



# Classification des carcasses de porcs selon leur teneur en muscles en France et dans l'Union européenne

Gérard DAUMAS

IFIP - Institut du porc, BP 35104, 35651 Le Rheu Cedex, France

gerard.daumas@ifip.asso.fr

## Classification des carcasses de porcs selon leur teneur en muscles en France et dans l'Union européenne

La filière porcine a pour finalité essentielle de produire de la viande commercialisable. Depuis un demi-siècle, l'exigence majeure en termes de qualité des carcasses concerne la teneur en viande maigre. Cette teneur est prédite dans les abattoirs par des méthodes de classement autorisées au niveau communautaire. La définition de la référence européenne a changé il y a quelques années et la France doit intégrer ce changement lors de la prochaine actualisation de ses méthodes de classement, quand les acteurs de la filière l'auront décidé. De nouveaux modèles d'appareils, utilisant les ultra-sons, la visionique ou l'induction magnétique, sont apparus sur le marché, permettant pour certains d'accéder à de nouvelles mesures. Le développement de la production de mâles entiers a modifié la composition du cheptel français et d'autres cheptels nationaux. Les objectifs de cette synthèse bibliographique sont d'aider les acteurs de la filière à comprendre les modalités de classement en France et dans l'UE, d'expliquer comment ces modalités pourraient changer prochainement et de donner quelques recommandations aux utilisateurs des données de classement. Après un historique de la classification porcine, incluant l'évolution de la réglementation, cette synthèse dresse un panorama de l'ensemble des méthodes actuellement autorisées en France et dans l'UE. La précision des méthodes est comparée selon le degré d'automatisation et le type de technologie. Les facteurs influençant la prédiction de la teneur en viande maigre sont discutés. Enfin, cette synthèse s'achève par quelques recommandations aux utilisateurs de données de classement, visant à permettre d'identifier précisément les méthodes utilisées et d'éviter de mauvaises utilisations ou des extrapolations abusives.

## Classification of pig carcasses according to muscle content in France and the European Union

The main purpose of the pig industry is to produce marketable meat. For half a century, the main requirement for quality has been the lean meat content, which is predicted in slaughterhouses by grading methods authorized by the European Union (EU). The definition of the EU benchmark changed a few years ago and France must incorporate this change when it next updates its classification methods, when the players in the sector have decided so. New models of devices, using ultrasound, vision or magnetic induction, have appeared on the market, allowing some devices to access new measurements. The development of entire male production has changed the composition of the French herd and other national herds. The objectives of this literature review are to help stakeholders understand the classification methods in France and in the EU, to explain how these methods could change in the near future and to give some recommendations to users of classification data. After a history of pork classification, including the evolution of regulations, this review provides an overview of all the methods currently authorized in France and in the EU. The accuracy of the methods is compared by the degree of automation and the type of technology. Factors that influence the prediction of lean meat content are discussed. Finally, the review ends with some recommendations to users of classification data, aimed at enabling precise identification of the methods used and avoiding misuse or abusive extrapolation.

## INTRODUCTION

Le paiement des éleveurs de porcs dépend du poids et de la teneur en viande maigre de leurs animaux. Celle-ci est prédite par des méthodes de classement des carcasses. Les résultats de classement sont des données très utilisées par les acteurs de la filière. La classification des carcasses de porc est régie au niveau communautaire depuis les années 70-80. Ses objectifs sont de contribuer à la transparence du marché, aux mécanismes de soutien du marché et à un paiement juste des éleveurs. Cette classification est obligatoire et objective depuis la fin des années 80. La réglementation a évolué au fil des décennies, notamment avec une modification du critère de classement.

L'harmonisation communautaire repose sur un objectif commun, mais une grande liberté de moyens est laissée aux Etats membres (EM) pour atteindre cet objectif. Le développement de l'automatisation a fait surgir de nouvelles technologies et de nouveaux appareils. Parallèlement, de nouveaux modèles ont été développés pour les appareils les plus anciens. Ainsi, actuellement plus d'une centaine de méthodes de classement sont autorisées en Europe, dont sept pour la France.

L'interdiction de la castration sans anesthésie provoque une évolution du cheptel européen, avec notamment un accroissement de la proportion de mâles entiers. Ceci, combiné à l'apparition de nouveaux appareils, contribue à une nouvelle vague de demandes d'autorisation de méthodes de classement. La France ne devrait pas tarder à emboîter le pas.

Les objectifs de cette synthèse sont d'aider les acteurs de la filière à comprendre les modalités de classement en France et dans l'UE, d'expliquer comment ces modalités pourraient changer prochainement et de donner quelques recommandations aux utilisateurs des données de classement. Pour répondre à ces objectifs, le document commence par un historique de la classification en France et dans l'UE, incluant l'évolution de la réglementation. Puis, est dressé un panorama de l'ensemble des méthodes actuellement autorisées en France et dans l'UE. La précision des méthodes est ensuite comparée selon le degré d'automatisation et le type de technologie. Les facteurs influençant la prédiction de la teneur en viande maigre sont discutés. Enfin, cette synthèse s'achève par quelques recommandations aux utilisateurs de données de classement, visant notamment à permettre d'identifier précisément les méthodes utilisées et d'éviter de mauvaises utilisations ou des extrapolations abusives.

### 1. EVOLUTION DE LA CLASSIFICATION EN FRANCE

Les méthodes d'appréciation de la valeur qualitative de la carcasse ont été orientées vers l'estimation de la teneur en muscle, sous la pression d'une demande des consommateurs pour un porc maigre. En France depuis 1953, se sont succédé quatre grilles de classement (Zert, 1970 ; ITP, 1993) :

- La Belle Coupe (1953-1963),
- la grille ITP (1963-1972),
- la grille communautaire selon des classes descriptives (1972-1988),
- la grille communautaire selon la teneur en muscles (depuis 1986).

Concernant la dernière grille, les étapes suivantes peuvent être distinguées, en fonction de la définition de la teneur en muscles :

- Taux de muscle (1986-1997),
- Teneur en viande maigre (TVM) (1997-2006),
- Taux de muscle des pièces (TMP) (depuis 2007).

Le passage des différentes étapes a été documenté par Daumas (1989, 1991), Daumas et Dhorne (1996) et Daumas (1999, 2008a).

Les ruptures dans l'évolution de la teneur en muscles, liées au changement de définition, sont illustrées par la figure 1.

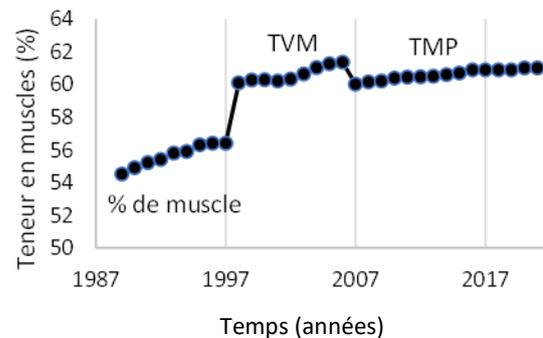


Figure 1 – Evolution annuelle de la teneur en muscles dans la zone Uniporc Ouest

### 2. EVOLUTION DU CADRE REGLEMENTAIRE DE LA CLASSIFICATION

La gestion du marché repose sur des cotations nationales et concerne les porcs charcutiers. Le prix est celui d'une qualité type définie d'après une grille de classement des carcasses et concerne le poids froid d'une carcasse selon une présentation type. Les carcasses sont présentées à la pesée sans les soies, les onglons, les organes génitaux ni la langue. Depuis 1994, pannes, rognons et diaphragme sont également retirés avant la pesée.

La grille de classement des porcins, comme celle des bovins et des ovins, a été dénommée EUROP. Pour les porcs, elle repose sur l'estimation de la teneur en viande maigre, exprimée en pourcentage du poids de la carcasse. Chaque lettre correspond à cinq points de pourcentage, la classe E correspondant à 55 ou plus. Avec la progression généralisée de la teneur en viande maigre, la Commission a offert aux EM la possibilité d'introduire une classe séparée de 60 % et plus, désignée par la lettre S.

Bien que la réglementation ait évolué au fil des décennies, elle encadre toujours les conditions d'autorisation des méthodes de classement dans les EM. Ces méthodes doivent respecter les conditions suivantes :

- avoir été mises au point sur un échantillon représentatif de la population, d'une taille minimale de 120 carcasses,
- prédire le critère de classement en vigueur (pourcentage de muscle),
- respecter un seuil d'erreur (erreur de prédiction inférieure à 2,5 points),
- faire l'objet d'une demande d'autorisation auprès de la Commission européenne, impliquant la présentation du protocole et des résultats et une expertise par les experts des autres EM,
- être publiées au Journal officiel de l'Union européenne.

Les principales évolutions de la réglementation communautaire concernent : la définition du critère de classement, les critères statistiques pour l'autorisation des méthodes, la possibilité d'utiliser la tomographie à la place de la dissection manuelle et les informations à produire dans les demandes

d'autorisation des méthodes. Il est important de noter que ces évolutions ne s'appliquent dans un EM que lorsque celui-ci fait une nouvelle demande d'autorisation de méthodes de classement.

### 2.1 Evolution de la définition du critère de classement

La définition initiale correspondait à la teneur en muscle de la carcasse. En pratique, elle était calculée après dissection totale de la demi-carcasse gauche, selon la présentation type communautaire de la carcasse à la pesée. La suppression des pannes, rognons et diaphragme de la présentation type de la carcasse a entraîné une hausse de la teneur en muscles. La TVM a été introduite en 1994 dans la réglementation communautaire. Elle correspondait au ratio entre le poids de muscles des quatre pièces principales et le poids de carcasse. Elle était assortie d'un coefficient multiplicatif de 1,3 pour assurer la continuité avec le critère précédent au niveau européen et éviter ainsi d'avoir à changer la grille EUROP (Daumas et Dhorne, 1997).

