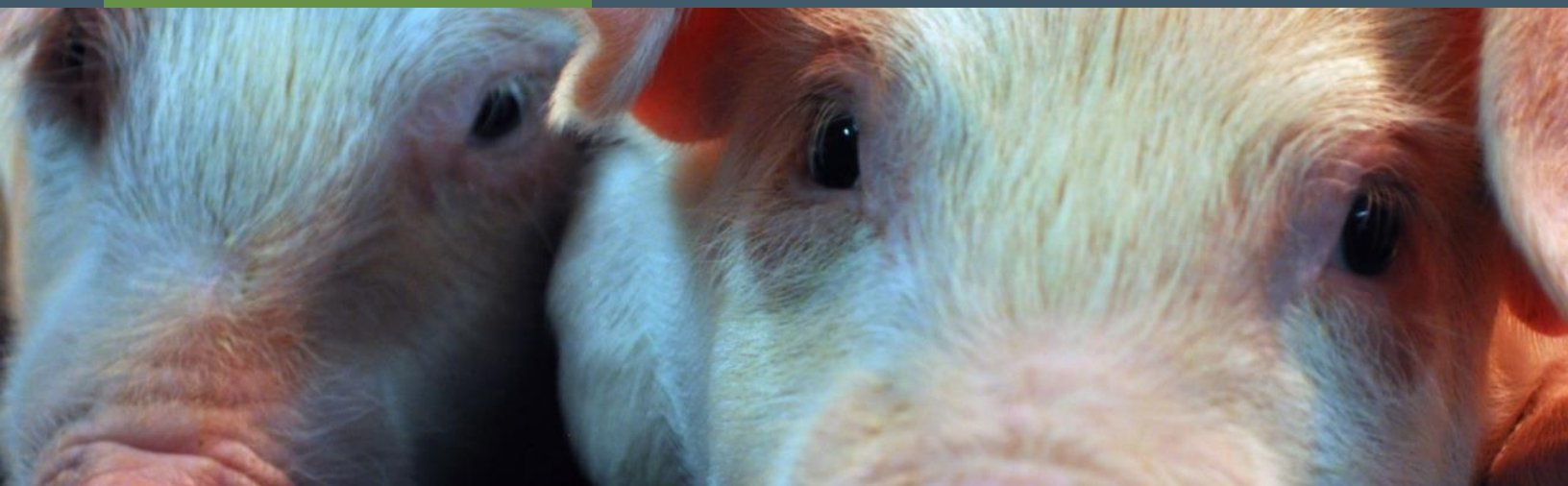


Réalisation d'un portrait du classement des carcasses et enquête au sein de l'industrie porcine québécoise

Octobre 2017

Rapport final



Marie-Pierre Fortier, cand. Ph. D.

Collaboration :

Marie-Claude Gariépy, M. Sc.

Bruno Villeneuve

CDPO 
Centre de développement
du porc du Québec inc.

©Centre de développement du porc du Québec inc.
Dépôt légal 2017
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
Bibliothèque et Archives Canada
ISBN 978-2-924413-44-9

Équipe de réalisation

Répondant	Marie-Pierre Fortier, Responsable qualité de viande, CDPQ
Direction scientifique	Marie-Pierre Fortier, Responsable qualité de viande, CDPQ
Chargé de projet	Marie-Claude Gariépy, Coordonnatrice aux opérations- services et projets, CDPQ
Collaborateurs	Bruno Villeneuve, Classement 2000 inc. Sylvain Fournaise, Olymel S.E.C/L. P Éric Pouliot, Olymel S.E.C/L. P Maïco Rodrigue, Olymel S.E.C/L. P Marc Poitras, Les Aliments ASTA Vincent Breton, DuBreton Nancy Paré, DuBreton Bruno Girard, F.Ménard
Rédaction	Marie-Pierre Fortier Marie-Claude Gariépy

Remerciements

Ce projet a été rendu possible grâce au soutien financier accordé en vertu du Programme de développement sectoriel, Volet 3 - Appui à l'innovation en réponse à des enjeux sectoriels prioritaires, dans le cadre de Cultivons l'avenir 2, une initiative fédérale-provinciale-territoriale et grâce aux partenariats financiers avec Classement 2000, DuBreton, Les Aliments ASTA, Olymel S.E.C/L. P et F. Ménard. Nous souhaitons également remercier M. Candido Pomar et M. Marcel Marcoux pour leur collaboration dans l'élaboration de l'enquête.

Cultivons l'avenir 2
Une initiative fédérale-provinciale-territoriale

Canada

Québec



Résumé

Au Québec, le classement des carcasses est réalisé depuis plusieurs décennies et permet essentiellement aux producteurs d'être payés à leur juste valeur pour leurs porcs expédiés à l'abattoir. Cependant, la production porcine a beaucoup changé au fil des années, de plus en plus d'entreprises s'étant tournées vers un modèle intégrateur, avec un contrôle de la ferme à l'abattage. Par conséquent, certains ne voient plus la nécessité de faire le classement tel qu'on le connaît actuellement. Il devient donc primordial de revoir l'intérêt et la nécessité de moderniser la façon de réaliser l'évaluation des carcasses à l'abattoir et peut-être voir à remplacer la technologie existante par une autre permettant de répondre aux besoins actuels et futurs de l'industrie. La sonde Destron (modèle PG100) est l'appareil utilisé pour mesurer l'épaisseur de gras et de muscle de la carcasse et ainsi en établir son rendement. Bien qu'efficace, cet appareil a tout de même atteint certaines limites et il importe de trouver comment il pourra être remplacé.

L'objectif principal de ce projet consistait à établir les besoins et les priorités de l'industrie en ce qui concerne le classement des carcasses et d'identifier les technologies ou les outils disponibles pour l'évaluation de celles-ci. Pour y arriver, une revue de littérature a été réalisée, permettant de prendre connaissance des différents systèmes et technologies disponibles actuellement pour l'évaluation des carcasses. Elle a également permis de recenser les nouvelles technologies en développement et de considérer leur potentiel dans le futur.

En parallèle, il était essentiel de revoir les besoins des différents abattoirs et d'établir une vision à long terme pour l'ensemble de ceux-ci. Des rencontres avec chacun des partenaires se sont déroulées au cours de l'été 2017. Les commentaires obtenus ont été élaborés dans un compte-rendu global pour l'ensemble des partenaires et ont permis d'établir une vue d'ensemble entière et efficace, relativement aux besoins technologiques disponibles ou à développer, pour assurer la compétitivité future des entreprises à l'égard des défis de mise en marché provinciaux, nationaux et internationaux.

Suite aux différentes discussions, il apparaît que le système de classement actuel des carcasses ne répond plus aussi efficacement aux différents besoins des abattoirs. Il importe donc de faire une mise à jour des besoins futurs de l'industrie pour s'assurer de mettre en place un moyen d'évaluation des carcasses qui soit adapté aux nouvelles réalités actuelles et futures.

Table des matières

Introduction	1
Objectifs du projet	2
Réalisation de l'enquête.....	2
Méthodologie.....	2
Compte rendu.....	3
Caractéristiques techniques	4
Conclusion	5
Références	6
Annexe 1.....	7
Annexe 2.....	11

Introduction

Au Canada, le classement électronique des porcs a été introduit en 1986 et permet de valoriser les carcasses en fonction de leur poids et de leur rendement en viande, selon une grille de classification spécifique (Pomar *et al.*, 2001). Bien qu'ils permettent essentiellement aux producteurs d'être payés à leur juste valeur pour chacun de leurs porcs expédiés à l'abattoir, les systèmes de classement canadiens ont également permis l'amélioration des caractéristiques de la qualité de la carcasse et de la viande. Pour l'industrie de la viande, les critères servant à définir la valeur de la carcasse changent progressivement en fonction des conditions du marché (Pomar *et al.*, 2001, Pomar *et al.*, 2009).

Les méthodes actuelles de classification sont basées sur les mesures des sondes Destron et Hennessy, celles-ci approuvées depuis 1994 (Pomar et Marcoux, 2003). Au Québec, la sonde utilisée dans les abattoirs est le modèle Destron PG-100.¹ La mesure des épaisseurs de gras et de muscle est prise entre les 3^e et 4^e dernières côtes, à 7 cm de la ligne dorsale (Fortin *et al.*, 2003; Fortin *et al.*, 2004). Le rendement en viande est ensuite estimé à partir de ces mesures en utilisant une équation de prédiction. Les équations de prédictions ont été établies, il y a plus de 20 ans, d'après les résultats du projet de découpe national réalisé en 1992 (Fortin *et al.*, 2003; Pomar et Marcoux, 2014). Or, depuis ce temps, la production porcine canadienne a évolué rapidement, notamment en ce qui concerne la hausse des poids d'abattage des animaux (Pomar et Marcoux, 2014). Il est donc à se questionner si les équations utilisées actuellement reflètent encore la réalité de l'industrie porcine canadienne.

La réalité dans les abattoirs a également beaucoup changé et tout le secteur porcin évolue dans un environnement hautement compétitif où l'amélioration de la rentabilité des entreprises est une priorité. La vitesse de la chaîne de découpe, pouvant aller au-delà de 600 porcs/heure, est une cadence maintenant difficile à suivre pour un technicien qui effectue la prise de mesures de façon manuelle et répétée, ce qui peut occasionner une perte de précision au niveau de la mesure d'épaisseur de gras et de muscle. De plus, l'utilisation d'une sonde invasive, qui altère le muscle, est un problème pour l'industrie qui peut se voir pénalisée par les pièces "brisées". La sonde peut également entraîner des problèmes de contamination par contact direct de celle-ci avec la viande. Pour les abattoirs et les usines de transformation de porcs du Québec, la qualité du produit est l'un des premiers éléments à considérer puisque c'est le premier critère recherché par les acheteurs sur les différents marchés. Il est donc essentiel de maintenir une haute qualité de la viande de porc du Québec.

