées comme cela a été observé par Mayoral *et al.* (1999), dont les résultats confirmaient différentes études antérieures montrant une tendance à l'augmentation du taux de myoglobine avec l'âge des animaux.

Tableau 4 : Effet de l'âge des animaux sur la couleur de leur viande, (n=150)

Caractéristiques	coches jeunes (n=50)	coches moyennes (n=50)	coches âgées (n=50)	Effet de l'âge à l'abattage
L*	42,9 ± 4,5	42,2 ± 4,5	42,5 ± 4,6	ns
a*	13,2 ± 2,7 ^a	14,0 ± 2,7 ^{ab}	14,7 ± 2,7 ^b	< 0,1
b*	5,5 ± 1,7	5,8 ± 2,0	6,4 ± 2,2	p=0,085
C*	14,3 ± 3,0 ^a	15,2 ± 3,2 ^{ab}	16,1 ± 3,2 ^b	< 0,05
h°	22,5 ± 4,1	21,9 ± 4,7	23,0 ± 5,0	ns

Les groupes affectés d'une même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5%

Variabilité de la composition chimique

Effet du poids de carcasse

Nous n'avons pas observé d'effet significatif de la classe de poids de carcasse sur le taux de collagène, et les taux de collagène thermosoluble ou non thermosoluble, ou le rapport de collagène thermosoluble/collagène total du *biceps femoris* (Tableau 5). Il faut rappeler que ces groupes sont constitués à

partir du poids des animaux et non pas de leur âge. Nous avons toutefois vérifié que les 90 cochons sélectionnés sur le poids sont représentatives du niveau de qualité de viande de l'ensemble de l'échantillon de 280 cochons.

Tableau 5 : Effets du poids de carcasse sur la composition chimique du biceps femoris (moyenne, écart type)

Caractéristiques (% muscle frais)	Coches légères (n=30), poids chaud moyen =136,2 kg	Coches moyennes (n=29) poids chaud moyen =172,3 kg	Coches lourdes (n=31) poids chaud moyen =212,4 kg	effet
Taux d'humidité	75,3 ± 0,9 ^b	75,0 ± 0,9 ^{ab}	74,5 ± 1,0 ^a	<0,01
Taux de protéines	21,7 ± 0,8	21,8 ± 0,7	22,0 ± 0,7	ns
Taux de lipides	1,1 ± 0,7	1,2 ± 0,7	1,5 ± 1,0	ns
Taux de collagène	1,0 ± 0,2	1,0 ± 0,2	1,0 ± 0,1	ns
Taux de collagène thermosoluble	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1	ns
Taux de collagène non thermosoluble	0,8 ± 0,2	0,8 ± 0,1	0,8 ± 0,1	ns

Les groupes affectés d'une même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5%

Effet de l'âge à l'abattage

Il y a un effet de la classe d'âge sur la proportion de collagène non thermosoluble/collagène total ($P = 0,003$, Tableau 6). La classe d'âge explique 49 % de la variabilité de ce paramètre. Ces données sont en accord avec la littérature qui décrit et explique ce phénomène par une augmentation de la réticulation du collagène avec l'âge des animaux (Durand, 2005). Il faut noter que nos échantillons sont constitués de maigres parés, nous n'avons donc analysé que le tissu conjonctif intramusculaire, et non le tissu conjonctif

intermusculaire, (aponévrose, tendon...). Ceci explique que les viandes des cochons nécessitent des cuissons d'autant plus importantes qu'elles sont issues d'animaux âgés. Ceci peut être intéressant pour des transformations de produits comme les rillettes où les viandes de cochons résistent mieux à des cuissons longues (Portalier, 1994). Nous n'avons pas décelé d'effet de la classe d'âge sur une éventuelle augmentation du taux de collagène intramusculaire.