En 2006, le TMP a remplacé la TVM. Sa définition correspond à la teneur en muscles des quatre pièces principales. Un coefficient multiplicatif de 0,89 assure la continuité avec la TVM (Daumas, 2008a).

Puis, la réglementation a introduit une alternative au TMP en même temps que la possibilité d'utiliser la tomographie RX, à condition qu'elle fournisse des résultats comparables à la dissection (Daumas et Monziols, 2016). Il s'agissait de la teneur en muscles de la carcasse, avec une définition un peu différente de celle du début des années 90. En effet, cette définition était adaptée à la tomodensitométrie. Ainsi, tête et pieds ne sont pas scannés et sont considérés comme ne contenant pas de muscles. Aucun coefficient n'assure la continuité avec le TMP. Depuis juillet 2018, cette nouvelle teneur en muscles de la carcasse est devenue la seule vraie référence dans la nouvelle réglementation. Daumas et Monziols (2018) ont proposé d'utiliser en France le sigle TMC pour taux de muscles de la carcasse et ont analysé l'impact que pourrait avoir ce changement de critère.

Ce changement n'a pas encore eu lieu en France. En effet, la nouvelle réglementation ne s'applique qu'aux nouvelles demandes d'autorisation de méthodes de classement. Les méthodes, qui étaient déjà autorisées, le restent. C'est le cas pour la France, qui n'a pas actualisé ses méthodes depuis 2018.

### 2.2 Aspects statistiques de l'autorisation des méthodes

#### 2.2.1 Contraintes statistiques pour l'autorisation des méthodes

Initialement, les méthodes de classement devaient respecter deux contraintes statistiques pour pouvoir être autorisées :

- coefficient de détermination ( $R^2$ )  $\geq 0,64$
- écart type résiduel (ETR)  $< 2,5$  points de teneur en muscles.

Puis, la contrainte sur le  $R^2$  a été supprimée et l'ETR a été remplacé par l'erreur d'estimation (RMSE en anglais).

Enfin, le RMSE a été remplacé par l'erreur de prédiction (RMSEP en anglais).

#### 2.2.2 Autres aspects statistiques concernant l'autorisation des méthodes

Les problèmes statistiques liés à la classification porcine dans la CEE ont été abordés par Daumas et Dhorne (1992a et b). Face aux défis à relever, la Commission européenne a accepté la constitution d'un groupe d'experts statisticiens en appui des experts nationaux de la classification porcine. Ce groupe a rédigé une première version d'un manuel statistique pour la classification porcine, achevée début 2000.

Puis, afin de résoudre certaines difficultés dans l'application de la réglementation communautaire sur le classement des porcs, un projet concerté de recherche et développement technologique (EUIPIGLASS) a été mené de 2000 à 2003. L'objectif était de développer des procédures statistiques améliorées et d'évaluer de nouvelles technologies pour les calibrages, les tests et le contrôle de la classification porcine, afin d'atteindre un haut degré de standardisation dans l'UE. Dans ce cadre, le manuel statistique a été étoffé et actualisé (Causeur *et al.*, 2003). Il traite d'échantillonnage, de méthodes statistiques, d'optimisation du ratio coût-précision, des problèmes d'ajustement, de la gestion des observations douteuses (aberrantes, influentes), de la mise en œuvre pour plusieurs logiciels de l'estimation et de la validation et enfin du « reporting » à la Commission.

Ce manuel a ensuite été mis en ligne par la Commission européenne sur son site. Néanmoins, le statut de ce document, qui émet des recommandations, est resté officieux. Le règlement n° 1197/2006 de la Commission a introduit quelques conclusions émanant du projet EUIPIGLASS. Sur le plan statistique, la méthode standard est devenue soit la technique des moindres carrés ordinaires, soit la technique « à rang réduit ». L'erreur prise en compte pour le seuil de 2,5 est devenue la racine carrée de l'erreur quadratique (RMSEP) calculée par une technique de validation croisée intégrale. En outre, toute valeur aberrante est incluse dans le calcul de la RMSEP. Ce règlement a été appliqué à compter du 1<sup>er</sup> juillet 2006 aux méthodes de classement soumises à autorisation.

## 3. BREF APERÇU HISTORIQUE DE LA CLASSIFICATION DES CARCASSES

### 3.1 Evolution de la classification en Europe

La valeur marchande d'une carcasse peut s'appuyer sur des critères objectifs et subjectifs. L'appréciation subjective du développement des masses musculaires et de l'état d'engraissement était au cœur du système de classement au sein de la CEE dans les années 70-80. Lors du premier élargissement de la CEE au Danemark, à l'Irlande et au Royaume-Uni, ces trois pays utilisaient déjà uniquement des appareils pour objectiver la classification. Une revue des méthodes utilisées à l'époque a été réalisée par Kempster *et al.* (1982).

Les idées majeures de l'époque sont toujours d'actualité. La teneur en os étant relativement constante (ITP, 1982), prédire la teneur en muscle équivaut à prédire la teneur en gras. Or, le porc déposant une épaisse couche de gras dorsal, il s'avère plus facile de prédire la teneur en gras. Aussi, les premières méthodes de prédiction de la teneur en muscle étaient basées sur la mesure de l'épaisseur de bardière (gras dorsal). A l'abattoir, la fente de la carcasse en deux demi-carcasses permettait la mesure d'épaisseurs de gras sur la fente. Des recherches ont eu lieu sur les meilleurs sites de mesure. Les mesures prises près du M. gluteus medius avaient la corrélation la plus élevée avec le taux de muscle (Branscheid *et al.*, 1987). Hammond (1933) et McMeekan (1941) ont suggéré que la jonction de l'abdomen et du thorax était la meilleure région à des fins de prédiction des teneurs tissulaires, puisqu'il s'agissait de la partie de l'animal qui se développe en dernier.

Le développement de sondes invasives, optiques ou opto-électroniques, a permis des mesures latérales à la fente. La supériorité des mesures latérales sur les mesures à la fente a été mise en évidence par De Boer *et al.* (1979), Pedersen et Busk (1982), Küchenmeister et Ender (1985).

Kempster et Evans (1979) ont examiné la précision relative des mesures latérales par méthode optique dans l'axe crânio-caudal. En partant de la position la plus crânienne (quatrième/cinquième vertèbre cervicale), la précision a augmenté jusqu'aux positions dans la région des côtes postérieures (troisième/quatrième dernière côte et dernière côte) et a ensuite diminué jusqu'aux positions les plus caudales (cinquième/sixième vertèbre lombaire). La région des côtes postérieures semble donc avoir une valeur prédictive particulière.

L'ajout d'une deuxième mesure latérale de gras, ou d'une mesure médiane de gras, à une mesure initiale de gras prise dans la région des côtes postérieures s'est généralement révélée fournir une amélioration relativement faible de la précision de la prédiction de la teneur en muscle de la carcasse (Diestre et Kempster, 1985 ; Branscheid *et al.*, 1987).

Comme l'épaisseur de muscle contribuait à améliorer la prédiction, une seconde génération d'appareils vit alors le jour, parmi lesquels le Fat-O-Meat'er™ (SFK, Hvidovre, DK) et le Hennessy Grading Probe™ (Hennessy Grading Systems, Auckland, Nouvelle-Zélande). Ces appareils étaient capables de mesurer les épaisseurs de gras et de muscle en même temps, en les enregistrant automatiquement. Néanmoins, cet apport était limité (Fortin *et al.*, 1984 ; Kempster *et al.*, 1985). En Bretagne, une société a développé un appareil similaire, mais avec une meilleure résolution : le Capteur Gras-Maigre™ (Sydel, Lorient, France), dénommé CGM.

**Tableau 1** – Appareils de classement dans l'UE selon la technologie et le degré d'automatisation

Technologie	APPAREIL		
	Manuel	Semi-automatique	Automatique
Induction magnétique			gmSCAN
Réflectance		CGM, FOM, HGP, IM-03, IS-D-15, Optigrade, PG	
Ultra-sons		IS-D-05, Ultra-Fom, Ultra-Meater, US-Porkitron	Autofom
Vision	Intrascopie, ZP	Optiscan-TP	Estimeat, Image-Meater, Meat 3D, VCS 2000

### 3.3 Localisation des mesures

Un des facteurs de différenciation entre les appareils est la localisation des variables pouvant être mesurées. Chaque technologie ouvre l'accès à un certain éventail de mesures. De plus, l'automatisation a permis de multiplier le nombre de mesures. Ci-dessous sont détaillées les grandes catégories de mesures.

#### 3.3.1 Mesures internes latérales à la fente

Les mesures internes à la carcasse, prises latéralement à la fente, sont les plus répandues. Les appareils semi-automatiques utilisant la réflectance ou les ultra-sons permettent ce type de mesures. Il s'agit d'épaisseurs de gras et de muscle mesurées sur le dos de l'animal. Le site le plus courant est entre les troisième et quatrième dernières côtes. Parfois, une deuxième épaisseur de gras est mesurée : c'est généralement, soit entre les troisième et quatrième dernières vertèbres lombaires, soit postérieurement à la dernière côte. La distance à la fente de toutes les mesures est comprise entre 6 et 8 cm. La trajectoire est majoritairement perpendiculaire à la couenne, afin de viser l'épaisseur maximale du long dorsal. Néanmoins, en France, le choix a été fait de passer à une trajectoire parallèle à la fente, afin de limiter les erreurs en conditions industrielles.

Dans les années 1990, la société danoise SFK (maintenant Frontmatec, Kolding, Danemark) a développé l'Autofom™, appareil automatique non invasif. Placé avant l'éviscération, il permet de mesurer par ultra-sons un grand nombre d'épaisseurs de gras et de muscle sur le dos des carcasses entières.