Par ailleurs, les sondes utilisées actuellement ne permettent que la mesure de l'épaisseur de gras et de muscle de la carcasse. Ce rendement en viande constitue actuellement le critère le plus fréquemment utilisé pour classer les porcs. Cette méthode d'évaluation ne semble toutefois pas adéquate puisque la valeur marchande d'un porc varie également en fonction des découpes de la carcasse où se trouvent les quantités de gras et de muscle (Gendron, 2010). Le paiement est

¹ Source : <http://classement2000.com/>

donc présentement fait en fonction de critères qui ne sont pas fortement rattachés à la valeur marchande (Gendron, 2010).

Objectifs du projet

Ce projet vise la réalisation d'une mise à jour du portrait global du classement des carcasses dans le secteur porcin. Celui-ci s'adressera principalement aux abattoirs et permettra d'annoncer leurs besoins et priorités afin de répondre adéquatement aux exigences des différents marchés.

Une première étape consiste à réaliser une revue de littérature afin de prendre connaissance de toutes les technologies disponibles actuellement sur le classement et/ou l'évaluation des carcasses. Cette revue permettra également de recenser les nouvelles technologies en développement et de considérer leur potentiel futur (ANNEXE 2).

En parallèle, une enquête a été menée auprès des différents abattoirs afin de connaître leur besoins actuels et futurs sur l'évaluation des carcasses et de la viande (ANNEXE 1).

Réalisation de l'enquête

Méthodologie

Il était prévu initialement que l'enquête se déroule auprès de cinq abattoirs de porcs au Québec, soit DuBreton, Les Aliments ASTA, ATRAHAN transformation inc., Olymel S.E.C/L. P et F.Ménard. Cependant, compte tenu de la fusion entre ATRAHAN et Olymel, une seule rencontre a eu lieu. Les personnes rencontrées sont listées ci-dessous.

DuBreton	Vincent Breton, Président Nancy Paré, Responsable des approvisionnements des porcs
Olymel S.E.C/L. P	Sylvain Fournaise; Vice-président, Sécurité alimentaire et Services techniques Éric Pouliot : Conseiller scientifique, spécialiste des viandes Maïco Rodrigue ; Vice-Président opérations, Porc frais.
Les Aliments ASTA	Marc Poitras, directeur technique
F. Ménard	Bruno Girard, Responsable achats et ventes de porcs

Les rencontres ont eu lieu au cours de l'été 2017. Pour la réalisation de l'enquête, un questionnaire a été développé et utilisé pour diriger chacune des rencontres et ainsi guider la rédaction du compte-rendu. Les partenaires ont reçu le questionnaire quelques temps avant la rencontre afin de pouvoir préparer leurs commentaires. Le même questionnaire a été utilisé pour chacune des rencontres et les données recueillies intégralement demeurent confidentielles afin de ne pas associer les besoins individuels de chacun des participants. Les informations présentées sont un compte rendu des consultations ayant eu lieu avec chacun des partenaires et sont présentées de façon générale.

Compte rendu

L'intégration de plusieurs entreprises, avec un certain contrôle de la ferme à la table, est une nouvelle réalité de la production porcine. En contrôlant les différents aspects de la production (génétique, alimentation, régie, etc.) ces entreprises conditionnent ainsi le poids, la composition et la qualité des carcasses et ont fait en sorte que certains abattoirs ont délaissé le système de classement tel qu'on le connaît actuellement.

Un classement fait uniquement pour assurer le juste paiement aux producteurs risque-t-il de devenir chose du passé ? Il en dépend du point de vue de chacun. L'industrie fait maintenant face à une autre vision du classement des carcasses, celui qui assure plutôt de répondre aux demandes des différents marchés. Ce sont les marchés qui donnent le ton pour déterminer les produits désirés. Pour assurer le paiement aux producteurs, le système actuel fonctionne, mais pas pour ce qui est d'évaluer la qualité des carcasses.

Les besoins pour l'avenir ? Ils sont très variés et diffèrent selon les besoins de chacun. Considérant qu'il y a maintenant autant de caractéristiques recherchées que de marchés visés, un nouveau système d'évaluation des carcasses se devra d'être flexible afin de répondre aux différents besoins. Auparavant, la longe était reconnue comme étant la partie la plus lucrative de la carcasse et toutes les informations relatives au classement en découlait. Maintenant toutes les coupes sont importantes et le besoin d'informations n'est pas seulement en termes d'épaisseur de gras et de muscle, mais également sur leur composition. Surtout considérant qu'un pourcentage du poids des coupes est associé au prix de revient, il serait intéressant d'avoir une information complète sur chacune des coupes primaires. Par ailleurs, les porcs sont maintenant abattus à des poids supérieurs qu'auparavant et ce poids n'est pas uniforme sur toute la carcasse. Selon la génétique, la distribution du poids de chacune des coupes peut varier. Pouvoir estimer le poids des coupes virtuellement, selon les différentes conformations de chaque carcasse devrait être considéré. De cette façon, les données précises sur la qualité des coupes permettront aux acheteurs d'identifier plus facilement la ou les conformations de carcasses souhaitées.

En sommes-nous rendu à se diriger vers un paiement de la qualité de la carcasse et non seulement de son rendement ? Le rendement semble plutôt bien connu maintenant, notamment par le contrôle de la génétique. Par ailleurs, même si certains critères de qualité sont bien contrôlés par la maîtrise des différents paramètres de production, la qualité de la carcasse devrait également pouvoir être évaluée rapidement (tendreté, taille des coupes, gras de couverture, persillage, la couleur de la viande et du gras). L'étape de classement pourrait alors devenir un outil de contrôle de la conformité et de la qualité des carcasses. Finalement, d'un point de vue du bien-être animal, certains ont également soulevé l'intérêt pour l'évaluation des défauts de couenne et des démerites. Un portrait qui permettrait d'avoir un rapport plus complet pour chacune des carcasses et ce, pour chacun des producteurs, pourrait permettre de cibler les cas problématiques et ainsi améliorer la situation.

Les abattoirs sont déjà bien informés sur les technologies disponibles, certains ayant d'ailleurs déjà fait l'essai de quelques-unes. Cependant, l'acquisition d'une nouvelle technologie d'évaluation de la carcasse est souvent très coûteuse et il est difficile d'évaluer le rendement et la valeur ajoutée d'un tel changement, ce qui freine généralement l'implantation d'une nouvelle technologie dans les abattoirs actuellement.

Caractéristiques techniques

La précision d'un appareil ou d'un équipement est un facteur à considérer avec une grande importance lorsque l'on souhaite en acquérir un pour l'évaluation des carcasses. À l'ère des nouvelles technologies, il est à penser que le système devra se tourner vers l'automatisation et la robotisation pour être intéressant et être considéré par les abattoirs. Par ailleurs, il devra être sans altération pour la carcasse et avec peu ou pas de contact pour éviter la contamination de celle-ci.

D'autres facteurs sont également à prendre en considération dont la fiabilité, la facilité d'utilisation et la robustesse. Celui-ci devra être mesure de soutenir une cadence d'abattage élevée (bien au-delà de 600 carcasses/heure) et ce, tout en maintenant un grand degré de précision. Il devra également s'adapter facilement aux installations québécoises et être simple d'entretien. Le système ne devra pas se limiter à prédire seulement le rendement en viande maigre de la carcasse et son coût devra être raisonnable.

Une technologie qui pourrait classer les carcasses en fonction des exigences de chacun des clients permettrait de rejeter moins de pièces et celles-ci pourraient donc prendre le chemin de marchés plus lucratifs au lieu d'être déclassées. Cela permettrait à l'industrie de fournir une viande de qualité uniforme qui répond aux exigences spécifiques des acheteurs et maximiserait le revenu que l'on peut obtenir pour chaque carcasse, particulièrement sur les marchés d'exportation.

Conclusion

Les changements des dernières années, qui ont poussé les producteurs à travailler de façon beaucoup plus intégrée, oblige à se questionner sur l'importance du classement des carcasses tel qu'on le connaît depuis plusieurs dizaines d'années. Les travaux réalisés dans ce projet ont permis de constater que le système de classement actuel des carcasses ne répond plus de façon majoritaire et aussi efficacement aux différents besoins des abattoirs. Essentiellement utilisé pour déterminer le prix payé au producteur pour chacune de ses carcasses, le classement se dirige probablement plus vers un outil d'évaluation afin d'assurer aux abattoirs de répondre plus adéquatement aux besoins des différents marchés. Ce portrait de la situation se veut une première étape pour l'orientation que prendra le classement des carcasses au Québec. Beaucoup de travail reste encore à faire avant de pouvoir pointer une technologie précise qui pourra répondre aux différents besoins de chacun et ce, autant pour les producteurs que les abattoirs.

Références

Fortin, A., Tong, A.K.W. et W.M. Robertson. 2004. Evaluation of three ultrasound instruments, CVT-2, UltraFom 300 and AutoFom for predicting salable meat yield and weight of lean in the primals of pork carcasses. Meat Science, 68 : 537-549.