Tableau 6 : Effets de l'âge sur la composition chimique du muscle *biceps femoris*

Caractéristiques (% du muscle frais)	Coches jeunes (n=18)	Coches moyennes (n=11)	Coches âgées (n=14)	Effet
Taux d'humidité	74,9 ± 0,6	75,1 ± 1,1	74,4 ± 1,1	ns
Taux de protéines	21,9 ± 0,7	21,5 ± 0,9	22,1 ± 0,6	ns
Taux de lipides	1,2 ± 0,6	1,5 ± 0,6	1,5 ± 1,3	ns
Taux de collagène	1,0 ± 0,1	1,02 ± 0,2	1,00 ± 0,1	ns
Taux de collagène thermosoluble	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,08	0,2 ± 0,1	ns
Taux de collagène non thermosoluble	0,7 ± 0,1	0,8 ± 0,2	0,8 ± 0,1	ns
Rapport collagène non thermosoluble / collagène total	76,4 ± 4,8 ^a	82,9 ± 6,8 ^b	83,2 ± 6,6 ^b	<0,01

Les groupes affectés d'une même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5%

II. ETUDE DE L'EFFET DE L'INCORPORATION DE DIFFERENTES TENEURS EN VIANDE DE COCHE SUR LA QUALITE DES SAUCISSONS SECS

Les professionnels de la filière « saucisson sec » considèrent que la viande de cochon est une viande plus colorée et plus sèche que la viande de porc charcutier. Cet essai de fabrication de saucisson sec contenant des proportions

croissantes de viandes de cochons a été conduit afin de vérifier les différences de colorimétrie et de texture des produits finis en fonction de la proportion de maigre de cochon incorporé.

2.1. Matériel et méthodes pour les fabrications et mesures de qualité des saucissons secs

2.1.1. Réalisation des saucissons secs

Cet essai de fabrication de saucisson sec contenant des proportions croissantes de viandes de cochons a été conduit en considérant quatre niveaux d'incorporation de maigre de cochon dans les mêlées : Témoin (0%), Série 35 (35%), Série 70 (70%) et Série 100 (100%) de maigre de cochon.

La composition des différentes recettes de saucissons s'établit comme décrit dans les tableaux (notamment le

Tableau 7) et ci-après et correspond aux formulations décrites. Les tissus gras utilisés proviennent de bardière de porc et les maigres utilisés proviennent d'épaules de porc 4D (découennée, désossée, dénervée, dégraissée, env. 10 % de matières grasses, MG) et d'épaules de cochons 5D (découennée, désossée, dénervée, dégraissée, dépiécée, env. 10 % MG), tous ont été approvisionnés par notre fournisseur habituel.

Tableau 7 : Proportion des matières premières et teneur en lipides calculées

Matières premières	Taux de matières grasses	Proportion dans la mûlée				Teneur en lipides calculée			
		0	35%	70%	100%	0	35%	70%	100%
épaule de porc 4D	10%	85	50	15	0	8,5	5	1,5	0
épaule de cochon 5D	10%	0	35	70	85	0	3,5	7	8,5
bardière de porc	85%	15	15	15	15	12,75	12,75	12,75	12,75
	Total	100	100	100	100	21,25	21,25	21,25	21,25

Préparation des matières premières

La préparation des matières s'est déroulée de la manière suivante :

- Parage du maigre : élimination des aponévroses, cartilages et du gras en surplus,
- Parage de la bardière : élimination des restes de couenne,
- Découpe en gros morceaux pour passage au hachoir,

Fabrication des saucissons

- Préparation de la suspension de ferments lactiques (Flora Italia, CH-Hansen),
- Pesée des matières premières pour chaque série,
- Hachage des matières premières à la grille de 6 mm,
- Mélange manuel des matières premières avec les ingrédients et la suspension de ferments,
- Poussage sous boyau collagénique de diamètre 39 mm,
- Trempe des saucissons dans la solution de fleur de surface,
- Stockage des saucissons pendant 2 à 3 heures dans l'étuve à une température de 4°C,

2.1.2. Caractérisation des saucissons secs

Mesures colorimétriques

Les mesures ont été réalisées à l'aide d'un spectrocolorimètre MINOLTA CM600, en utilisant l'illuminant D65, ouverture de mesure de 8 mm, géométrie de mesure d/8°, 8°/d, les réglages sont la réflexion spéculaire exclue, observateur standard 10°.

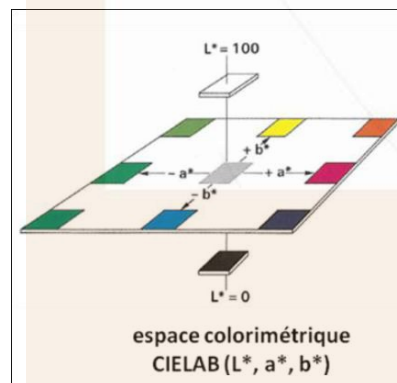
- Mélange manuel des morceaux de maigre et de gras aux proportions de chaque formulation,
- Stockage en armoire à -1/0°C,
- Préparation des mélanges d'ingrédients pour chaque série (g/kg) : sel ordinaire 16 g, sel nitré 10 g, salpêtre 0,14 g, dextrose 4 g, Flavor Sec 4 g, lactose 10 g (total ingrédients 44,14 g).