Dans les années 2000, la visionique a commencé à percer dans la classification porcine. Deux constructeurs allemands ont commercialisé des appareils automatiques : le VCS 2000™ (E+V, Oranienburg), équipé de deux caméras, et l'Image-Meater™ (CSB-System, Geilenkirchen), muni d'une seule caméra. Enfin, l'induction magnétique a donné naissance à un appareil automatique : le gmSCAN™, conçu par LENZ Instruments (Barcelone, Espagne) et commercialisé par G.M. Steel Fabricators Ltd (Dundalk, Irlande).

#### 3.2 Appareils de classement présents en Europe

Outre les appareils cités dans la section précédente, d'autres appareils, moins connus et moins utilisés, ont été développés. Le type de technologie et le degré d'automatisation sont deux des facteurs importants dans le développement des appareils de classement. Le tableau 1 regroupe les appareils utilisés actuellement dans l'UE selon ces deux facteurs.

Un descriptif des technologies et de bon nombre de ces appareils peut être trouvé dans Swatland *et al.* (1994), Daumas (1999), Pomar *et al.* (2009), Daumas (2015), Delgado-Pando *et al.* (2021).

L'appareil manuel Intrascopie ne permet que de prendre des épaisseurs de gras.

L'appareil automatique Autofom prend des épaisseurs de gras et de muscle latéralement à la fente. Cependant, elles sont prises en grand nombre, de l'échine à la pointe, puis un logiciel d'analyse d'images en extrait un certain nombre de paramètres d'intérêt.

#### 3.3.2 Mesures internes sur la fente

Les mesures internes à la carcasse, prises sur la fente, sont celles de la méthode ZP (deux points). Il s'agit d'une épaisseur de gras et d'une de muscle au niveau du fessier moyen. Manuellement, elles peuvent être mesurées avec une règlette ou un pied à coulisse. Une version semi-automatique, utilisant une petite caméra, a été développée sous l'appellation Optiscan-TP (Classpro, Sielenbach, Allemagne).

#### 3.3.3 Autres mesures internes

Les deux appareils automatiques de visionique prennent des photos de la fente des carcasses. L'Image-Meater a enrichi les mesures ZP par quelques autres épaisseurs de gras et de muscle, ainsi que par des longueurs. Le VCS 2000 prend encore plus de mesures et utilise un grand nombre de ratios entre mesures.

### 3.3.4 Mesures externes

Les mesures externes à la carcasse ne sont quasiment pas utilisées en classification porcine. Seuls deux appareils polonais, Estimateat et Meat 3D, utilisant un laser, ont été développés assez récemment. L'idée consiste à extraire des paramètres de conformation à partir d'un grand nombre de mesures. Leur utilisation semble très restreinte actuellement.

## 4. METHODES DE CLASSEMENT AUTORISEES

Par méthode de classement, il faut entendre un ensemble de variables mesurées par un appareil, associées aux coefficients de l'équation de prédiction du critère de classement. Par simplification, les méthodes sont souvent dénommées selon le nom commercial de l'appareil de mesure. Pour différencier les deux, les méthodes seront écrites en majuscules et sans signe TM de référence à une marque commerciale.

Au grand nombre d'appareils de classement, il faut ajouter le fait que les sites de mesure et les variables peuvent différer d'un pays à l'autre. Ceci contribue à la multiplicité des méthodes autorisées. Actuellement, plus d'une centaine de méthodes de classement des carcasses sont autorisées dans l'UE. Certaines ne sont pas utilisées, d'autres le sont peu. La proportion de porcs classés par les différentes méthodes évolue au fil du temps. Cette synthèse se limite aux méthodes actuellement autorisées au sein de l'UE.

### 4.1 Autorisation des méthodes en France

L'autorisation de méthodes de classement en France repose sur la décision de la Commission n°2006/784/CE, qui a été modifiée plusieurs fois. Les modifications concernent soit l'ajout de méthodes soit la modification d'équations. Fin 2022, sept méthodes étaient autorisées.

La « méthode manuelle (ZP) » et la méthode « CSB ULTRA-MEATER » ont été autorisées en 2006. Les méthodes « AUTOFOM » et « ULTRAFOM 300 » ont été autorisées par la décision 2007/510 de la Commission. La méthode « VCS 2000 » a été autorisée par la décision 2008/293. La modification de l'équation de la méthode « Capteur Gras/Maigre – Sydel (CGM) » a été autorisée par la décision 2008/677. Enfin, la modification de l'équation de la méthode « CSB IMAGE-MEATER » a été autorisée par la décision d'exécution 2013/282/UE.

Chaque méthode autorisée a été décrite en détail : pour la « méthode manuelle (ZP) » et la méthode « CSB ULTRA-MEATER » par Daumas (2006), pour l'AUTOFOM par Daumas (2008b), pour le VCS 2000 par Daumas (2008c), pour le CGM par Daumas (2008d) et pour l'IMAGE-MEATER par Blum *et al.* (2014). De plus, un descriptif des tests d'homologation des méthodes automatiques a été publié par Daumas et Causeur (2008).

Toutes les méthodes prédisent le même critère : le TMP. Néanmoins, elles n'ont pas été mises au point sur le même échantillon.

### 4.2 Classification actuelle en France

En France, environ 23 millions de porcs charcutiers sont annuellement abattus, pesés et classés (IFIP, 2022). Trois méthodes de classement des carcasses sont actuellement utilisées en France : les méthodes IMAGE-MEATER, CGM et ZP. Toutes les méthodes prédisent un même critère, le TMP.

La méthode IMAGE-MEATER est implantée dans les plus grands abattoirs de la zone Uniporc Ouest, soit un peu moins d'une vingtaine d'abattoirs pour environ 70 % des porcs classés. Elle est automatique et utilise une caméra prenant une photo sur la fente de la carcasse de la jonction entre longe et jambon. Les images sont analysées pour extraire 16 variables, dont 10 ont été retenues dans l'équation de prédiction. L'équation est présentée avec quatre prédictrices : deux épaisseurs de gras (G3 et G4) et deux épaisseurs de muscle (M3 et M4). Les variables G4 et M4 sont des moyennes de quatre épaisseurs, respectivement de gras et de muscle. L'équation de prédiction est la suivante (Blum *et al.*, 2014) :

$$TMP_{im} = 60,12 - 0,487 G3 - 0,133 G4 + 0,111 M3 + 0,036 M4$$

La méthode CGM est utilisée pour les porcs mis en observation dans les grands abattoirs et sur la chaîne d'une soixantaine d'abattoirs. Elle est semi-automatique et utilise une sonde invasive, qu'un opérateur introduit en un site unique : entre les 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> dernières côtes, à 6 cm de la fente et selon une trajectoire parallèle à la ligne médiane. L'analyse du signal de la réflectance des tissus traversés permet d'extraire l'épaisseur de gras (G2) et l'épaisseur du muscle long dorsal (M2). L'équation de prédiction est la suivante (Daumas, 2008d) :

$$TMP_{cgm} = 62,19 - 0,729 G2 + 0,144 M2$$

La méthode ZP n'est utilisée que dans les petits abattoirs de moins de 200 porcs par semaine. Elle est manuelle et peut être utilisée avec une réglette. Une épaisseur de gras (Gf) et une épaisseur de muscle (Mf) sont mesurées sur la fente de la carcasse au niveau du muscle fessier moyen. L'équation de prédiction est la suivante (Décision 2006/784/CE) :

$$TMP_{zp} = 55,99 - 0,514 Gf + 0,157 Mf$$

### 4.3 Autorisation des méthodes dans l'UE

Chacun des 27 Etats membres (EM) a obtenu l'autorisation de méthodes de classement selon la réglementation communautaire en vigueur. Seule Malte a obtenu une dérogation pour conserver sa méthode antérieure de classement (ULTRAFOM 300).

Le tableau 2 récapitule l'ensemble des méthodes autorisées par les 27 EM. Certains EM ayant obtenu l'autorisation en plusieurs étapes, le tableau mentionne l'année d'autorisation pour chacune des méthodes ou ensemble de méthodes.

L'Allemagne bénéficie d'un régime spécial. Pour les méthodes semi-automatiques, elle impose un site unique de mesure. La décision de la Commission (1989/471) ne mentionne que la méthode avec un appareil national de référence (GE Logiq 200 Pro). Les appareils industriels sont comparés à cette référence selon une procédure nationale et des correctifs sont calculés pour l'épaisseur de gras et l'épaisseur de muscle (Branscheid *et al.*, 2011).

### 4.4 Comparabilité des résultats de classement

La comparabilité des résultats de classement a été étudiée par Daumas (2010). Elle concernait l'Allemagne, le Danemark, l'Espagne, la France et les Pays-Bas et couvrait la période 1997-2009. Des correctifs ont été proposés, le maximum atteignant 4,3 points. Ils ne prenaient en compte que la différence de critère de classement et le biais de l'équation imputable à l'évolution du cheptel depuis le dernier calibrage des méthodes.

Font-i-Furnols *et al.* (2016) ont comparé les méthodes ZP dans plusieurs pays et ont conclu à la nécessité de renforcer l'harmonisation au sein de l'UE.