Fortin, A., Tong, A.K.W. et W.M. Robertson. 2003. Canadian pork carcass grading: the Hennessy HGP-2 and Destron PG-100 grading probes: 10 years later. Advances in Pork Production, 14 : Abstract #24.

Gendron, A. 2010. Système d'évaluation de la qualité des carcasses. Évaluer la qualité des découpes avec précision. Porc Québec, Janvier : 35-36.

Pomar, C. et M. Marcoux. 2014. Pork carcass classification and grading in Canada. Agriculture et agroalimentaire Canada. [En ligne]. http://www.cmc-cvc.com/sites/default/files/files/1_%20CPomar%20-%20Pork%20carcass%20evaluation%20and%20grading-2.pdf

Pomar, C., Marcoux, M., Gispert, M., Font i Furnols, M. et G. Daumas. 2009. Determining the lean content of pork carcasses. Dans: Improving the Sensory and Nutritional Quality of Fresh Meat, p.493-518.

Pomar, C. et M. Marcoux. 2003. Comparing the Canadian pork lean yields and grading indexes predicted from grading methods based on Destron and Hennessy probe measurements. Canadian Journal of Animal Science, 83 : 451-458.

Pomar, C., Fortin, A. et M. Marcoux. 2001. Estimation du rendement boucher et de la teneur en viande maigre (TVM) des carcasses de porc à l'aide de différentes méthodologies de mesure de l'épaisseur de gras et du muscle dorsal. Journées de la Recherche Porcine, 33 : 71-77.

Annexe 1



Réalisation d'un portrait du classement des carcasses et enquête au sein de l'industrie porcine québécoise

Dans le contexte actuel, où la compétitivité des entreprises agroalimentaires est de plus en plus menacée, répondre rapidement et efficacement aux exigences des différents marchés implique la mise en place de nouvelles stratégies favorisant l'utilisation de différentes technologies. Cette enquête est réalisée dans le cadre du projet « Réalisation d'un portrait du classement des carcasses et enquête au sein de l'industrie porcine québécoise » et permettra d'établir les besoins et les priorités de l'industrie en ce qui concerne l'évaluation des carcasses afin de répondre adéquatement aux exigences des différents marchés. Les données recueillies demeureront confidentielles.

Questionnaire

Votre entreprise utilise-t-elle le système actuel de classement des carcasses et si oui, à quel niveau le système est-il exploité (utilisation du système uniquement ou exploitation des données produites, selon différents besoins) ?

Quel type de carcasse votre entreprise recherche-t-elle (poids, conformation, taux de gras, blessures...) ?

Quelles sont les coupes primaires et/ou secondaires pour lesquelles vous aimeriez obtenir de l'information ?

Quelles informations aimeriez-vous obtenir à partir de la carcasse (critères de qualité, rendement, etc.) ?

Quels sont les critères de qualité de carcasse et/ou de viande recherchés ?

Quels sont les aspects de la carcasse et des coupes qui leur font perdre de la valeur et pourquoi ?
(ex : pièces trop petites ne pouvant pas être exportées sur un marché lucratif).

Est-ce que votre entreprise utilise ou a déjà utilisé une technologie d'évaluation de la qualité de la carcasse ou de la viande (rendement en viande mesures chimiques, etc) ?

Trouvez-vous pertinent le développement ou la mise en place de nouvelles technologies d'évaluation de la carcasse ?

Si une étude pilote était réalisée pour tester de nouvelles technologies d'évaluation de carcasses, seriez-vous intéressé à participer (financièrement, en tant que conseiller, en tant que disponibilité de main-d'œuvre, d'accès à l'entreprise, etc) ?

Est-ce que votre entreprise éprouve un besoin particulier présentement pour l'évaluation de la qualité d'un produit. Si oui lequel? Et si elle serait prête à investir dans une technologie pour mesurer le critère de qualité ciblé et à quelle hauteur

Annexe 2

Octobre 2017

Revue de littérature



Auteur : Marie-Claude Gariépy, M. Sc.

Collaboration : Marie-Pierre Fortier, Cand. Ph. D

CDPO 
Centre de développement
du porc du Québec inc.

Table des matières

1	Le classement au Québec et au Canada	1
2	Prédiction du rendement en viande et de la carcasse	2
3	Technologies disponibles pour l'évaluation du rendement en viande de la carcasse	3
3.1	Équipements manuels	3
3.1.1	Méthode ZP (Zwei-Punkt-Messverfahren).....	3
3.1.2	Sonde optique (Intrascopes).....	4
3.2	Équipements semi-automatisés	5
3.2.1	Systèmes optiques	6
3.2.2	Systèmes ultrasoniques.....	8
3.3	Équipements entièrement automatisés	12
3.3.1	Système optique	12
3.3.2	Système ultrasonique	12
3.3.3	Système visionique	13
3.4	Technologies de référence.....	16
4	Technologies disponibles pour l'évaluation de la qualité de la viande	20
4.1	Indice d'iode et des acides gras	20
4.2	Évaluation du pH de la viande	21
4.3	Évaluation entièrement automatisée d'indicateurs de bien-être animal (Allemagne) ...	21
4.4	Spectroscopie proche infrarouge	21
4.5	Scanner 3-D.....	22
5	Conclusion	23
6	Références	24

Liste des tableaux

Tableau 1 - Erreur de prédiction d'équipements manuels.....	4
Tableau 2 - Erreur de prédiction d'équipements semi-automatiques	10
Tableau 3 : Erreur de prédiction d'équipements entièrement automatisés	15
Tableau 4 : Erreur de prédiction d'une technologie de référence	19

1 Le classement au Québec et au Canada

Le principal objectif des systèmes de classification des carcasses est d'établir leur valeur économique relative en des termes précis pour l'industrie de la viande. Au Canada, le système de classification valorise les carcasses en fonction de leur poids et de leur rendement boucher en viande, selon une grille de classification spécifique (Pomar *et al.*, 2001). Au Québec, le classement des carcasses se fait à l'aide d'une sonde dans plusieurs abattoirs et ce, depuis plus de 30 ans. Actuellement, il permet essentiellement aux producteurs d'être payés à leur juste valeur en fonction de la composition des animaux expédiés à l'abattoir et de faciliter la mise en marché des carcasses à l'exportation (Pomar et Marcoux, 2014). Pour l'industrie de la viande, les critères servant à définir la valeur de la carcasse changent progressivement en fonction des conditions du marché. Généralement, le rendement en viande des carcasses est prédit à partir des mesures de l'épaisseur du gras et du muscle dorsal, ces mesures étant fortement corrélées avec la quantité totale de muscle de la carcasse (Pomar *et al.*, 2001, Pomar *et al.*, 2009).

L'évaluation visuelle a longtemps été utilisée pour classer les animaux et les carcasses. Or, la variabilité d'interprétation des données entre les pays, mais également entre les opérateurs sont les principales raisons ayant mené à la classification instrumentale, soit à l'aide d'appareil/équipement (Daumas, 2001). Le classement a débuté au tout début par la prise de mesures à l'aide de règles, puis les sondes optiques ont fait leur apparition. Par la suite, divers équipements semi-automatisés ont fait leur entrée sur le marché suivi des équipements entièrement automatisés (Daumas, 2001). Au Canada, le classement électronique des porcs a été introduit en 1986.² Celui-ci est basé sur un projet national de découpe réalisé en 1992 où les équations de prédiction ont été réajustées en 1994 (Pomar et Marcoux, 2014). Au Québec, la sonde utilisée les abattoirs est le modèle Destron PG-100.¹

² Source : <http://classement2000.com/>

2 Prédiction du rendement en viande et de la carcasse

Au Canada, le rendement en viande maigre est défini comme étant la proportion du poids de viande maigre du picnic, du soc, de la longe, du filet, du jambon, du flanc (sans la peau et découpé) et les côtes (Pomar *et al.*, 2009). Cette information est obtenue par dissection. Ce rendement prend en considération le poids des coupes commerciales, celui-ci pouvant contenir des tissus adipeux et des os. Ce système avait été initialement proposé pour une utilisation dans l'ensemble du Canada, mais puisqu'il n'est plus obligatoire aujourd'hui, certains abattoirs utilisent des versions modifiées du système original de classement ou offrent des primes et/ou pénalités aux carcasses ayant des profondeurs spécifiques de gras et de muscle (Pomar *et al.*, 2009).

Plusieurs équipements sont actuellement disponibles pour effectuer le classement des carcasses. Certains d'entre eux sont utilisés par l'industrie depuis des décennies alors que d'autres le sont depuis peu. Dans plusieurs marchés, le rendement en viande est prédit grâce à la prise de mesures d'épaisseur de gras et de muscle (Johnson *et al.*, 2004; Pomar et Marcoux, 2003; Pomar et Marcoux, 2005). La majorité de ces technologies repose sur ces deux variables, mais certains appareils/équipements mesurent d'autres paramètres (Pomar *et al.*, 2009). De façon générale, les mesures sont prises sur la carcasse et elles sont enregistrées dans l'appareil puis ces données brutes sont traitées à l'aide d'équations de prédiction. Ces dernières varient selon la méthode de référence privilégiée et l'appareil utilisé (Pomar et Marcoux, 2003). Lorsque le traitement des données est terminé, le système rend disponible l'information d'intérêt aux abattoirs telle que l'estimation du rendement en viande et de la carcasse. L'estimation du poids des coupes primaires et du taux de viande maigre par pièce sont également des informations pouvant être générées par certains équipements.