- Etuvage et séchage. Ces phases ont été paramétrées conformément aux usages constatés pour ce type de produit,
- Température et pH suivis en continu pendant la phase d'étuvage (sonde Mettler-Toledo lot 406),
- Suivi de la perte de poids effectué par des pesées régulières des saucissons en cours de séchage : l'objectif de perte de poids était de 40%.

Les mesures de couleur et de texture ont été effectuées sur 3 saucissons par série à 3 moments différents (soit 3 répétitions, R1, R2 et R3), les saucissons étant stockés au séchoir en conditions humides pour bloquer leur séchage.

Les conditions de réalisation sont en température ambiante de la salle de mesures, les mesures étant réalisées juste après découpe des tronçons destinés aux mesures de texture, les mesures sont réalisées dans l'espace colorimétrique CIELLAB (Figure 3).

Figure 3. Espace colorimétrique CIELAB, L* (luminosité), a* (indice de rouge), b* (indice de jaune)



Le spectrocolorimètre permet aussi de déterminer h, la teinte, comme dans la première partie de l'étude pour caractériser les viandes fraîches. Dans cette partie, nous avons choisi de prendre en compte l'angle de teinte rouge, H* qui

est l'angle complémentaire de h : $H^* = 90 - h$. H* croît avec la prédominance de l'indice de rouge * sur l'indice de jaune b*. Ceci est préféré dans les saucissons secs.

Mesures de texture instrumentale

Les caractéristiques de texture ont été analysées à l'aide de la méthode TPA (Texture Profil Analysis).

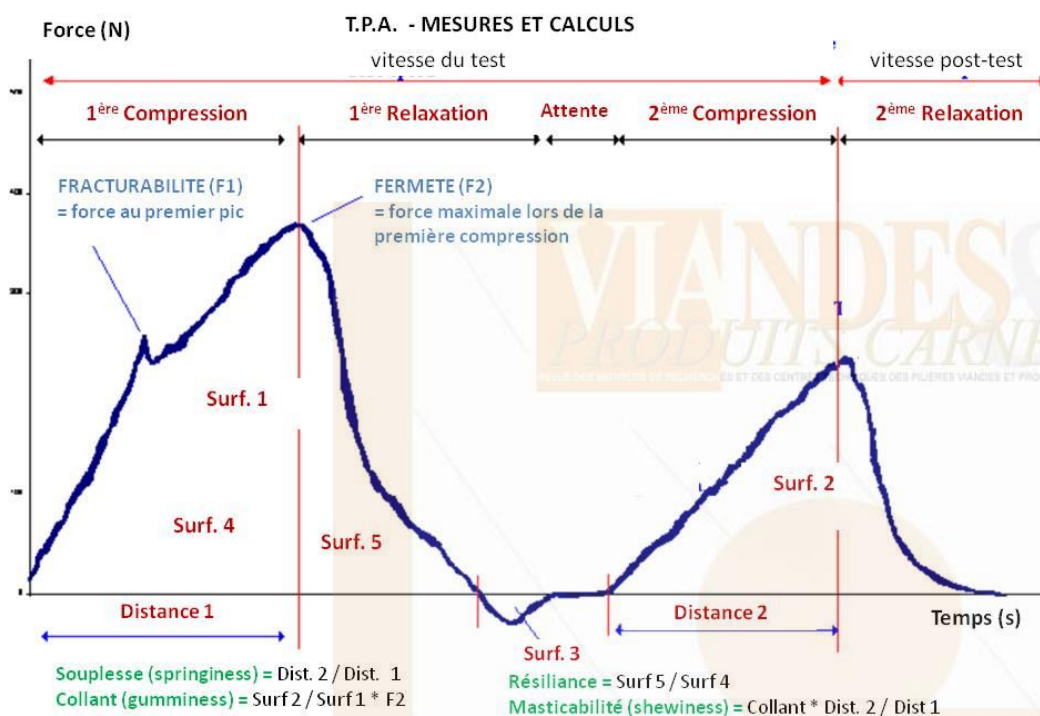
Cette méthode consiste à appliquer une double compression sur un échantillon de produit de dimensions déterminées, à une température maîtrisée, à vitesse constante, et sur une distance déterminée (Figure 4).