**Tableau 2 – Méthodes de classement autorisées par Etat membre et par année d'autorisation selon le degré d'automatisation**

Etat membre	Année	METHODE			Critère prédit	Source
		Manuelle	Semi-automatique	Automatique		
Allemagne	2011	ZP	FOM S70, FOM S71, FOM S89, HGP 4, PG 200, ULTRA MEATER, US PORKITRON	AUTOFOM, AUTOFOM III	TMC	Branscheid et Judas (2011), Branscheid <i>et al.</i> (2011)
Autriche	2007	ZP			TMP	Willam (2006)
Belgique	2012		CGM, FOM II, HGP 4, PG 200, OPTISCAN-TP	AUTOFOM III, IMAGE-MEATER, VCS 2000	TMP	Seynaeve <i>et al.</i> (2012)
Bulgarie	2008		ULTRAFOM 200		TMP	Kirkov <i>et al.</i> (2008)
Chypre	2011		HGP 4, ULTRAFOM 300		TMP	Ministère chypriote de l'agriculture (2011)
Croatie	2020	ZP	HGP 2, HGP 7, OPTIGRADE-MCP, OPTISCAN-TP		TMC	Kušec <i>et al.</i> (2020)
Danemark	2022	ZP	FOM/MK, FOM II	AUTOFOM III, AUTOFOM IV	TMC	Christensen <i>et al.</i> (2022)
Espagne	2020	ZP	FOM II, OPTISCAN-TP	AUTOFOM III	TMC	Brun <i>et al.</i> (2021)
	2018			GMSCAN, IMAGE-MEATER	TMC	Brun <i>et al.</i> (2021)
	2008		FOM	AUTOFOM, VCS 2000	TMP	Font-i-Furnols et Gispert (2009a et b)
Estonie	2005	INTRASCOPE	ULTRAFOM 300		TVM	Décision 2005/308/CE
Finlande	2016		HGP 4	AUTOFOM III	TMP	Honkavaara et Olsen (2015)
France	2013			IMAGE-MEATER	TMP	Blum <i>et al.</i> (2014)
	2008		CGM, ULTRAFOM 300	AUTOFOM, VCS 2000	TMP	Daumas (2008d), Daumas et Causeur (2008)
	2006	ZP	ULTRA-MEATER		TMP	Daumas (2006)
Grèce	2013		OPTISCAN-TP		TMP	Tsakanikas <i>et al.</i> (2013)
Grèce	2010		HGP 4		TMP	Décision 2010/642/UE
Hongrie	2011		FOM S70 & S71, IM-03, OPTIGRADE-MCP, OPTISCAN-TP, ULTRAFOM 300		TMP	Donko et Komlosi (2011)
Irlande	2018		FOM II, HGP 2, HGP 7	AUTOFOM III	TMC	Ministère irlandais de l'agriculture (2017)
Italie	2014	ZP	FOM I, FOM II, HGP 7	AUTOFOM III, IMAGE-MEATER	TMP	Rossi <i>et al.</i> (2014)
Lettonie	2015	INTRASCOPE, ZP	PG 200, OPTIGRADE-MCP		TMP	Jansons <i>et al.</i> (2016)
Lituanie	2020	ZP	FOM S70, FOM II		TMC	Ribikauskiene (2019)
Luxembourg	2011		HGP 4		TMC	Barthelmy et Judas (2010)
Pays-Bas	2011		CGM, HGP 7	IMAGE-MEATER	TMP	Engel <i>et al.</i> (2012)
Pologne	2019			ESTIMEAT, GMSCAN, MEAT3D	TMC	Lisiak <i>et al.</i> (2012)
	2011	ZP	CGM, FOM II, IM-03, ULTRAFOM 300	AUTOFOM, AUTOFOM III, IMAGE-MEATER	TMP	Lisiak <i>et al.</i> (2015, 2012)
Portugal	1993	INTRASCOPE	FOM, HGP 2		Taux de muscle	Décision CE 1993/34
République tchèque	2013	ZP	FOM, HGP 4, IS-D-05, IS-D-15, ULTRAFOM 300		TMP	David <i>et al.</i> (2012)
Roumanie	2008		FOM, OPTIGRADE-PRO		TMP	Savescu et Laba (2016)
Slovaquie	2009	ZP	FOM, ULTRAFOM 300		TMP	Tomka <i>et al.</i> (2021)
Slovénie	2008	ZP	HGP 4		TMP	Candek-Potokar et Malovrh (2007)
Suède	2014	INTRASCOPE	FOM II, HGP 2, HGP 7	AUTOFOM III	TMP	Jonsson (2014)

Actuellement, les différences de classement proviennent en partie des écarts entre TMP et TMC. Ces écarts dépendent notamment du cheptel, mais aussi du degré de maîtrise de la dissection. Aussi, des divergences ont été observées entre pays. Elles étaient notamment apparues lors du débat sur le facteur d'échelle du TMP. Si un compromis avait été adopté à Bruxelles pour le facteur multiplicatif de 0,89, des différences allant jusqu'à trois unités de la deuxième décimale avaient été rapportées par plusieurs EM. En France, le passage du TMP au TMC devrait provoquer une baisse du classement moyen de 2,8 % en valeur relative, soit environ 1,7 point en valeur absolue (Daumas et Monziols, 2018).

## 5. PRECISION DES METHODES ET ASPECTS STATISTIQUES

La précision est un des critères importants de choix d'un appareil de classement. Parmi les autres critères de choix, citons : la facilité d'intégration dans la chaîne d'abattage, la cadence supportée, les risques de panne, la qualité du service après-vente, le coût d'investissement, le coût de fonctionnement, la reproductibilité. Cette dernière a été étudiée par Olsen *et al.* (2007) dans le cadre d'un essai concerté entre plusieurs EM. En général, l'effet opérateur s'est avéré moins important que l'effet du n° de série pour un même modèle d'appareil.

Le seuil d'erreur de 2,5 points de teneur en viande maigre, pour qu'une méthode de classement puisse être autorisée, peut paraître élevé. Néanmoins, il faut garder à l'esprit que l'objectif de la réglementation est d'assurer un paiement équitable aux éleveurs. Or, ceux-ci commercialisent des lots (de l'ordre de 50-100 porcs). L'erreur moyenne sur 100 porcs, de l'ordre de 0,2 point, semble alors tout à fait acceptable. En revanche, les utilisateurs des données individuelles de classement, tels que les expérimentateurs ou les industriels, sont confrontés à l'erreur individuelle de classement.

### 5.1 Erreur des méthodes dans l'UE

La précision des méthodes dépend en grande partie de la localisation anatomique des variables mesurées. Cette localisation dépend de la technologie de mesure, mais aussi de l'incertitude de mesure. Cette dernière dépend aussi, pour une même technologie, du modèle d'appareil. Au fil des ans, les modèles ont intégré des composants plus modernes et le degré d'automatisation a augmenté. Ce dernier point étant particulièrement important dans le choix d'un appareil, les trois tableaux suivants rassemblent l'erreur de prédiction par méthode pour les méthodes manuelles (Tableau 3), semi-automatiques (Tableau 4) et automatiques (Tableau 5). Dans les tableaux, les méthodes sont regroupées par technologie. Les deux valeurs extrêmes d'erreur donnent une idée de la variabilité de l'erreur. Celle-ci peut être due au cheptel du pays, mais aussi aux variables choisies pour l'appareil testé. Moyenne et médiane sont plus ou moins proches selon la distribution de l'erreur parmi toutes les méthodes autorisées.

Pour les méthodes manuelles (Tableau 3), l'INTRASCOPE, méthode traditionnelle en Grande Bretagne, a une erreur supérieure de 0,2 point à celle de la méthode ZP. L'absence de mesure d'épaisseur de muscle pénalise cette méthode. Selon les pays, l'erreur de ces méthodes peut frôler le seuil d'autorisation (2,5). Au total, 21 méthodes manuelles sont autorisées, avec une étendue de l'erreur de 0,8 point et une erreur médiane proche de 2,3.

**Tableau 3 – Erreur de prédiction des méthodes manuelles<sup>1</sup>**

Méthode	Nb	Moy.	Méd.	Min.	Max.
INTRASCOPE	5	2,36	2,38	2,13	2,47
ZP	16	2,16	2,21	1,64	2,48
<b>TOUTES</b>	<b>21</b>	<b>2,21</b>	<b>2,28</b>	<b>1,64</b>	<b>2,48</b>

<sup>1</sup> Nb : nombre de méthodes autorisées ; Moy. : moyenne ; Méd. : médiane ; Min. : minimum ; Max. : maximum

Le nombre d'appareils différents est le plus important pour les méthodes semi-automatiques (Tableau 4). Les modèles d'un type d'appareil d'un constructeur donné ont été différenciés dans le tableau, leur erreur étant censée diminuer avec le temps. Le FOM et le HGP sont les appareils ayant eu le plus d'autorisations. Trois appareils (IS-D-05, IS-D-15, US-PORKITRON) ne bénéficient que d'une autorisation dans un seul pays. C'est le cas aussi pour le modèle 200 de l'ULTRAFOM, mais le modèle 300 a reçu sept autorisations. Pour les méthodes ayant un nombre notable d'autorisations, l'étendue de l'erreur est grande, entre 0,5 et 0,8. L'écart entre médiane et moyenne peut atteindre 0,1, ce qui traduit une dissymétrie de la distribution.

Au total, 62 méthodes semi-automatiques sont autorisées. L'étendue de l'erreur est de 1,0 point, avec des valeurs extrêmes comprises entre 1,5 et 2,5. L'erreur médiane est proche de 2,1. Les valeurs extrêmes des médianes de toutes les méthodes sont 1,9 et 2,4, en se limitant aux méthodes ayant au moins deux autorisations.

**Tableau 4 – Erreur de prédiction des méthodes semi-automatiques<sup>1</sup> (regroupées par technologie)**

Méthode	Nb	Moy.	Méd.	Min.	Max.
CGM	4	2,13	2,12	1,91	2,39
FOM	13	2,12	2,11	1,69	2,52
FOM II	9	2,03	2,00	1,60	2,44
HGP 2	4	2,15	2,15	1,92	2,39
HGP 4	8	2,00	2,05	1,74	2,19
HGP 7	6	2,16	2,20	1,86	2,46
IM-03	2	2,08	2,08	1,95	2,20
IS-D-15	1	1,75	1,75	1,75	1,75
OPTIGRADE	4	2,25	2,35	1,84	2,46
PG 200	3	2,00	1,91	1,84	2,26
OPTISCAN	5	2,26	2,34	1,81	2,50
IS-D-05	1	2,27	2,27	2,27	2,27
ULTRAFOM 200	1	1,91	1,91	1,91	1,91
ULTRAFOM 300	7	1,94	1,99	1,56	2,24
ULTRA-MEATER	2	2,22	2,22	2,16	2,27
US-PORKITRON	1	2,22	2,22	2,22	2,22
<b>TOUTES</b>	<b>62</b>	<b>2,10</b>	<b>2,13</b>	<b>1,56</b>	<b>2,52</b>

<sup>1</sup> Nb : nombre de méthodes autorisées ; Moy. : moyenne ; Méd. : médiane ; Min. : minimum ; Max. : maximum

Le nombre d'appareils différents pour les méthodes automatiques (Tableau 5) est de 8. Les modèles de l'AUTOFOM ont été différenciés dans le tableau, leur erreur étant censée diminuer avec le temps. AUTOFOM et IMAGE-MEATER sont les appareils les plus autorisés. Deux appareils (ESTIMEAT et MEAT 3D) ne bénéficient que d'une autorisation dans un seul pays (Pologne). Pour les méthodes automatiques aussi, l'étendue de l'erreur est grande. Elle atteint même 1,1 pour l'AUTOFOM III. Néanmoins, ce dernier affiche l'erreur la plus faible.