Par ailleurs, les technologies actuelles de prédiction du rendement sur la ligne d'abattage rencontrent certaines limites ou présentent certaines faiblesses. En effet, ces technologies présentent une précision limitée de la prédiction du rendement (Pomar et Marcoux, 2014). En ce qui concerne les sondes optiques, elles perforent les tissus lors de la prise de mesures ce qui réduit la valeur de la carcasse et augmente le risque de contamination (Pomar et Marcoux, 2014). De leur côté, les systèmes automatisés sont composés d'algorithmes complexes pour le nettoyage et l'analyse des données. Pour ces mêmes systèmes, les possibilités sont limitées pour effectuer un contrôle de qualité des mesures et des prédictions (Pomar et Marcoux, 2014). Pour tous les systèmes de classement actuels, le potentiel de mesure du poids des coupes et de leur composition est limité (Pomar et Marcoux, 2014).

3 Technologies disponibles pour l'évaluation du rendement en viande de la carcasse

Les divers appareils sont catégorisés selon leur niveau d'automatisation, soit manuel, semi-automatisé et entièrement automatisé. Ces systèmes utilisent différentes technologies pour effectuer leur prise de mesures, soit l'optique, les ultrasons ou la vision (2D ou 3D). Par ailleurs, la précision associée à chacun des équipements varie selon l'échantillon de l'étude, le pays, la définition du rendement en viande maigre, etc. (Pomar *et al.*, 2009).

3.1 Équipements manuels

Les équipements de type « manuel » dépendent complètement d'un opérateur, car celui-ci prend la mesure sur la carcasse et il en effectue la lecture par la suite. Évidemment, l'opérateur est une source importante de variations non contrôlées (ex. : mesure prise au mauvais endroit, angle de prise de mesure, etc.), ce qui peut se traduire par une augmentation des risques d'erreur notamment en ce qui a trait à l'estimation du rendement en viande maigre. Ces appareils peuvent mesurer la profondeur des tissus, soit à l'endroit où la carcasse est séparée en deux ou latéralement sur la demi-carcasse (Pomar *et al.*, 2009).

Ces équipements sont principalement utilisés dans des installations ayant un faible volume d'abattage (Pomar *et al.*, 2009), le plus souvent de moins de 200 porcs par semaine (Daumas, 2001; Gaureanu *et al.*, 2014). La méthode de classification utilisée dans ces abattoirs doit être simple et facile à utiliser en plus d'être peu coûteuse (Daumas, 2001). Comparativement aux sondes électroniques, les équipements manuels tels que la méthode ZP et la sonde optique Intrascopie sont 10 à 15 % moins précis (Daumas, 2001). Toutefois, ces deux équipements manuels peuvent être utilisés en remplacement de sondes électroniques lorsqu'un bris survient, et ce, si la cadence d'abattage n'est pas trop élevée (Daumas, 2001).

3.1.1 Méthode ZP (Zwei-Punkt-Messverfahren)

La méthode ZP est utilisée pour mesurer l'épaisseur du gras et du muscle sur la ligne de découpe de la carcasse (Daumas, 2001; Pomar *et al.*, 2009). Celle-ci est non invasive (Daumas, 2006) et la prise de mesures est effectuée simplement à l'aide d'une règle ou d'un équipement nommé « calliper » (manuel ou électronique) (Daumas, 2001; Pomar *et al.*, 2009). Pour ce qui est de la règle, celle-ci permet de mesurer manuellement l'épaisseur de gras et de muscle (Daumas, 2001; Daumas et Monziols, 2011) directement sur la ligne dorsale de la carcasse (Daumas et Monziols, 2011); la résultante du croisement de ces deux variables sur la règle est le rendement en viande maigre (Daumas, 2001). Dans le cas du « calliper » électronique, les données acquises sont enregistrées dans un terminal et les celles-ci peuvent être transférées dans un ordinateur si nécessaire (Daumas, 2001).

L'erreur de prédiction (en valeur absolue) de cette méthode (règles et callipers) varie entre 2,28 et 2,52 selon les études réalisées (Daumas, 2006; Daumas, 2008a; Pomar *et al.*, 2009).

Cette méthode manuelle de classement est autorisée en France et en Allemagne pour les abattoirs de moins de 200 porcs/semaine (Blum *et al.*, 2014; Daumas, 2001; IFIP, 2014).

Cependant, puisque cette méthode est utilisée dans des abattoirs ayant un faible volume, la carcasse est souvent séparée en deux manuellement, ce qui fait en sorte que l'erreur d'estimation du rendement en viande maigre tend à être plus élevé (Pomar *et al.*, 2009).

3.1.2 Sonde optique (Intrascopie)

L'Intrascopie est une sonde optique qui doit être manipulée par un opérateur. Certains pays ont introduit la variable « poids de carcasse » dans l'équation afin de prédire le rendement en viande maigre (Pomar *et al.*, 2009). Elle a la capacité de mesurer une ou deux épaisseurs de gras sur les carcasses. La source de lumière au bout de la sonde détecte les changements de réflectance à la jonction du gras et du muscle (Daumas, 2001). L'épaisseur de gras peut être mesurée à une profondeur variant entre 5 et 50 mm (Daumas, 2001). Contrairement à la Méthode ZP, cet appareil est invasif (altération de la carcasse) et il permet de mesurer seulement l'épaisseur de gras. Par contre, les mesures de la sonde optique sont effectuées à une distance fixe de la ligne dorsale, ce qui permet de réduire l'erreur d'estimation du rendement en viande maigre comparativement à la Méthode ZP (Pomar *et al.*, 2009). L'Intrascopie est une sonde encore utilisée dans certains pays d'Europe et il permet également de mesurer l'épaisseur de gras des carcasses à moindre coût lorsque la chaîne d'abattage ne fonctionne pas à grande vitesse (Giles, 1983).

L'erreur de prédiction (en valeur absolue) de cet appareil varie entre 2,31 et 2,47 selon les études (Pomar *et al.*, 2009).

Tableau 1 - Erreur de prédiction d'équipements manuels

Technologie	Paramètres mesurés	Pays de l'étude	Erreur de prédiction	Référence
Méthode ZP	Épaisseurs de gras et de muscle	France	2,28	Daumas, 2006 Daumas, 2008a,
			2,45-2,49	Daumas et Dhorne, 1998 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
		Suède	2,38	Daumas et Dhorne, 1998 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
		Allemagne	2,44	Brondum <i>et al.</i> , 1998
			2,52	Daumas et Dhorne, 1998 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009

Technologie	Paramètres mesurés	Pays de l'étude	Erreur de prédiction	Référence
Sonde optique (Intrascopie)	Épaisseur de gras seulement	Royaume-Uni	2,31	(Daumas et Dhorne, 1998 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009)
		Pologne	2,38	(Daumas et Dhorne, 1998 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009)
		Italie	2,38-2,45	(Daumas et Dhorne, 1998 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009)
		Suède	2,47	(Daumas et Dhorne, 1998 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009)

Source : Adapté de Pomar *et al.*, 2009.

3.2 Équipements semi-automatisés

Les équipements de type « semi-automatisé » ont été développés afin de réduire l'impact de l'opérateur sur la prise de mesures. Par contre, cet objectif n'a pas été complètement atteint, puisque l'opérateur doit quand même positionner correctement l'appareil sur le site de mesure (Pomar *et al.*, 2009). Le facteur « humain » est toujours présent, ce qui peut contribuer à augmenter les risques d'erreur. Afin de minimiser l'impact de cet aspect, les opérateurs doivent avoir été entraînés que ce soit pour l'identification du site de mesure, l'angle de pénétration de la sonde ou la position des transducteurs. De plus, les opérateurs doivent être remplacés fréquemment sur la chaîne d'abattage afin d'éviter les erreurs reliées à la fatigue. Les erreurs peuvent également provenir de l'appareil lui-même. En effet, si celui-ci n'est pas calibré correctement ou qu'il éprouve des problèmes techniques, des erreurs de mesures peuvent évidemment s'en suivre (Pomar *et al.*, 2009).

Les appareils semi-automatisés utilisent soit la technologie de l'optique (réflectance à la lumière) ou des ultrasons afin de déterminer automatiquement la profondeur du gras et du muscle. Les sondes optiques de cette catégorie d'appareils sont toutes de nature invasive et une sonde mal aiguisée ou émoussée peut réduire la précision des mesures. Les sondes basées sur cette technologie fonctionnent toutes différemment en raison du type de lumière émise, la sensibilité de l'appareil et le logiciel utilisé pour l'interprétation des données. Pour cette raison, il est nécessaire d'avoir des équations de prédiction spécifique à chaque appareil. Chaque type de sonde est monté sur un manche rigide disposant d'une lame tranchante et d'un dispositif d'émission de la lumière. La réflectance de la lumière est mesurée lorsque la pointe de la lame transperce les tissus de la carcasse (Pomar *et al.*, 2009).

Pour ce qui est des sondes ultrasons, elles sont non invasives, moins vulnérables et rarement sujettes à de l'interférence. Puisque ce type d'équipements est basé sur la technologie aux ultrasons, les mesures doivent être prises sur une carcasse chaude et humide afin de d'obtenir un bon contact entre la sonde et la surface de la carcasse. Ce contact est nécessaire pour que l'appareil puisse capter une différence de densité entre les différents tissus et, ainsi, produire une image (Pomar *et al.*, 2009).