Les conditions de réalisation sont les suivantes :

- Produits tempérés au préalable pendant 1 heure à la température du laboratoire (18°C),
- Découpe des échantillons à l'aide d'un emporte-pièce de 12 mm de diamètre,

- Coupe de tronçons de 10 mm de longueur,
- Matériel : appareil TA-XT Plus,
- Outil circulaire plat de diamètre 50 mm,
- Protocole de mesures :
 - Vitesse de déplacement avant et après le test = 5 mm/sec,
 - Vitesse de déplacement pendant le test : 1,67 mm/sec (100 mm/min),
 - Double compression à jusqu'à 7,5 mm (75% de la hauteur initiale),
 - Temps entre les 2 compressions : 2 s.

Figure 4 : Evolution de la force en fonction de la distance de déplacement et paramètres de la méthode TPA



- Les caractéristiques de texture étudiées sont :
- Fermeté : pic de force de la première compression, Force exprimée en N,
 - Elasticité : capacité de l'échantillon à retrouver sa forme initiale pendant le temps entre la 1ère et la 2ème compression, Distance parcourue par la surface du produit entre les deux compressions, exprimée en mm,
 - Cohésion : Manière dont le produit résiste à la seconde déformation, relativement à la façon dont il s'est comporté

- lors de la première, Cohésion = surface de la 2ème courbe (Area 2) / surface de la 1ère courbe (Area 1), Ratio sans dimension,
- Caoutchouteux = fermeté (en N) x cohésion, Valeur exprimée en N,
 - Masticabilité : travail nécessaire pour mastiquer l'échantillon avant d'avaler. Masticabilité = fermeté x cohésion x souplesse, Valeur exprimée en N.mm.

2.1.3. Méthodes statistiques

Les traitements statistiques (comparaisons de moyenne, analyses de variance) ont été réalisés à l'aide du logiciel R. Les analyses de variance sont conduites en utilisant la procédure d'Anova à un facteur et quatre niveaux. Le modèle

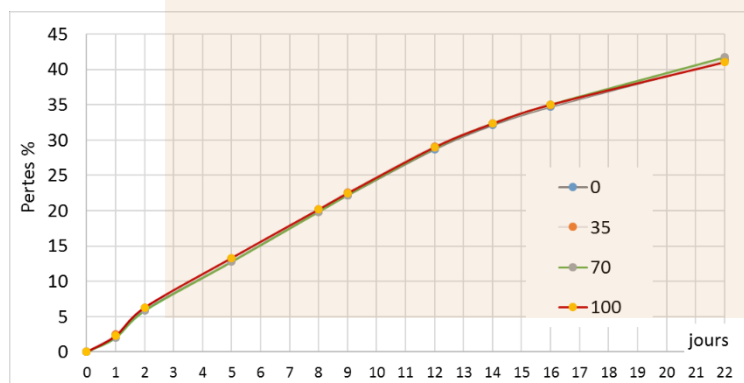
inclut les effets de la part de maigre de cochon dans la mélé. Lorsque l'analyse de variance révèle un effet significatif, les moyennes sont comparées en utilisant le test de comparaison TuckeyC.

2.2. Résultats de l'essai saucissons secs

Nous n'avons pas constaté de différence significative de pertes de poids entre les quatre séries de fabrication, Il n'y a donc pas d'effet de la proportion de maigre de cochon sur la

cinétique de pertes de poids. Tous les saucissons ont dépassé l'objectif de 40 % de pertes de poids au bout de la période 22 jours (Figure 5).

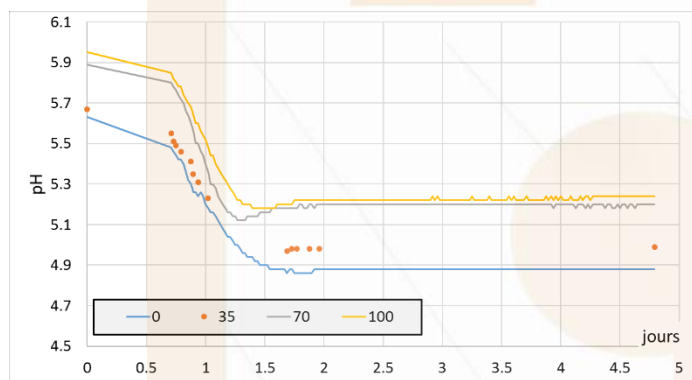
Figure 5 : Evolution des pertes de poids pour les 4 modalités