Au total, 34 méthodes automatiques sont autorisées. L'étendue de l'erreur est de 1,3 point, avec des valeurs extrêmes comprises entre 1,1 et 2,5. L'erreur médiane est proche de 1,9. Les valeurs extrêmes des médianes de toutes les méthodes sont 1,6 et 2,2.

**Tableau 5** – Erreur de prédiction des méthodes automatiques<sup>1</sup> (regroupées par technologie)

Méthode	Nb	Moy.	Méd.	Min.	Max.
AUTOFOM I	5	1,88	1,93	1,55	2,20
AUTOFOM III	11	1,59	1,55	1,14	2,26
AUTOFOM IV	2	1,70	1,70	1,39	2,01
GMSCAN	2	1,82	1,82	1,69	1,95
ESTIMEAT	1	1,70	1,70	1,70	1,70
IMAGE-MEATER	9	2,13	2,20	1,67	2,48
MEAT 3D	1	1,90	1,90	1,90	1,90
VCS 2000	3	2,06	1,98	1,98	2,21
<b>TOUTES</b>	<b>34</b>	<b>1,85</b>	<b>1,86</b>	<b>1,14</b>	<b>2,48</b>

<sup>1</sup> Nb : nombre de méthodes autorisées ; Moy. : moyenne ; Méd. : médiane ; Min. : minimum ; Max. : maximum

Le tableau 6 permet de comparer l'erreur de prédiction entre technologies. La réflectance, technologie pionnière, rassemble le plus grand nombre de méthodes autorisées. Viennent ensuite les ultra-sons, puis la vision et enfin l'induction magnétique. Les valeurs extrêmes des médianes sont de 1,8 (induction magnétique) et de 2,2 (vision). Les étendues des erreurs sont importantes pour les ultra-sons (1,1) ainsi que pour la vision et la réflectance (0,9). Au total, 126 méthodes de classement sont autorisées dans l'UE. L'étendue de l'erreur est très importante (1,4 point), avec des valeurs extrêmes comprises entre 1,1 et 2,5. L'erreur médiane avoisine 2,0.

**Tableau 6** – Erreur de prédiction des méthodes selon leur technologie<sup>1</sup>

Technologie	Nb	Moy.	Méd.	Min.	Max.
Induction	2	1,82	1,82	1,69	1,95
Ultra-sons	30	1,82	1,86	1,14	2,27
Réflectance	54	2,09	2,07	1,60	2,52
Vision	40	2,17	2,21	1,64	2,50
<b>TOUTES</b>	<b>126</b>	<b>2,05</b>	<b>2,03</b>	<b>1,14</b>	<b>2,52</b>

<sup>1</sup> Nb : nombre de méthodes autorisées ; Moy. : moyenne ; Méd. : médiane ; Min. : minimum ; Max. : maximum

## 5.2 Erreur des méthodes françaises

Le tableau 7 rassemble pour chacune des méthodes autorisées en France l'erreur de prédiction, le nombre de variables prédictives dans l'équation et le nombre de variables mesurées par l'appareil. Le tableau est trié par ordre ascendant de l'erreur. L'équation de l'Image-Meater comporte quatre prédictives, mais deux sont les moyennes de quatre épaisseurs mesurées par l'appareil. Aussi, la méthode utilise 10 des 16 variables mesurées par l'appareil.

**Tableau 7** – Erreur de prédiction des méthodes autorisées en France

Méthodes t	Erreur	Nb de préd. <sup>1</sup>	Nb de var. <sup>1</sup>
ULTRAFOM	1,91	2	2
VCS 2000	1,98	40	332
CGM	2,03	2	3
AUTOFOM	2,03	23	127
ULTRA-MEATER	2,27	2	2
REGLETTE (ZP)	2,28	2	2
IMAGE-MEATER	2,35	4 <sup>2</sup>	16

<sup>1</sup> préd. : prédictives, var. : variables.

<sup>2</sup> Deux des quatre prédictives sont des moyennes de quatre variables.

Deux groupes de méthodes peuvent être distingués : l'un avec une erreur proche de 2,0 et l'autre proche de 2,3. Parmi les méthodes utilisées, le CGM a la meilleure précision. La méthode la plus utilisée a, certes, la plus grande erreur, mais elle a l'avantage d'être entièrement automatique.

## 6. FACTEURS INFLUENCANT LA PREDICTION

La réglementation impose que le calibrage des méthodes de classement soit réalisé sur un échantillon représentatif de la population nationale. La représentativité concerne notamment les facteurs susceptibles d'influer sur la relation entre la teneur en muscles et les prédictives. A priori, tout facteur ayant un effet notable sur la composition corporelle est susceptible d'affecter également cette relation. L'ampleur de l'effet risque d'être d'autant plus grand que l'erreur de la méthode de classement est importante.

Les facteurs les plus importants ayant des effets sur la composition corporelle sont la génétique, le sexe, la castration, l'alimentation et la chaleur (Daumas *et al.*, 2018 ; Daumas, 2020 ; Daumas *et al.*, 2020 ; Daumas *et al.*, 2021). Mais au moment du classement des carcasses, seul le sexe peut être connu et est parfois enregistré. En conséquence, la prise en compte de ces facteurs est gérée différemment lors de la mise au point des méthodes de classement. Les autres facteurs ne sont pas pris en compte.

L'interaction entre sexe et génotype halothane n'était pas significative dans l'estimation du TMP mesuré par tomographie RX (Daumas *et al.*, 2017). L'intérêt de la prise en compte des facteurs dépend de la taille du biais qu'ils sont susceptibles de provoquer. Les sections suivantes en donnent un aperçu pour les principaux facteurs.

### 6.1 Effet du sexe

Sous le vocable « sexe » sont ici regroupés le genre (femelle vs mâle) et la castration des mâles (castré, immuno-castré ou non-castré). Dans l'UE, quatre types de sous-populations, femelles (F), mâles castrés chirurgicalement (MC), mâles immuno-castrés (MIC) et mâles entiers (ME) peuvent devoir être classés.

Un effet significatif du sexe sur la prédiction de la teneur en maigre de la carcasse de porc à partir des mesures de gras et de muscle prises sur la longe a été trouvé en Grande-Bretagne (Planella et Cook, 1991) et aux Pays-Bas (Engel et Walstra, 1991 et 1993). Cook et Yates (1991) ont montré un effet significatif du sexe, ainsi qu'une interaction entre le sexe et l'État membre, dans l'essai collaboratif où 10 États membres étaient inclus ainsi que les trois types sexuels. A partir des données de cet essai d'harmonisation, Daumas *et al.* (1994) ont étudié l'effet du sexe en France, en Espagne et aux Pays-Bas. Un effet significatif du sexe (F vs MC) a été mis en évidence en France et aux Pays-Bas. L'effet n'était pas significatif en Espagne, mais la puissance du test était inférieure dans ce pays, due à la coexistence des trois sexes. Les Pays-Bas n'étant pas en mesure d'appliquer des équations par sexe, Engel et Walstra (1993) ont développé une équation unique combinant les équations par sexe avec la probabilité d'appartenir à un sexe. La France, une fois que des modalités de contrôle adaptées ont été développées, a été le premier pays à introduire des équations par sexe (Daumas *et al.*, 1998).

Plus tard, Engel *et al.* (2012) ont étudié l'effet du sexe sur la prédiction du TMP pour la population néerlandaise de porcs. En utilisant 60 femelles, 60 mâles entiers et 60 mâles castrés, les auteurs ont simulé l'estimation de l'erreur de prédiction pour plusieurs scénarios de proportions des trois sexes. Pour les trois méthodes testées (CGM, HGP, IMAGE-MEATER), ils ont conclu qu'il n'y avait pas à attendre de diminution de l'erreur en adoptant des équations séparées par sexe.

Daumas et Monziols (2017) ont étudié l'effet du sexe sur la prédiction du TMP par le CGM et l'IMAGE-MEATER. Aucune

interaction n'a été détectée entre le sexe et les épaisseurs de gras et de muscle. L'automatisation de la classification en France a entraîné une augmentation des biais entre femelles et mâles castrés. La sous-estimation des femelles et la sur-estimation des mâles castrés, estimées à 0,5 point de TMP avec le CGM, ont désormais atteint 0,9 point de TMP avec l'IMAGE-MEATER.

Tout récemment, les Danois ont présenté les résultats de leur test pour demander l'actualisation de leurs méthodes (Christensen, 2022). L'effet du sexe s'est avéré très important pour l'AUTOFOM. Aussi, les Danois ont demandé l'autorisation d'utiliser pour cet appareil deux équations : l'une pour les femelles et mâles castrés, l'autre pour les mâles entiers. Pour ces derniers, l'erreur de prédiction est nettement plus élevée.

## 6.2 Effet génétique

Parfois, l'effet génétique est pris en compte indirectement en stratifiant régionalement l'échantillon de test des méthodes de classement (Daumas et al., 1998).