Que ce soit pour les sondes optiques ou à ultrasons, les mesures sont prises sur la carcasse après l'abattage à des endroits spécifiques, soit à une distance fixe de l'endroit où la carcasse est séparée en deux. Cette façon de faire permet d'éviter l'effet de la séparation de la carcasse en deux parties (Pomar *et al.*, 2009). Les sondes optiques sont généralement plus précises que celles à ultrasons pour mesurer l'épaisseur de gras dorsal alors que les sondes à ultrasons sont plus précises pour mesurer l'épaisseur de muscle (Pomar et Marcoux, 2005). Toutefois, règle générale, les équipements semi-automatisés utilisant la technologie aux ultrasons sont moins susceptibles aux risques d'erreurs comparativement aux équipements semi-automatisés invasifs (technologie optique) (Pomar *et al.*, 2009).

3.2.1 Systèmes optiques

Sonde Destron

Le Destron (modèle PG-100) est la sonde optique électronique actuellement utilisée dans la majorité des abattoirs québécois pour mesurer l'épaisseur de gras et de muscle de la carcasse et ainsi en établir le rendement.³ Cet équipement repose sur la réflectance de la lumière et est de nature invasive.

Les épaisseurs de gras et de muscle sont mesurées entre les 3^e et 4^e dernières côtes, à 7 cm de la ligne dorsale (Classement 2000³; Fortin *et al.*, 2003a). À la suite de la prise de ces deux mesures, le rendement en viande maigre est calculé automatiquement selon une formule de prédiction préprogrammée (équation de prédiction) et est transposée dans la classe de rendement appropriée (grille de classement). La valeur de la carcasse ou l'indice est ainsi déterminé.³

L'erreur de prédiction (en valeur absolue) de cet appareil varie entre 1,71 et 2,49 selon les études observées (Pomar *et al.*, 2009).

Sonde Hennessy (Nouvelle-Zélande)

Cette sonde optique est un équipement semi-automatisé utilisé dans le domaine porcin depuis plusieurs années.⁴ Aux Pays-Bas, cette sonde est utilisée depuis 1987 pour effectuer le classement des carcasses (Engel *et al.*, 2012; Lambooij *et al.*, 2011). Tout comme le Destron PG-100, cette technologie est invasive (Pomar *et al.*, 2009).

Tout comme la sonde Destron, les épaisseurs de gras et de muscle sont mesurées entre les 3^e et 4^e dernières côtes, à 7 cm de la ligne dorsale (Fortin *et al.*, 2003a). Une équation de prédiction, basée sur ces deux variables, permet ensuite de calculer le rendement en viande de la carcasse (Engel *et al.*, 2006; Engel *et al.*, 2012). Cette sonde est facile à utiliser, l'entraînement de l'opérateur est relativement court et il est fiable à long terme. De plus, ce système s'adapte facilement aux installations existantes. En plus des épaisseurs de gras et de muscle, les mesures suivantes peuvent être enregistrées avec la sonde, soit : la couleur, la rétention en eau, le persillage intramusculaire et la structure des tissus. La sonde Hennessy peut enregistrer jusqu'à

³ Source : <http://classement2000.com/>

⁴ Source : <http://www.hennessy-technology.com/>

2 000 mesures à la seconde. Habituellement, il en prend moins d'une seconde pour prendre une mesure sur un site précis.⁴

L'erreur de prédiction (en valeur absolue) de cet appareil varie entre 1,56 et 2,37 selon les études (Engel *et al.*, 2012; Pomar *et al.*, 2009).

Capteur Gras Maigre (France)

En 2012, le Capteur Gras Maigre (CGM) est l'appareil le plus utilisé dans les abattoirs français pour le classement des carcasses (Daumas, 2006; Daumas, 2008a). En effet, celui-ci classait plus de 95 % des carcasses de porcs en France à cette période, et ce, même si d'autres méthodes étaient alors autorisées (Blum *et al.*, 2014). Tout comme le Destron PG-100 et la sonde Hennessy, le CGM est de nature invasive et il utilise le principe de la réflectance de la lumière (Daumas, 2006; Pomar *et al.*, 2009).

Cette sonde, d'un diamètre de 8 mm, permet de prendre des mesures d'épaisseur de gras et de muscle (Lambooj *et al.*, 2011) à une profondeur pouvant atteindre 105 mm (Van Cauwenberghe, 2003). Les valeurs mesurées sont ensuite converties en résultat d'estimation du pourcentage de viande maigre par l'appareil lui-même. Les mesures sont effectuées dans la demi-carcasse gauche à 6 cm de la ligne dorsale :

- Une première fois entre les 2^e et 3^e dernières côtes (emplacement de mesure de référence) ;
- Une deuxième fois entre les 3^e et 4^e dernières côtes (emplacement de mesure officiel) (Van Cauwenberghe, 2003).

Selon une étude réalisée par Knecht *et al.* (2016), l'appareil de classification devrait être modifié et amélioré dans le but de fournir davantage d'informations sur la valeur commerciale réelle de la carcasse notamment la valeur des coupes primaires

L'erreur de prédiction (en valeur absolue) de cet appareil varie entre 1,84 et 2,28 (Daumas, 2006; Daumas, 2008a; Pomar *et al.*, 2009).

Fat-O-Meater (Danemark)

Cette sonde optique utilise également le principe de la réflectance de la lumière et est de nature invasive tout comme les appareils semi-automatisés mentionnés précédemment (Pomar *et al.*, 2009). Une épaisseur de gras et de muscle est mesurée entre les 3^e et 4^e dernières côtes, à 6 cm de la ligne dorsale (Sprysl *et al.*, 2007). Ensuite une seconde mesure d'épaisseur de gras est prise entre les 3^e et 4^e dernières côtes, à 8 cm de la ligne dorsale (Sprysl *et al.*, 2007).

Cet équipement est utilisé depuis plusieurs années et celui-ci a été amélioré au fil du temps ; une 2^e version du Fat-O-Meater est actuellement disponible. Cet appareil permet de mesurer l'épaisseur de gras et de muscle à des endroits précis sur la carcasse. Il est disponible en trois versions, soit :

- Version haute vitesse où il n'y a pas de limite de traitement des données ;
- Version de base soutenant une cadence de 800 carcasses/heure ;
- Version basse vitesse soutenant une cadence de 250 carcasses/heure.⁵

L'erreur de prédiction (en valeur absolue) de cet appareil varie entre 1,58 et 2,49 (Pomar *et al.*, 2009).

3.2.2 Systèmes ultrasoniques

Ultrafom (Allemagne)

Cet appareil semi-automatisé est positionné sur la carcasse puis une série d'ondes ultrasoniques (64 senseurs) est envoyée à l'intérieur de celle-ci (Pomar *et al.*, 2009; Thomas, 2003; Vitek *et al.*, 2012). Lorsque qu'une onde enregistre une différence de densité dans les tissus, une échographie est envoyée au capteur. L'intervalle de temps entre l'onde et l'image produite permet de calculer l'épaisseur de gras et de muscle de la carcasse. Le système fournit ensuite le pourcentage rendement en viande maigre dans la carcasse (Thomas, 2003; Vitek *et al.*, 2012). Pour tous les appareils utilisant la technologie aux ultrasons, il n'y a aucune altération de la carcasse puisqu'ils sont non invasifs (Vitek *et al.*, 2012). Ceux-ci permettent, notamment, la prise de mesures d'épaisseur de gras sur des pièces prisées telles que le jambon (Pomar *et al.*, 2009).

Les mesures sont effectuées entre les 2^e et 3^e dernières côtes, à 7 cm de la ligne dorsale. Des mesures peuvent également être prises sur le jambon (Vitek *et al.*, 2012). L'appareil a la possibilité de prendre des mesures d'épaisseur pouvant aller jusqu'à 50 mm sur la côte et jusqu'à 80 mm sur le jambon. En ce qui concerne l'épaisseur du muscle de la longe, les mesures varient entre 30 et 100 mm⁵. La carcasse doit être chaude et humide lors de la prise de mesures afin de s'assurer d'obtenir un bon contact entre la sonde ultrasons et la surface de la viande (Pomar *et al.*, 2009). Cet équipement permet également de prendre des mesures sur les carcasses avant leur éviscération (Carometec⁵; Vitek *et al.*, 2012), ce qui est le cas notamment dans certains abattoirs de République Tchèque (Vitek *et al.*, 2012). L'Ultrafom est en mesure de soutenir une cadence d'abattage de 1 200 carcasses/heure (Thomas, 2003) et l'erreur de prédiction (en valeur absolue) de cet appareil varie entre 1,70 et 2,38 (Daumas, 2008a, Pomar *et al.*, 2009).

Carcass Value Technology (États-Unis)

L'équipement Carcass Value Technology (CVT) est semi-automatisé et repose également sur la technologie aux ultrasons (Pomar *et al.*, 2009).

Les mesures sont effectuées à 7 cm de la région longitudinale de la longe et une image de 5 cm est captée, car 1 cm au-dessus et 1 cm en-dessous sont exclus de l'image. Une image est captée et est ensuite utilisée pour calculer les épaisseurs de gras et de muscle. Ce système non invasif rend possible la prise de mesures d'épaisseur de gras sur des pièces prisées par l'industrie telles que le jambon (Pomar *et al.*, 2009). Évidemment, puisque le CVT est un équipement aux ultrasons, la carcasse doit être chaude et humide au moment de la prise de mesures (Pomar *et al.*, 2009).