Les valeurs de pH des mêlées à J0 ont augmenté avec l'augmentation de la proportion de viande de coche, et ce surtout pour les taux de 70 et 100% (Figure 6 et Tableau 8) : On passe de 5,63 pour une mêlée sans maigre de coche à 5,95 pour la mêlée avec 100% de maigre de coche. L'amplitude de la baisse de pH entre J0 et J2 a été globalement identique entre les séries et n'a donc pas été conditionnée par la proportion de viande de coche. En fin de fabrication, le pH des séries avec les proportions les plus élevées en coche (100 et 70%) reste donc supérieur à celui des mêlées des séries 0 et 35 % de cochons. Un pH supérieur à 5,0 en fin d'étuvage induit des risques microbiologiques plus importants, ce fut le cas des

lots comprenant 70 et 100 % de maigres de cochons qui ont eu des pH après étuvage d'environ 5,1 et 5,2 respectivement. D'un point de vue technologique, l'amplitude de chute de pH a permis d'atteindre le niveau cible de 5,3/5,4 en fin d'étuvage pour toutes les séries. Ce niveau de pH permet la coagulation des protéines solubilisées et la sèche des saucissons, ce qui est confirmé par les niveaux de pertes de poids et de texture mesurés. Cependant, ce paramètre est dépendant du pH initial de la viande de coche utilisée, or les viandes de cochons peuvent être DFD (ou à tendance DFD) dans des proportions qui peuvent aller jusqu'à 30 % d'une population de cochons, comme mesuré dans cette étude.

Figure 6 : Evolution des pH pour les 4 lots de saucissons sur les 5 premiers jours de traitement



NB : en raison d'un dysfonctionnement de la sonde d'enregistrement du pH en continu, l'évolution de la série 35 a été suivie par des mesures ponctuelles.

Tableau 8 : Données de pH en début (J0) et fin d'étuvage (J2)

Série	0	35	70	100
pH à J0	5,63	5,67	5,89	5,95
pH à J2	4,88	4,98	5,20	5,22
Amplitude de baisse de pH	0,75	0,69	0,69	0,73

2.2.1. Résultats des mesures colorimétriques

Tableau 9 : Effets de la proportion de viande de coche sur les caractéristiques colorimétriques des saucissons secs

Caractéristiques	Séries				effet
	0	35	70	100	
L*	44,0 ± 4,4 ^a	42,9 ± 5,3 ^{ab}	40,5 ± 5,4 ^{bc}	39,2 ± 5,9 ^c	<0,001
a*	8,9 ± 2,6 ^b	9,3 ± 1,9 ^{ab}	9,1 ± 2,0 ^b	10,2 ± 1,3 ^a	<0,01
b*	7,0 ± 1,3	6,7 ± 1,3	6,3 ± 1,5	6,4 ± 1,4	ns
H*	52,1 ± 5,0 ^b	54,1 ± 8,0 ^b	54,6 ± 5,1 ^b	57,6 ± 4,7 ^a	<0,001

Les groupes affectés d'une même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5%

Clarté L*

La Clarté L* des saucissons a diminué avec l'augmentation de la proportion de viande de coche. Elle a été significativement plus faible pour les séries 70 et 100% de maigre de coche par rapport à la série ne contenant que du maigre de porc charcutier, ce qui correspond à des saucissons significativement plus sombres. Ce phénomène peut être rapproché du pH des maigres de cochons, de pH élevé et de clarté L* basse, fait logiquement baisser la clarté des mêlées fabriquées (Tableau 9).

Indice de rouge a*

L'indice de rouge a globalement augmenté avec la teneur en viande de coche, avec une valeur significativement

supérieure avec 100% de coche, relativement aux séries à 0 et 70% de coche (Tableau 9).

Indice de jaune b*

L'indice de jaune tend à diminuer avec l'augmentation jusqu'à 70% de la teneur en viande de coche (Tableau 9).

Angle de teinte rouge H*

La teinte rouge a significativement augmenté avec la teneur en viande de coche (conséquence de l'augmentation de a* et de la tendance à la baisse de b*). La différence n'est pas significative entre les séries avec 0, 35 et 70% de viande de coche, mais les saucissons préparés avec 100% de viande de coche montrent une teinte rouge significativement supérieure à celle des trois autres formulations (Tableau 9).