### 6.2.1 Effet du gène halothane (RYR1)

Le gène halothane, actuellement dénommé RYR1, est un gène majeur à effet pléiotropique, c'est-à-dire avec des effets multiples et parfois considérables. Les effets de l'allèle de sensibilité à l'halothane ont été étudiés dès le début des années 1970 et il est bien établi que cet allèle a une influence sur les caractères de carcasse (Aalhus et al., 1991 ; Guéblez et al., 1995 ; Hanset et al., 1995 et Larzul et al., 1997). Ce gène est responsable de la plus grande partie (entre la moitié et les deux tiers) des différences de composition corporelle entre les races Large White et Piétrain (Guéblez et al., 1995).

Les carcasses des animaux sensibles à l'halothane (nn) sont plus courtes, ont une meilleure conformation (épaisseur du long dorsal plus élevée et jambons plus lourds) et sont moins grasses (épaisseur et poids de bardières inférieurs) (Mérour et al., 2009).

Daumas et al. (2017) ont évalué l'effet du gène halothane pour les méthodes de classement les plus utilisées en France. Aucune interaction n'a été détectée entre le gène et les épaisseurs de gras et de muscle. Avec la méthode IMAGE-MEATER, la sous-estimation du génotype Nn et la sur-estimation du génotype NN ont été estimées à 0,7 point de TMP. En revanche, l'effet du gène halothane était non significatif avec la méthode CGM.

### 6.2.2 Effet de la race ou de la lignée

Il y a plus de 25 ans, Guéblez et al. (1995) considéraient que le Piétrain (Pi) avait huit points de taux de muscle de plus que le Large White (LW). Actuellement, Daumas (2022) a estimé l'écart entre le LW et, d'une part, le Pi nn à cinq points de TMC, et d'autre part, le Pi NN à deux points de TMC.

Branscheid et al. (1989) ont étudié le biais entre trois types génétiques : Landrace allemand (DL), croisement Piétrain x DL et l'hybride BHZP. Ils ont conclu à un biais sur leur méthode utilisant une sonde optique et que ce biais pouvait être réduit en rajoutant la largeur du jambon.

Étudiant 181 mâles castrés de cinq types génétiques, Gu et al. (1992) ont mis en évidence un biais dans la prédiction de la teneur en viande maigre par des épaisseurs de gras à la fente, ainsi que par des épaisseurs latérales de gras et de muscle.

Daumas et al. (2023) ont étudié l'effet de la lignée, partiellement confondu avec celui du sexe, sur la prédiction du TMC sur 205 porcs de races pures. L'échantillon était composé de femelles de trois lignées paternelles (Piétrain NN, Piétrain nn et Duroc) et de mâles entiers de trois lignées maternelles (Large-White et deux Landrace). Pour la méthode IMAGE-

MEATER, aucune interaction n'a été détectée entre la population et les épaisseurs de gras et de muscle ; seul, l'effet principal de la population était significatif.

## 7. CONSEQUENCES POUR LES UTILISATEURS DES DONNEES DE CLASSEMENT

### 7.1 Etudes portant sur la qualité de carcasse

D'une manière générale, les utilisateurs de données de classement devraient s'assurer que leur matériel d'étude et les méthodes employées sont compatibles avec le cheptel sur lequel a été mis au point l'équation de prédiction.

En France, les équations actuellement autorisées ont été établies sur un cheptel composé pour moitié de mâles castrés et pour moitié de femelles. Un contrôle a posteriori de la fréquence des génotypes halothane a permis de vérifier que les proportions de NN et Nn étaient proches de 50/50, ce qui correspondait à la situation dans les années 2010.

L'absence d'interaction entre les épaisseurs de gras et de muscle, d'une part, et le sexe ou le génotype halothane d'autre part, diminue le risque d'une utilisation inappropriée du classement. Beaucoup d'essais zootechniques consistant à comparer l'effet de traitements, un même biais systématique affectant les résultats des traitements étudiés ne devrait affecter que marginalement les différences entre traitements.

En revanche, les études visant à évaluer l'intérêt du développement des mâles entiers ou immunocastrés sont plus problématiques. En effet, elles s'appuient sur le classement actuel. Or, le biais des équations françaises actuelles pour ces types sexuels n'est pas connu. De plus, un développement de ces sous-populations devrait entraîner une actualisation des équations et donc le passage du TMP au TMC, ce qui modifierait les écarts entre types sexuels.

L'utilisation du TMP prédit par le classement pour des populations peu courantes, notamment très grasses, risque d'être inappropriée. Rappelons que le G3 était compris dans l'intervalle 5-28 mm dans l'échantillon de calibrage de l'IMAGE-MEATER (Blum et al., 2014).

Les références à des classements obtenus à l'étranger posent des problèmes similaires. Il convient de vérifier la définition du critère prédit et de comparer le cheptel étudié à celui sur lequel l'équation a été calibrée. Beaucoup d'EM ont stratifié leur échantillon de calibrage sur le sexe. En général, quelques informations sont disponibles sur la composition génétique de la population nationale. Mais souvent, les informations sont parcellaires, les proportions des types génétiques ne sont pas connues avec précision et souvent évoluent dans le temps. Certains EM ne tiennent pas compte des types génétiques, d'autres font une stratification proportionnelle sur la base d'une « photo de la situation » au moment de la demande d'autorisation. Néanmoins, les biais entre types génétiques sont rarement publiés.

### 7.2 Etudes portant sur la composition corporelle

Certaines études, notamment en nutrition, s'intéressent davantage aux dépôts tissulaires qu'au classement en lui-même. Dans ce cas, la seule valeur du TMP issue du classement n'est plus suffisante. Pour généraliser, il faut alors se référer aux teneurs tissulaires vraies. L'échantillon complet doit alors être mesuré avec une méthode de référence (dissection manuelle ou virtuelle par tomodynamométrie).

Néanmoins, pour réduire les coûts à précision équivalente, il est préférable d'utiliser un dispositif de double régression (Daumas

et Dhorne, 1994 ; Causeur *et al.*, 2003). Dans ce cas, seul un sous-échantillon est disséqué. L'erreur de l'étape de dissection doit être intégrée dans le calcul de l'erreur de prédiction.

## 8. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La réglementation européenne sur la classification porcine a permis d'atteindre un certain degré d'harmonisation du classement entre EM. Cependant, l'absence de délai pour intégrer les évolutions réglementaires constitue un frein indéniable à l'harmonisation. A aucun moment, tous les EM n'ont eu des méthodes autorisées selon la même réglementation. Pire, certains EM ont accepté sur leur territoire la coexistence de méthodes prédisant des critères de classement, dont le niveau moyen était différent.

L'actualisation des méthodes a rarement eu lieu à cause de l'évolution du cheptel, mais plutôt à cause du souhait d'utiliser un nouvel appareil. Le délai entre deux actualisations est souvent de l'ordre de la décennie, ce qui peut sembler assez élevé.

Plus d'une centaine de méthodes sont actuellement autorisées dans l'UE. Elles utilisent une vingtaine d'appareils appartenant à quatre technologies : la réflectance, les ultra-sons, la visionique et l'induction magnétique. L'erreur de prédiction des méthodes reste encore assez élevée, même pour les plus précises.

Les facteurs ayant la plus grande influence sur les équations de prédiction sont le sexe et la génétique. Des biais non négligeables affectent les différents types sexuels et types génétiques.

Actuellement, huit EM prédisent le TMC. Trois ou quatre autres pourraient les rejoindre en 2023. La France ne devrait pas tarder à les suivre. Cela provoquera un changement de niveau du classement. Un des défis sera de réduire les biais entre sous-populations.

Les utilisateurs des résultats du classement devraient mentionner le critère prédit (par exemple, TMP), la méthode de prédiction et l'erreur de prédiction. A défaut de publication scientifique référencée, la décision d'autorisation par la Commission européenne constitue une alternative, mais l'erreur des méthodes n'y figure pas.

Les utilisateurs devraient veiller à ne pas extrapoler les résultats à la teneur en muscle en général, mais se limiter au seul critère prédit. En France, il s'agit actuellement d'une combinaison d'épaisseurs de gras et de muscle. Ces épaisseurs étant mesurées avec une faible erreur de mesure et étant enregistrées automatiquement, leur publication dans les études serait bénéfique.

Les études analysant plus finement la composition corporelle devraient inclure au moins un sous-échantillon de dissection (manuelle ou par scanner), avec prise en compte de l'erreur entre dissection et méthode de classement.