⁵ Source : <http://www.carometec.com/>

L'erreur de prédiction (en valeur absolue) de cet appareil varie entre 1,57 et 2,27 (Pomar *et al.*, 2009).

Ultra-Meater (Allemagne)

L'Ultra-Meater est un appareil reposant également sur la technologie aux ultrasons (Daumas, 2006; Pomar *et al.*, 2009). L'enregistrement du sexe des animaux est possible avec cet équipement (Daumas, 2006).

Un seul site de mesure est utilisé, soit entre les 2^e et 3^e dernières côtes, à 6 cm de la ligne dorsale. Le positionnement de la sonde permet une trajectoire des ultrasons perpendiculaire à la couenne. Cette méthode n'altère pas la carcasse (Daumas, 2006) donc celle-ci peut être utilisée pour mesurer l'épaisseur de gras de certaines coupes (Pomar *et al.*, 2009). Le logiciel d'analyse d'images permet d'obtenir l'épaisseur de gras sous-cutané (couenne incluse) et l'épaisseur de la longe au niveau dorsal (Daumas, 2006).

L'erreur de prédiction (en valeur absolue) de cet appareil varie entre 1,96 et 2,27 (Daumas, 2006; Daumas, 2008a; Pomar *et al.*, 2009).

BioQscan (États-Unis)

Le BioQscan est un équipement semi-automatisé reposant sur la technologie aux ultrasons et il se veut de nature non invasive. Actuellement, la 3^e génération de l'appareil est disponible sur le marché et celle-ci est utilisée dans plusieurs abattoirs du Midwest américain. Le système comprend une sonde à ultrasons, une unité d'acquisition d'images et un centre de traitement des données (Biotronics Inc., s.d.). Le système de base de données est adapté selon les besoins de l'abattoir et, pour les abattoirs ne disposant pas d'un système d'identification individuelle des carcasses, un numéro de séquence peut être ajouté ou tout autre système de numérotation (Biotronics Inc., s.d.; Wilson, 2015).

L'utilisation du BioQscan en abattoir nécessite que la carcasse soit stable et humide avant de se présenter devant l'appareil. Lorsque celle-ci est accroché sur les rails, des jets d'eau l'humidifient, puis elle doit être stabilisée. Par la suite, la carcasse passe devant le boîtier du BioQscan, puis elle se dirige vers la sonde manipulée par un opérateur. La sonde capte 15 images/seconde sur la carcasse où 3 à 10 images/carcasse sont par la suite traitées. La carcasse doit être humidifiée à nouveau si l'équipement est localisé à plus de 8 pieds (2,44 m) du système de jets d'eau. Il est à noter que l'appareil présente de meilleures performances lorsque les carcasses sont intactes, c'est-à-dire qu'elles n'ont pas été découpées, qu'elles ont la surface de la peau lisse et où les côtes sont facilement trouvables (Wilson, 2015). L'appareil peut soutenir une cadence pouvant aller jusqu'à 1 400 porcs/heure (Biotronics Inc., s.d.), mais la distance nécessaire pour stabiliser les carcasses sur les rails doit être de 10 pieds (3,05 m) (Wilson, 2015). Dans le cas où la distance serait de 6 pieds (1,83 m), la cadence diminue à 600 porcs/heure (Wilson, 2015).

L'appareil est fabriqué en acier inoxydable et il est résistant aux conditions dans les abattoirs (Biotronics Inc., s.d.). Le traitement de l'information s'effectue en temps réel sur la chaîne d'abattage pour ce qui est du pourcentage de gras du muscle et celui du rendement en viande maigre de la carcasse (Biotronics Inc., s.d.). En plus de ces données, l'appareil permet de mesurer le pourcentage de persillage de la longe. Par ailleurs, le BioQscan permet un tri des carcasses (plusieurs niveaux possibles) (Wilson, 2015).

Selon Wilson (2015), la corrélation de l'appareil en ce qui concerne la profondeur de gras dorsal est de 0,89 alors qu'elle est de 0,65 pour la profondeur du muscle de la longe.

Tableau 2 - Erreur de prédiction d'équipements semi-automatiques

Technologie	Paramètres mesurés	Pays de l'étude	Erreur de prédiction	Référence
Systèmes optiques				
Sonde Destron	Épaisseurs de gras et de muscle	Canada	1,71	Usborne <i>et al.</i> , 1987
			2,15	Fortin <i>et al.</i> , 2003b
			2,43	Pomar <i>et al.</i> , 2001
		Belgique	2,45	Daumas et Dhorne, 1998 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
		Pologne	2,49	Piechocki <i>et al.</i> , 1994 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
Sonde Hennessy	Épaisseurs de gras et de muscle	Canada	1,56	Fortin <i>et al.</i> , 2004; Fortin <i>et al.</i> , 2005
			1,71	Usborne <i>et al.</i> , 1987
			2,18	Pomar <i>et al.</i> , 2001
		Allemagne	2,05	Daumas et Dhorne, 1998 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
		Pays-Bas	2,09	Engel <i>et al.</i> , 2012
			2,24	Engel <i>et al.</i> , 2006
			2,37	Hulsegge <i>et al.</i> , 1994; Hulsegge et Merkus, 1997 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
		Finlande	2,17	Daumas et Dhorne, 1998 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
		Irlande	2,30	Allen et McGeehin, 2001
Capteur Gras Maigre	Épaisseurs de gras et de muscle	France	1,84	Daumas, 2006; Daumas, 2008
			1,92-2,06	Daumas et Dhorne, 1998 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
		Belgique	2,08	Daumas et Dhorne, 1998 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
		Canada	2,28	Pomar <i>et al.</i> , 2001

Technologie	Paramètres mesurés	Pays de l'étude	Erreur de prédiction	Référence
Fat-O-Meater	Épaisseurs de gras et de muscle	Espagne	1,58	Gispert et Diestre, 1994 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
			2,18-2,33	Font i Furnols <i>et al.</i> , 2004
		Allemagne	1,80	Adapté de Bransheid et al, 2004 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
			2,01	Brondum <i>et al.</i> , 1998
		États-Unis	1,87	McClure <i>et al.</i> , 2003
			2,35	Brondum <i>et al.</i> , 1998
		Danemark	2,02	Daumas et Dhorne, 1998 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
		Irlande	2,20	Allen et McGeehin, 2001
		Italie	2,30-2,37	Daumas et Dhorne, 1998 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
		Pologne	2,49	Piechocki et al, 1994 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
Systèmes ultrasoniques				
Ultrafom	Épaisseurs de gras et de muscle, jambon	Canada	1,70	Fortin <i>et al.</i> , 2004; Fortin <i>et al.</i> , 2005
		France	1,91	Daumas, 2008a
		Pologne	2,36	Piechocki et al, 1994 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
		Royaume-Uni	2,38	Daumas et Dhorne, 1998 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
Carcass Value Technology	Épaisseurs de gras et de muscle	Canada	1,57	Fortin <i>et al.</i> , 2005
			2,14-2,27	Pomar <i>et al.</i> , 2001
Ultra-Meater	Épaisseurs de gras et de muscle	Royaume-Uni	1,96	Daumas et Dhorne, 1998 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
		Allemagne	2,12	Daumas et Dhorne, 1998 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
		France	2,13-2,17	Daumas et Dhorne, 1998 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
			2,27	Daumas, 2006; Daumas, 2008
BioQscan	Épaisseurs de gras et de muscle	États-Unis	n.d.	Wilson, 2015

Source : Adapté de Pomar *et al.*, 2009.

3.3 Équipements entièrement automatisés

Les équipements de type “entièrement automatisé” ont été développés afin d’éliminer complètement l’effet de l’opérateur sur les prises de mesures. Par contre, afin de minimiser les risques d’erreurs reliés aux appareils eux-mêmes, ceux-ci doivent être testés périodiquement afin de s’assurer qu’ils sont bien calibrés et qu’ils fonctionnent adéquatement. Généralement, ils enregistrent de nombreuses mesures avec lesquelles ils estiment par la suite des paramètres d’intérêt. L’utilisation des équipements entièrement automatisés est préconisée dans des installations ayant un important volume d’abattage (Pomar *et al.*, 2009). Ceux-ci reposent sur différentes technologies, soit la réflectance de la lumière, les ultrasons et la vision (2D et 3D).

3.3.1 Système optique

Danish Classification Center (Danemark)

Cet équipement entièrement automatisé est basé sur le principe de la réflectance. Celui-ci permet l’évaluation de la carcasse entière, mais celle-ci s’en trouve altérée par les différentes sondes (technologie invasive).

Lorsque la carcasse entre dans le système de classification, ses dimensions sont prises mécaniquement (longueur de la carcasse de la croupe au groin, position antérieure, etc.). Cela permet par la suite de positionner correctement le support et les sondes de l’appareil. Au total, sept sondes sont fixées sur trois chariots. Deux d’entre elles sont insérées dans le jambon, trois dans la longe et deux autres dans la partie antérieure de la carcasse. Les différentes données sont ensuite enregistrées puis traitées. Cet appareil peut soutenir une cadence d’abattage variant de 360 à 400 carcasses/heure (Pomar *et al.*, 2009).