2.2.2. Résultats des mesures de texture

Fermeté

La fermeté des saucissons ne varie pas selon la proportion de viande de coche incorporée dans les mêlées (Tableau 10).

Elasticité

Seule la série sans maigre de coche s'est différenciée des autres par une élasticité significativement inférieure (Tableau 10). Les maigres de cochons apportent de l'élasticité aux saucissons, surtout pour les mêlées de taux d'incorporation élevés (séries à 70 et 100%).

Cohésion

La série sans maigre de coche montre significativement moins de cohésion (Tableau 10) : les maigres de coche apportent plus de cohésion aux saucissons que le maigre de porc charcutier. Cette cohésion des saucissons a augmenté avec la proportion de viande de coche dans la mûlée, avec une différence significative entre 35 et 100% de maigre de coche, la série à 70% étant intermédiaire. La cohésion est le signe d'une acidification du saucisson satisfaisante, ce qui provoque la coagulation des protéines et la formation d'un gel responsable de la tenue de tranche mais aussi d'une certaine capacité de rétention d'eau.

Masticabilité

La masticabilité a augmenté avec la proportion de viande de coche, avec des différences significatives entre les séries à 0% et 70 ou 100% de maigre de coche (Tableau 10). La masticabilité supérieure des saucissons contenant plus de maigre de coche correspond à une texture globalement plus liée, des grains de maigre plus fermes, d'où des saucissons qui demandent plus de mastication.

La texture d'un saucisson sec est due au gel de protéines myofibrillaires solubilisées puis coagulées, mais aussi au collagène intramusculaire (dureté de base), et nous pouvons émettre l'hypothèse que ces deux classes de protéines sont responsables de la texture différente des saucissons contenant plus de maigre de cochons. La cinétique de protéolyse des protéines myofibrillaires et dans une moindre mesure, des protéines du tissu conjonctif, est régie par le taux de sel, l'humidité du produit, le pH, et les ferments utilisés.

Discussion

L'acidification des saucissons après étuvage a été comparable entre les séries (voir suivi de pH) et pourtant, les séries intégrant une plus grande proportion de viande de coche montrent plus de cohésion. L'hypothèse est que, d'une part, ces dernières contenaient plus de gel de protéines myofibrillaires solubilisées puis coagulées, et de meilleure qualité (pH supérieurs) et que, d'autre part, la fonctionnalité de leurs protéines était supérieure, ce qui est en accord avec leur pH plus élevé. L'élasticité supérieure des saucissons des séries à 70 et 100 % en rend compte également.

De plus, une baisse de la vitesse de la protéolyse pourrait intervenir dans le cas de la viande de coche qui est due au type de fibre. En effet, les fibres rouges oxydatives mûrent plus lentement que les fibres glycolytiques (Ouali, 1992). La protéolyse endogène est nécessaire car elle produit les constituants (peptides, précurseurs d'arôme) qui seront à leur tour transformés par les enzymes apportés par les ferments (Hughes, 2002). Il sera donc justifié de vérifier l'incidence de l'incorporation de viande de cochons sur la signature aromatique de saucissons secs affinés et à différents délais.

Tableau 10 : Effets de la proportion de viande de coche sur les caractéristiques de texture des saucissons secs

Caractéristiques	Séries				effet
	0	35	70	100	
Fermeté (N)	8,6 ± 3.2	8,1 ± 2.5	8,4 ± 3.0	8,4 ± 2.7	ns
Elasticité (mm)	0,6 ± 0.1 ^b	0,6 ± 0.1 ^{ab}	0,7 ± 0.1 ^a	0,7 ± 0.1 ^a	<0,01
Cohésion	0,6 ± 0.1 ^c	0,6 ± 0.1 ^b	0,7 ± 0.1 ^{ab}	0,7 ± 0.1 ^a	<0,001
Caoutchouteux (N)	4,9 ± 2.1	5,2 ± 1.7	5,6 ± 2.0	5,8 ± 2.0	ns
Masticabilité (N.mm)	3,1 ± 1.6 ^b	3,4 ± 1.4 ^{ab}	4,0 ± 2,0 ^a	4,1 ± 1.6 ^a	<0,01

Les groupes affectés d'un même lettrage ne sont pas significativement différents au seuil de 5%