## REMERCIEMENTS

L'auteur remercie le CASDAR pour sa participation financière.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aalhus J.L., Jones S.D.M., Robertson W.M., Tong A.K.W., Sather A.P., 1991. Growth characteristics and carcass composition of pigs with known genotypes for stress susceptibility over a weight range of 70 to 120 kg. *Anim. Prod.*, 52, 347-353.
- Barthelmy R., Judas M., 2010. Part II of the protocol provided for in annex V of regulation (EEC) No. 1249/2008 and submitted by the Luxemburg authorities with a view to a dissection trial for approval of the following grading methods: HGP4 from Hennessy Grading Systems. EC Working document, 10 p.
- Blum Y., Monziols M., Causeur D., Daumas G., 2014. Recalibrage de la principale méthode de classement des porcs en France. *Journées Rech. Porcine*, 46, 39-43.
- Branscheid W., Judas M., 2011. Part II of the protocol provided for in annex V of Commission Regulation (EC) No. 1249/2008 submitted by the German authorities with a view to a dissection trial for approval of the following grading methods: Ultrasonic Scanner GE Logiq 200pro, AutoFom I, AutoFom III, CSB-Image-Meater, ZP, with the use of Computed Tomography as reference dissection method. EC Working document, 44 p.
- Branscheid W., Komender P., Oster A., Sack E., Fewson D., 1987. Untersuchungen über die Eignung einzelner Schlachtkörpermaße und Meßstellenkombinationen für die Klassifizierung von Schweinehälften nach dem Muskelfleischanteil. 1. Mitteilung: Eignung von Einzelmaßen und Verhältniszahlen (Recherches sur la pertinence de mesures individuelles de carcasses et de combinaisons de points de mesure pour la classification des carcasses de porc en fonction de la teneur en viande maigre. 1ère communication : pertinence de mesures individuelles et de ratios). *Züchtungskunde*, 59, 258-267.
- Branscheid W., Sack E., Gründl E., Dempfle L., 1989. Breed influences on the validity of grading results and the effect of different systems on meat quality. In : J.F. O'Grady (Ed), *New techniques in pig carcass evaluation*, EAAP Publication 41, 3-15, Pudoc Wageningen, NL.
- Branscheid W., Judas M., Höreth R., 2011. Zur Klassifizierung von Schweinehälften: Neue Schätzformeln und neue Geräte (Classification des carcasses de porc : nouvelles équations d'estimation et nouveaux appareils). *Mitteilungsblatt Fleischforschung Kulmbach*, 50, 191, 9-28.
- Brun A., Font-i-Furnols M., Gispert M., 2021. Clasificación de canales porcinos en España: características de las canales y actualización de los métodos oficiales (Classification des carcasses porcines en Espagne : caractéristiques des carcasses et actualisation des méthodes officielles). *Eurocarne* 299, 29-34.
- Čandek-Potokar M., Malovrh S., 2007. An application for the approval of new equations for lean meat content estimation in pig carcasses grading in Slovenia. EC Working document, 10 p.
- Causeur D., Daumas G., Dhorne T., Engel B., Font i Furnols M., Hojsgaard S., 2003. Statistical handbook for assessing pig classification methods: recommendations from the "EUPIGCLASS" project group. EC working document, 132 p.
- Christensen H., Olsen E.V., Nielsen D.B., 2022. Part II of the Protocol provided for the Commission Delegated Regulation (EU) 1182/2017, submitted by the Danish authorities for approval of the following grading methods: AutoFom III (Automatic ultrasound instrument), AutoFom IV (Automatic ultrasound instrument), MK (manual probe instrument), Fat-O-Meater II (manual probe instrument), ZP (ruler). Working document, 20 p.
- Cook G.L., Yates C.M., 1991. A report to the Commission of the European Communities on research concerning the harmonisation of methods for grading pig carcasses in the Community. 20 p.
- Daumas G., 1989. Classement au pourcentage de muscle dans la CEE : méthodes, résultats et paiement. *Techni-Porc*, 12, 3, 31-38.
- Daumas G., 1991. Clasificación de las canales porcinos en la CEE. *Anaporc*, 106, 42-48.
- Daumas G., 1999. Classification des carcasses de porcs : principes, résultats, perspectives. *Techni-Porc*, 22, 2, 35-42.
- Daumas G., 2006. Les nouvelles modalités de classement des porcs. *Techni-Porc*, 29, 6, 23-26.
- Daumas G., 2008a. Taux de muscle des pièces et appréciation de la composition corporelle des carcasses. *Journées Rech. Porcine*, 40, 61-68.

- Daumas G., 2008b. L'AUTOFOM : premier appareil automatique de classement autorisé en France. *Techni-Porc*, 31, 1, 13-14.
- Daumas G., 2008c. La visionique désormais autorisée en France pour le classement des carcasses : avec le VCS 2000. *Techni-Porc*, 31, 4, 29-30.
- Daumas G., 2008d. Actualisation de l'équation CGM pour le classement des porcs en France. *Journées Rech. Porcine*, 40, 89-90.
- Daumas G., 2010. Correctifs pour comparer les classements et les prix européens : Allemagne, Danemark, Espagne, France & Pays-Bas. Rapport d'étude IFIP, 44 p.
- Daumas G., 2015. Méthodes de classement des carcasses. In : IFIP-Institut du porc, Bilan d'activité 2014, 98. Ed. IFIP Paris.
- Daumas G., 2020. Effet du sexe et du génotype halothane sur le pourcentage de muscle de pièces de découpe. *Journées Rech. Porcine*, 52, 53-54.
- Daumas G., 2022. Composition du gain de poids : effet de la génétique. In Bilan d'activité 2021 de l'IFIP-Institut du porc, p51. Ed. IFIP Paris.
- Daumas G., Causeur D., 2008. Tests d'homologation des appareils automatiques de classement des carcasses de porc. *Journées Rech. Porcine*, 40, 91-92.
- Daumas G., Dhorne T., 1992a. Problèmes statistiques posés par l'harmonisation des méthodes de classement des carcasses de porc dans la CEE. *Journées Rech. Porcine en France*, 24, 47-54.
- Daumas G., Dhorne T., 1992b. How to normalize the methods for grading pig carcasses in the Community? Proc. 38th International Congress of Meat Science and Technology, Clermont-Ferrand, France, vol. 5, pp. 879-882.
- Daumas G., Dhorne T., 1994. Nouvelles équations françaises de prédiction du taux de muscle des carcasses de porc. *Journées Rech. Porcine*, 26, 151-156.
- Daumas G., Dhorne T., 1996. Historique et futur du classement objectif des carcasses de porc en France. *Journées Rech. Porcine*, 28, 171-180.
- Daumas G., Dhorne T., 1997. Teneur en viande maigre des carcasses de porc : évaluation et estimation. *Journées Rech. Porcine*, 29, 411-418.
- Daumas G., Monziols M., 2016. La tomographie à rayons X : référence pour la classification des porcs. *Cahiers IFIP*, 3, 1-13.
- Daumas G., Monziols M., 2017. Vision versus reflectance technology for deviations for sex and halothane genotype in pig carcass classification. Proc. of the 63rd International Congress of Meat Science and Technology, 50-51, 13-18 August 2017, Cork, Ireland.
- Daumas G., Monziols M., 2018. Impacts de la nouvelle réglementation sur le classement des carcasses de porc. *Journées Rech. Porcine*, 50, 75-80.
- Daumas G., Dhorne T., Gispert M., 1994. Accounting for the sex effect on prediction of pig carcass lean meat percentage in the Community. Proc. of the 40th International Congress of Meat Science and Technology, La Haye, The Netherlands, S III. 11, 9pp.
- Daumas G., Causeur D., Dhorne T., Schollhammer E., 1998. Les méthodes de classement des carcasses de porc autorisées en France en 1997. *Journées Rech. Porcine*, 30, 1-6.
- Daumas G., Monziols M., Causeur D., 2017. Conséquences de l'automatisation du classement des carcasses sur les écarts entre types sexuels et génotypes halothane. *Journées Rech. Porcine*, 49, 53-54.
- Daumas G., Monziols M., Mercat M.J., 2018. Computed tomography for comparing the lean meat content of different genotypes of entire male pigs. Proc. of the 64th International Congress of Meat Science and Technology, 12-17 August 2018, Melbourne, Australia, article 6558.
- Daumas G., Serviento A., Monziols M., Renaudeau D., 2020. Effet d'une température élevée sur la composition corporelle de porcs charcutiers. *Journées Rech. Porcine*, 52, 63-64.
- Daumas G., Monziols M., Quiniou N., 2021. Effet du rationnement ou d'une carence en acides aminés sur la teneur en muscle des carcasses et des pièces de découpe du porc charcutier. *Journées Rech. Porcine*, 53, 61-62.
- Daumas G., Hassenfratz C., Monziols M., 2023. Effet génétique sur la prédiction de la teneur en muscles des carcasses de porcs de race pure. *Journées Rech. Porcine*, 55, *in press*.
- David L., Pulkrábek J., Vitek M., Vališ L., 2012. Part II of the Protocol provided for in annex V of the Commission Regulation (EC) 1249/2008 Submitted by the Czech authorities for approval of the following grading methods: Fat-O-Meater II (FOM), Hennessy Grading Probe 4 (HGP), UltraFOM 300 (UFOM 300), IS-D-05, IS-D-15, ZP. EC Working document, 20 p.
- De Boer H., Nijeboer H., Merkus G.S.M., Jansen A.A.M., 1979. Development of uniform methods for pig carcass classification in the EC. Information on Agriculture, CEC-Publication, 70, 88 p.
- Delgado-Pando G., Allen P., Troy D.J., McDonnell C.K., 2021. Objective carcass measurement technologies: Latest developments and future trends. *Trends Food Sci. Technol.*, 111, 771-782.
- Diestre A., Kempster A.J., 1985. The estimation of pig carcass composition from different measurements with special reference to classification and grading. *Anim. Prod.*, 41, 383-391.
- Donkó T., Komlósi I., 2011. Part 2 of the Protocol submitted by the Hungarian authorities for approval of the following grading methods: Fat-o-Meat'er (FOM S-70, S-71), Ultrafom 300, IM-03, Optiscan-TP, Optigrade-MCP. EC Working document, 39 p.
- Engel B., Walstra P., 1991. A simple method to increase precision or reduce expense in regression experiments to predict the proportion of lean meat of carcasses. *Anim. Prod.*, 53, 353-359.
- Engel B., Walstra P., 1993. Accounting for subpopulations in prediction of the proportion of lean meat of pig carcasses. *Anim. Sci.*, 57, 147-152.
- Engel B., Lambooij E., Buist W.G., Vereijken P., 2012. Lean meat prediction with HGP, CGM and CSB-Image-Meater, with prediction accuracy evaluated for different proportions of gilts, boars and castrated boars in the pig population. *Meat Sci.*, 90, 338-344.
- Font i Furnols M., Gispert M., 2009. La clasificación de canales porcinas en España: actualización de fórmulas para el Fat-O-Meat'er y AutoFOM y calibración del UltraFOM 300 y VCS2000 para el estado español (La classification des carcasses de porcs en Espagne : actualisation des équations pour le Fat-O-Meat'er et l'AutoFOM et calibrage de l'UltraFOM 300 et du VCS2000 pour l'Etat espagnol). *Eurocarne* 174, Marzo, 1-8.
- Font i Furnols M., Gispert M., 2009. Comparison of different devices for predicting the lean meat percentage of pig carcasses. *Meat Sci.*, 83, 443-446.
- Font-i-Furnols M., Čandek-Potokar M., Daumas G., Gispert M., Judas M., Seynaeve M., 2016. Comparison of national ZP equations for lean meat percentage assessment in SEUROP pig classification. *Meat Sci.*, 113, 1-8.
- Fortin A., Jones S. D., Haworth C.R., 1984. Pork carcass grading: A comparison of the New Zealand Hennessy Grading Probe and the Danish Fat-O-Meater. *Meat Sci.*, 10, 131-144.
- Gu Y., Schinckel P., Martin T.G., Forrest J.C., Kuei C.H., Watkins L.E., 1992. Genotype and treatment biases in estimation of carcass lean of swine. *J. Anim. Sci.*, 70, 1708-1718.
- Guéblez R., Paboeuf F., Sellier P., Bouffaud M., Boulard J., Brault D., Le Tiran M.H., Petit G., 1995. Effet du génotype halothane sur les performances d'engraissement, de carcasse et de qualité de viande du porc charcutier. *Journées Rech. Porcine*, 27, 155-164.
- Hammond J., 1933. The anatomy of pigs in relation to market requirements. *Pig Breed. Annu.*, 13, 18-25.
- Hanset R., Dasnois C., Scalais S., Michaux C., Grobet L., 1995. Génotype au locus de sensibilité à l'halothane et caractères de croissance et carcasse dans une F2 Piétrain x Large White. *Genet. Sel. Evol.*, 27, 77-88.
- Honkavaara M., Olsen E.V., 2015. Part II of the Protocol Provided for in annex V of the Commission Regulation (EEC) 1249/2008 Submitted by the Finnish authorities for approval of the following grading methods: AutoFOM III (Automatic ultrasound instrument), Hennessy Grading Probe 4,