L’erreur de prédiction (en valeur absolue) de cet appareil est de 1,7 (Pomar *et al.*, 2009). Les erreurs de mesures peuvent survenir lorsque les couteaux de la sonde ne sont pas aiguisés correctement, la pression des sondes est non adéquate sur la carcasse ou bien si les sondes ne sont pas positionnées au bon endroit sur la carcasse (Pomar *et al.*, 2009).

3.3.2 Système ultrasonique

AUTOFOM (Danemark)

L’AUTOFOM a été développé dans les années 1990 au Danemark (Daumas, 2008b) et il a été lancé en 1994 (Carometec Food Technology, 2015a). C’est un scanner 3D, entièrement automatisé, qui analyse les images prises par une technologie ultrasonique avancée (Carometec Food Technology, 2015a; Dunn, 2004; Pomar *et al.*, 2009; Thomas, 2003). Ce système est basé sur la mesure de la vitesse de propagation des ultrasons, différente dans les tissus gras et maigres (Thomas, 2003). L’appareil est non invasif et sans contact avec la carcasse (Thomas, 2003).

L’AUTOFOM III est une demi-lune composée de 16 sondes ultrasons (Daumas, 1999; Daumas, 2008b; Pomar *et al.*, 2009) permettant de scanner le dos de l’animal puis d’estimer, par des équations spécifiques au type de porcs (IFIP, 2011). Une mesure est prise à tous les 5 mm sur la carcasse sur une longueur d’un mètre (Daumas, 1999; Pomar *et al.*, 2009). Un maximum de 3 200 mesures sont prises en quelques secondes par carcasse (Daumas, 1999; Dunn, 2004; Pomar *et al.*, 2009). De ces mesures, 127 variables sont extraites et utilisées pour prédire le

rendement en viande maigre de la carcasse entière et de différentes coupes. Les mesures doivent être prises sur une carcasse encore humidifiée (Daumas, 2008b; Pomar *et al.*, 2009).

L'équipement fournit une estimation du rendement en viande maigre de la carcasse entière mais aussi pour les quatre coupes primaires, soit le jambon, l'épaule, la longe et le flanc (Carometec Food Technology, 2015a; Henderson, 2016). Pour ces mêmes coupes, leur poids est également enregistré (Carometec Food Technology, 2015a). La mesure d'épaisseur de gras est mesurée à 7 cm de la ligne dorsale entre les 2^e et 3^e dernières côtes. Pour ce qui est de l'épaisseur du muscle, la mesure est prise au même endroit que pour le gras, mais sur le muscle de la longe (Henderson, 2016).

Ce système permet de classer 99,8 % des carcasses sur une chaîne d'abattage à grande vitesse, soit environ 1 500 carcasses/heure (Carometec Food Technology, 2015a). Dans le cas où un porc serait trop petit et que les sondes n'auraient pas un bon contact avec la carcasse, l'équipement ne sera pas en mesure d'évaluer l'animal.

L'erreur de prédiction (en valeur absolue) de cet appareil varie entre 1,58 et 2,02 (Daumas, 2008a, Pomar *et al.*, 2009). Des erreurs peuvent survenir si la carcasse tourne sur elle-même et qu'il y a perte de contact avec les transmetteurs (Pomar *et al.*, 2009).

3.3.3 Système visionique

Vision Carcass System 2000 - VCS 2000 (Allemagne)

Cette technologie, entièrement automatisée, repose sur la vision 2D et 3D de la carcasse (Daumas, 2008, Pomar *et al.*, 2009). Celle-ci est non invasive et il est possible de l'intégrer aux installations déjà existantes (e+V Technology⁶; Thomas, 2003). Elle est également complémentaire avec d'autres systèmes de classification. Erreur ! Signet non défini.

Ce système est muni de trois caméras permettant l'acquisition d'images de la carcasse (e+V Technology^{Erreur ! Signet non défini.}; Pomar *et al.*, 2009; Thomas, 2003). Deux caméras permettent de visualiser la partie intérieure de la carcasse et une autre la partie extérieure (Pomar *et al.*, 2009). Les mesures sont prises latéralement sur la demi-carcasse ainsi qu'au niveau du jambon. Erreur ! Signet non défini. Le traitement des images est effectué à l'aide d'un logiciel adapté (e+V Technology^{Erreur ! Signet non défini.}; Thomas, 2003). Ce dernier utilise les différentes mesures ayant été enregistrées par l'appareil afin de prédire le rendement en viande maigre (Pomar *et al.*, 2009). De plus, le rendement en viande et le poids pour différentes coupes (jambon, filet, flanc, épaule, côtes) sont des données disponibles avec ce système. Le traitement de l'information est immédiat. Il permet également l'établissement de critères en vue d'effectuer le tri des carcasses. Erreur ! Signet non défini.

L'erreur de prédiction (en valeur absolue) de cet appareil varie entre 1,81 et 2,19 (Daumas, 2008; Pomar *et al.*, 2009).

⁶ Source : <http://www.eplusv.de/start.htm>

CSB Image-Meater (Allemagne)

L'idée de départ consistait à automatiser la mesure de la méthode ZP (Zwei Punkt), méthode basée sur la mesure d'une épaisseur de gras et d'une épaisseur de muscle sur la fente de la carcasse (Blum *et al.*, 2014).

Le CSB Image-Meater est une solution visionique pour un classement objectif des carcasses (CSB-System, s.d.). L'appareil est utilisé dans plusieurs pays à travers le monde et il a été autorisé pour la première fois en France en avril 2008 (Daumas, 2008). Celui-ci est non invasif et est sans contact avec la carcasse (CSB-System, s.d.).

Il existe trois versions de l'appareil, soit manuel, semi-automatisé et entièrement automatisé. La version entièrement automatisée est composée d'une caméra vidéo, d'un ordinateur, d'un écran, d'une imprimante, d'un mécanisme de commande et d'un mécanisme de coordination de la vitesse (Blum *et al.*, 2004, Daumas, 2008). La caméra prend différentes prises de vue de la carcasse (CSB-System, s.d., CSB-System International, 2010). Celles-ci sont prises au niveau de la zone lombaire de la fente de la demi-carcasse à la jonction entre le jambon et la longe (Blum *et al.*, 2004). Seize variables sont ensuite extraites de chaque image : 8 épaisseurs de gras sous-cutané, 6 épaisseurs de muscle et deux longueurs (Blum *et al.*, 2004; Engel *et al.*, 2012; IFIP, 2015; Lambooij *et al.*, 2011) Des mesures supplémentaires au niveau de la zone lombaire et de l'échine permettent de déterminer la valeur commerciale des pièces primaires (jambon, épaule, poitrine, échine) et d'obtenir un rendement de découpe optimal des carcasses. Les images sont par la suite enregistrées tout en étant affectées à son numéro de tatouage. Celles-ci sont analysées puis finalement archivées (CSB-System, s.d.; CSB-System International, 2010). Le rendement en viande maigre de la carcasse ainsi que des coupes nobles est estimé à l'aide du CSB Image-Meater. De plus, il est en mesure d'estimer le poids des coupes primaires (CSB-System International, 2010).

La cadence maximale de classement est de 1 500 carcasse/heure (CSB-System, s.d.). Le CSB Image-Meater permet une automatisation à un coût raisonnable (CSB-System, s.d.; Daumas, 2008). Le classement des truies est possible avec cet appareil (CSB-System, s.d.).

L'erreur de prédiction (en valeur absolue) de l'appareil est de 2,20. L'automatisation avec un système de caméras peut être moins précis, mais l'apport de quelques épaisseurs supplémentaires peut compenser cette perte de précision (Daumas, 2008).

Tableau 3 : Erreur de prédiction d'équipements entièrement automatisés

Technologie	Paramètres mesurés	Pays de l'étude	Erreur de prédiction	Référence
<i>Système optique</i>				
<i>Danish Classification Center</i>	Évaluation de la carcasse entière	Danemark	1,70	Buska <i>et al.</i> , 1999
<i>Système ultrasonique</i>				
<i>AUTOFOM</i>	Épaisseurs de gras et de muscle, 4 coupes (jambon, épaule, longe et flanc)	Allemagne	1,58	Brondum <i>et al.</i> , 1998
			1,80	Adapté de Branshied <i>et al.</i> , 2004 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
			1,83	Brondum et Jensen, 1996 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
		Canada	1,68	Fortin <i>et al.</i> , 2004; Fortin <i>et al.</i> , 2005
			1,80	Jones, 1996
		États-Unis	1,70	Brondum <i>et al.</i> , 1998
		Danemark	1,84	Brondum <i>et al.</i> , 1998
			1,94	Brondum et Jensen, 1996 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
		Pologne	2,0	Strzelecki et al, 1998 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
		Espagne	2,02	Gispert et al, 2002 cité par Pomar <i>et al.</i> , 2009
		France	2,03	Daumas, 2008

Technologie	Paramètres mesurés	Pays de l'étude	Erreur de prédiction	Référence
<i>Système visionique</i>				
<i>Vision System Carcass 2000</i>	Épaisseurs de gras et de muscle et poids des coupes (jambon, filet, flanc, épaule, côtes)	Canada	1,81-2,04	McClure <i>et al.</i> , 2003
		France	1,98	Daumas, 2008
		Pays-Bas	2,19	Engel <i>et al.</i> , 2006
<i>CSB Image-Meater</i>	Épaisseurs de gras et de muscle, valeur commerciale de 4 coupes (jambon, épaule, poitrine et échine)	France	2,20	Daumas, 2008

Source : Adapté de Pomar *et al.*, 2009.