CONCLUSION

En ce qui concerne la qualité technologique des viandes de cochons, le pH₂₄ moyen des viandes de cochons étudiées est nettement supérieur à celui observé chez les porcs charcutiers (5,87 vs 5,69) et est aussi plus variable (écart type de 0,27 vs 0,16). Les valeurs basses de pH₂₄ (viandes PSE ou tendance PSE) sont très peu nombreuses alors que les valeurs élevées : viandes DFD (ou à tendance DFD) sont assez fréquentes. Cependant 70 % des viandes de coche de l'étude présentent un pH₂₄ normal, c'est-à-dire plus qu'observé généralement dans un lot de porcs charcutiers moyen (63%). Les principaux facteurs de variation du pH₂₄ mesuré sur jambon de coche sont, comme pour le porc charcutier, la durée de mise à jeun et l'intervalle entre dernier repas et embarquement, un allongement de la mise à jeun conduisant à des pH_u plus élevés. Nous avons constaté des durées de mise à jeun très longues jusqu'à 55 heures dans l'effectif de cochons de cette

étude. La couleur mesurée sur le muscle *gluteus medius*, est en moyenne plus sombre pour les viandes de cochons que des porcs charcutiers. Elle est aussi plus rouge pour les cochons les plus âgées de notre échantillon (tendance) ou les plus lourdes, et s'expliquerait par une augmentation de la teneur en myoglobine avec l'âge. La clarté L* est liée au pH₂₄ des viandes et donc aux conditions de pré-abattage. Nos résultats confirment l'effet de l'âge à l'abattage sur la proportion de collagène thermosoluble, qui baisse avec l'âge des animaux en raison de l'augmentation de la réticulation du collagène.

En ce qui concerne la qualité des saucissons secs, l'augmentation de la teneur en maigre de coche dans les mêlées de saucisson secs a conduit à une baisse de la clarté L* des produits (saucissons plus sombres) et à une augmentation de la teinte rouge H*, ce qui entraîne une

différence plus marquée avec le gras et un meilleur visuel. La viande de cochon n'a pas apporté de différence de fermeté ni de caractère caoutchouteux aux saucissons. En revanche, les saucissons contenant une proportion élevée ($\geq 70\%$) de

viande de cochon sont caractérisés par une élasticité, une cohésion et une masticabilité significativement supérieures. Ils ont une texture globalement plus liée et plus consistante.

Remerciements : cette étude a été réalisée grâce au soutien financier de Inaporc, FranceAgrimer et du Casdar.

Références bibliographiques :

Candek-Potokar M., Zlender B, Lefaucheur L. Bonneau M. (1998). Effects of Age and/or Weight at Slaughter on longissimus dorsi Muscle: Biochemical Traits and Sensory Quality in Pigs. *Meat Science*, 48, 287-300.

Durand P. (2005). Technologies des produits de charcuterie et des salaisons. Ed. TEC & DOC. Paris, Lavoisier, p 62.

Frotin P., Boulard J., Le Roux A., Bozec A. (2004). Caractérisation et recherche de référence sur la filière truies de réforme, Rapport IFIP.

Frotin P., Boulard J., Houix Y. (2002). Etat des lieux dans 3 outils d'abattage/découpe de cochons : qualité technologique et état d'engraissement. Rapport IFIP.

Frotin P., Guillard A-S., Boulard J., Minvielle B., Vautier A., Kutschera M., Martin J-L., Mekhtiche L. (2005). Truie de réforme. Influence de l'âge sur la qualité de la viande. *Viandes et Produits Carnés Vol 24 (6)*, 219-222.

Hugues M.C., Kerry J.P., Arendt E.K., Kenneally P.M., Mc Sweeney P.L.H., O'Neill E.E. (2002). Characterization of proteolysis during the ripening of semi-dry fermented sausages. *Meat Science*, 62, 205-216.

Mayoral A.I., Dorado M., Guillen M.T., Robina A., Vivo J.M., Vazquez C., Ruiz J. (1999). Development of meat and carcass quality characteristics in Iberian pigs reared outdoors. *Meat Science* 52, 315-324.

Ouali A. (1992). Proteolytic and physicochemical mechanisms involved in meat texture development. *Biochimie*, 74, 251-265.

Portalier V. (1994). Caractéristiques et facteurs de variation de la texture des rillettes. Rapport CTSCCV 1994.