- HGP 4 (manual probe instrument). Working document, 15 p.
- IFIP, 2022. Porc par les chiffres. Edition 2022-2023, IFIP Eds, Paris, 35 p.
  - ITP, 1982. Mémento de l'éleveur de porc. 3<sup>ème</sup> édition, ITP Eds, Paris, 480 p.
  - ITP, 1993. Mémento de l'éleveur de porc. 5<sup>ème</sup> édition, ITP Eds, Paris, 381 p.
  - Jansons I., Strazdina V., Anenkova R., Pule D., Skadule I., Melece L., 2016. Development of new pig carcasses classification formulas and changes in the lean meat content in Latvian pig population. *Agron. Res.*, 14 (Spec No 2), 1306-1314.
  - Jonsson H., 2014. Part II of the Protocol provided for in annex V of the COMMISSION REGULATION (EC) No 1249/2008 of 10 December 2008 Submitted by the Swedish authorities for approval of the following grading method: AutoFOM III (Automatic ultrasound instrument), FOM II (Handheld probe instrument), Hennessy HGP 2 and 7 (Handheld probe instrument), Intra-scope (Handheld probe instrument). Working document, 23 p.
  - Kempster A.J., Evans D.G., 1979. A comparison of different predictors of the lean content of pig carcasses. 1. Predictors for use in commercial classification and grading. *Anim. Prod.*, 28, 87-96.
  - Kempster A.J., Cuthbertson A., Harrington C., 1982. Carcass evaluation in livestock breeding, production and marketing. Frogmore, UK, Granada Publishing Ltd, 306 p.
  - Kempster A.J., Chadwick J.P., Jones D.W., 1985. An evaluation of the Hennessy grading probe and the SFK Fat-O-Meater for use in pig carcass classification and grading. *Anim. Prod.*, 40, 323-329.
  - Kirkov K., Vasilev G., Todorov T., 2008. Part II of the Protocol as foreseen in annex II of Commission Regulation (EEC) 2967/85 (modified by (EC) 3127/94 and by (EC) 1197/2006) for a dissection trial in Bulgaria, proposed by the Ministry of Agriculture and Food Supply for the approval of Ultra Fom 200 and Ultra Fom 300 (Measuring principle ultrasonic waves). EC Working document, 12 p.
  - Küchenmeister U., Ender K., 1985. Untersuchungen von Meßstellen und Entwicklungen von Meßgeräten zur Bewertung von Schweineschlachtkörpern (Recherches sur les sites de mesure et développement d'appareils de mesure pour l'évaluation des carcasses de porc). *Tierzucht* 39, 91-94.
  - Kušec G., Djurkin Kušec I., Radišić Ž., Gvozdanović K., Anđelić T., 2020. Prve autorizirane metode za klasifikaciju svinjskih trupova na liniji klanja u Republici Hrvatskoj (Premières méthodes autorisées pour la classification des carcasses de porc sur la ligne d'abattage en République de Croatie). Proc. Conference, Croatie.
  - Larzul C., Le Roy P., Guéblez R., Talmant A., Gogué J., Sellier P., 1997. Effect of halothane genotype (NN, Nn, nn) on growth, carcass and meat quality traits of pigs slaughtered at 95 kg or 125 kg live weight. *J. Anim. Breed. Genet.*, 114, 309-320.
  - Lisiak D., Borzuta K., Janiszewski P., Magda F., Grzeškowiak E., Strzelecki J., Powalowski K., Lisiak B., 2012. Verification of regression equations for estimating pork carcass meatiness using CGM, IM-03, Fat-O-Meat'er II and UltraFom 300 devices. *Ann. Anim. Sci.*, 12, 585-596.
  - Lisiak D., Borzuta K., Janiszewski P., Grzeškowiak E., Powalowski K., Samardakiewicz Ł., Lisiak B., 2015. Development of ZP method for SEUROP pig carcass grading in Poland. *Ann. Anim. Sci.*, 15, 987-996.
  - McMeekan C.P., 1941. Growth and development in the pig, with special reference to carcass quality characters. IV. The use of sample joints and carcass measurements as indices of the composition of the bacon pig. *J. Agric. Sci.*, 31, 1-49.
  - Mérour I., Schwob S., Hermesch S., 2009. Effet du génotype halothane sur les performances de croissance, qualités de carcasse et de viande. *Viandes Prod. Carnés*, 28, 1-4.
  - Ministère chypriote de l'agriculture, 2011. Part II of the Protocol submitted by the Cyprus Authorities for the approval of a new grading method, ULTRA FOM 300, and the renewal of approval of the old grading method Hennessy Grading Probe (HGP-4). EC Working document, 18 p.
  - Ministère irlandais de l'agriculture, 2017. Part II of the Protocol provided for in Annex V of the COMMISSION REGULATION (EC) No 1249/2008 of 10 December 2008 submitted by Ireland for approval of the following 3 grading methods: AutoFom III (Automatic ultrasound instrument), Fat-O-Meat'er II (Handheld probe instrument), Hennessy HGP 7 (Handheld probe instrument) and the updating of the existing equations in the currently authorised HGP 2. EC Working document, 34 p.
  - Olsen E.V., Candek-Potokar M., Oksama M., Kien S., Lisiak D., Busk H., 2007. On-line measurements in pig carcass classification: Repeatability and variation caused by the operator and the copy of instrument. *Meat Sci.*, 75, 29-38.
  - Pedersen O.K., Busk H., 1982. Development of automatic equipment for grading of pig carcasses in Denmark. *Livest. Prod. Sci.*, 9, 675-686.
  - Planella J., Cook G.L., 1991. Accuracy and consistency of prediction of pig carcass lean concentration from P2 fat thickness and sample joint dissection. *Anim. Prod.*, 53, 345-352.
  - Pomar C., Marcoux M., Gispert M., Font i Furnols M., Dumas G., 2009. Determining the lean content of pork carcasses. In: J. D. Kerry, D. P. Ledward and D. Ledward (Eds), *Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat*, 493-518. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK.
  - Ribikauskienė D., 2019. Part II of the Protocol Provided for in Annex V of the Commission Delegated Regulation (EU) 2017/1182 Submitted by the Lithuanian authorities for approval of the following grading methods: Fat-o-meat'er (FOM S70); Fat-o-meat'er (FOM II); ZP method. Working Document, 26 p.
  - Rossi A., Bertolini A., Gorlani E., 2014. Nuova classificazione delle carcasse: via libera dall'Ue (Nouvelle classification des carcasses : voie libre vers l'UE). *Agricoltura*, febbraio/marzo 2014, 64-65.
  - Savescu R.F., Laba M., 2016. Multivariate regression analysis applied to the calibration of equipment used in pig meat classification in Romania. *Meat Sci.*, 116, 16-25.
  - Seynaeve M., Lyen N., Lescouhier S., De Smet S., 2012. Part 2 of the Protocol for updating the pig carcass classification methods and approval of CSB-Image-Meater, FOM II and AutoFOM III in Belgium. EC Working document, 68 p.
  - Swatland H.J., Ananthanarayanan S.P., Goldenberg A.A., 1994. A review of probes and robots: implementing new technologies in meat evaluation. *J. Anim. Sci.*, 72, 1475-1486.
  - Tomka J., Demo P., Gondeková M., Salagová Z., 2021. The analysis of pig carcass classification in Slovakia. *Czech J. Anim. Sci.*, 66, 78-86.
  - Tsakanikas G., Iliadis S., Krikonis K., 2013. Part II of the protocol for the approval of pig carcass grading methods using Optiscan-TP in Greece. EC Working Document, 23 p.
  - Willam A., 2006. Part II of the Protocol In accordance with Annex II of EEC Regulation 2967/85 (as amended by (EC) 3127/94 and (EC) 1197/06) For a dissection trial in Austria Submitted by the Austrian authorities in view of: An update of the current "two-point grading method (ZP)", A possible later nationwide approval of the "Fat-O-Meat'er" device (measurement principle: light reflection, invasive), A possible later nationwide approval of the "UltraFOM 300" device (measurement principle: ultrasound, non-invasive). EC Working document, 11 pp.
  - Zert P., 1970. Le porc d'abattage : appréciation, classement. ITP Eds, Paris, 96 p.