3.4 Technologies de référence

Ces technologies sont utilisées comme outil de référence en remplacement de la dissection. Ils sont utilisés dans un cadre de recherche et non en conditions industrielles.

Total Body Electrical Conductivity-TOBEC (États-Unis)

Cet équipement, introduit dans les années 70 (Daumas, 1999), est entièrement automatisé et mesure l'absorption d'énergie électrique issue d'un champ électromagnétique par la carcasse ou une coupe. Le TOBEC consiste en un tunnel entouré par un solénoïde qui induit un champ électromagnétique à basse énergie quand un courant de 2,5 Mhz le traverse (Daumas, 1999; Forrest, 1995). Des détecteurs mesurent l'absorption d'énergie et une courbe est retranscrite sur un écran (Daumas, 1999). Puisque le contenu en eau est différent dans le muscle et le gras de la carcasse, la conductivité diffère selon la composition des tissus (Daumas, 1999; Forrest, 1995; Ojha *et al.*, 2016; Pomar *et al.*, 2009). Par exemple, le muscle présente une conductivité élevée, car il contient beaucoup d'eau et des ions sodium et potassium (Daumas, 1999). Quant à eux, le gras et les os présentent une conductivité faible (Daumas, 1999).

Selon Berg *et al.* (2002), cet équipement semble fiable et efficace pour estimer la composition corporelle de la carcasse. De plus, il permet de déterminer le contenu en viande maigre de la carcasse ainsi que du jambon, de la longe et de l'épaule. Idéalement, la carcasse doit être analysée lorsqu'elle est chaude (avant le *rigor mortis*) puisque sa température est relativement stable et que l'usage d'équation de prédiction n'est pas nécessaire dans ces conditions. (Pomar *et al.*, 2009)

L'erreur de prédiction (en valeur absolue) de cet appareil varie entre 0,81 et 2,3. Les erreurs peuvent être associées à une humidité ambiante et/ou de la carcasse élevée (Daumas, 1999; Pomar *et al.*, 2009) et de l'orientation de la carcasse dans le tunnel (Daumas, 1999).

Tomographe

Cette technologie est utilisée en médecine en tant qu'outil de diagnostic depuis une trentaine d'années (Daumas et Monziols, 2008; Monziols et Hémonic, 2011). Le tomographe est un scanner à rayons X de nature non invasive (Monziols, 2014a; Monziols, 2014b; Pomar *et al.*, 2009; Vester-Christensen *et al.*, 2009). Cet équipement permet de reconstruire des images en 3D (niveaux de gris) basées sur les différences de densités entre les tissus (tomodensitométrie) et d'en mesurer ensuite les proportions par analyse d'images (Daumas et Monziols, 2008; Font i Furnols *et al.*, 2015; Forrest, 1995; Monziols et Hémonic, 2011). Les tissus de faible densité (comme les tissus gras) auront un signal plus faible (foncé) que les tissus de fortes densités comme les os. Ce type de traitement est adapté pour les images de carcasses. Les trois principaux tissus sont l'os, le gras et le muscle et ils couvrent trois gammes de niveaux de gris aisément séparables sur une image (Monziols et Hémonic, 2011).

Le tomographe permet de mesurer la composition corporelle des carcasses notamment la teneur en muscle des carcasses et des pièces de découpes (Daumas et Monziols, 2008; Monziols, 2014a; Monziols et Hémonic, 2011). Il permet également de quantifier le tissu sur la carcasse (ex. : comparaison de l'alimentation ou du sexe) ainsi que sur les pièces de découpe (qualité des pièces) (Monziols, 2014a). Cet équipement permet également de mesurer la composition corporelle chez l'animal vivant (Daumas et Monziols, 2008; Monziols et Hémonic, 2011; Monziols, 2014a). Contrairement à l'humain, ce type de mesures doit être réalisé sous anesthésie chez l'animal puisque tout mouvement de celui-ci affecte les images produites (Monziols, 2014a; Monziols et Hémonic, 2011). Par la suite, l'animal doit être immobilisé dans un dispositif lui assurant une position reproductible pour la prise d'images, et ce, tout en respectant son confort et son bien-être. Puis, les données sont enregistrées (Monziols et Hémonic, 2011).

L'utilisation de cette technologie chez l'animal vivant peut servir à l'analyse de la courbe de croissance des différents tissus à divers stades (ex. : effet de l'alimentation) ou pour anticiper la composition corporelle à l'abattage (ex. : sélection de reproducteurs) (Monziols et Hémonic, 2011; Monziols, 2014a; Monziols, 2014b). Cela ouvre de larges perspectives que ce soit pour l'amélioration génétique ou pour étudier les effets de facteurs d'élevage sur la mise en place des tissus (Monziols et Hémonic, 2011). En effet, les applications sont multiples que ce soit en génétique, en alimentation ou même en santé animale (Monziols, 2014a).

Ce scanner à rayons X peut balayer une demi-carcasse en moins de 5 minutes et la cadence est d'environ 40/jour (Monziols, 2014b). Cette méthode est trop lente et complexe pour être utilisée sur une chaîne d'abattage (Cross et Belk, 1994; Font-i-Furnols et Gispert, 2009; Pomar *et al.*, 2009), mais elle peut être utile lorsque des travaux impliquent des analyses d'un nombre relativement élevé de carcasses (Monziols, 2014b). Par ailleurs, cet équipement peut servir au développement de nouveaux systèmes de classement (Pomar *et al.*, 2009) ou pour une calibration périodique d'équipements (Pomar *et al.*, 2009; Vester-Christensen *et al.*, 2009).

Il y a moins de 1 % d'écart entre les résultats issus du tomographe comparativement à ceux issus de la dissection pour quatre pièces de viande (longe, épaule, poitrine et jambon) (Monziols, 2014b). Une autre étude dénote une erreur de 0,5 % par rapport à la dissection (Monziols, 2014a) alors qu'une autre indique que l'erreur du tomographe n'est pas plus élevée que celle de la dissection (IFIP, 2011; Romvari *et al.*, 2006). Le tomographe serait l'appareil le plus précis, suivi par la technologie de l'imagerie par résonance magnétique et le DXA (Scholz *et al.*, 2015).

Toutefois, il est plus facile de standardiser une méthode d'évaluation du rendement en maigre avec le tomographe comparativement à la dissection, où l'aspect humain est toujours présent (Romvari *et al.*, 2006).

L'imagerie par résonnance magnétique (IRM)

L'imagerie par résonnance magnétique (IRM) est l'un des plus puissants outils de diagnostic de la médecine moderne. Le principe repose sur la création d'un champ magnétique combinée à l'émission d'ondes radiofréquences permettant la création d'images de la carcasse en deux ou trois dimensions (Forrest, 1995; Ojha *et al.*, 2016; Pomar *et al.*, 2009). La distinction des divers tissus est possible grâce à des différences de contrastes entre ceux-ci sur les images produites (Collewet, *et al.* 2005; Pomar *et al.*, 2009). Cette technologie est non invasive donc sans dépréciation de la carcasse (Collewet, *et al.* 2005; Pomar *et al.*, 2009).

L'IRM est rarement utilisé en recherche animale donc l'information disponible dans ce secteur est plus limitée (Pomar *et al.*, 2009). Toutefois, cette méthode est aussi précise que la dissection, et ce, tout en conservant la carcasse intacte (Collewet, *et al.* 2005; Pomar *et al.*, 2009). Cette technologie peut être utilisée pour développer de nouveaux systèmes de classement ou pour calibrer périodiquement des équipements (Collewet, *et al.* 2005; Pomar *et al.*, 2009). Mais celle-ci peut également classer les carcasses (Collewet, *et al.* 2005). Pour ce faire, la carcasse doit être froide (environ 5°C) pour des raisons sanitaires et pour éviter des pertes en eau. Le traitement des données permet d'obtenir le volume total de muscle et le pourcentage de rendement de viande maigre de la carcasse (Collewet, *et al.* 2005). Cette méthode est toutefois trop lente et complexe pour être utilisée sur la ligne d'abattage (Cross et Belk, 1994; Forrest, 1995; Pomar *et al.*, 2009).

La corrélation de cet équipement oscille entre 0,9 et 1,0 (Thomas, 2003).

Dual energy X-ray Absorptiometry (DXA)

Le DXA est une technique alternative utilisée avec succès pour prédire la composition chimique de la carcasse, mais également des porcs vivants vu sa nature non invasive (Soladoye *et al.*, 2016). Celle-ci permet également de prédire la composition des tissus disséqués chez les espèces porcine et ovine. Cette technologie est basée sur la mesure de l'atténuation des rayons X lorsqu'ils traversent un corps vivant ou une carcasse (Scholz *et al.*, 2015). La différence de densité entre les tissus de l'animal ou de la carcasse permet la création d'images (Scholz *et al.*, 2015). Une fois que l'animal ou la carcasse est complètement scanné, les résultats sont disponibles (Scholz *et al.*, 2015). Dans le cas du DXA, deux niveaux différents d'énergie des rayons X sont appliqués comparativement à un seul pour le tomographe (Scholz *et al.*, 2015).

Cette technique est rapide, efficace, fiable et facile d'utilisation (Pomar *et al.*, 2009; Scholz *et al.*, 2015; Soladoye *et al.*, 2016). Le DXA est une méthode prometteuse pour estimer de façon indirecte la composition de la carcasse, ce qui permet d'éviter la dissection comme méthode de référence (Soladoye *et al.*, 2016). Certaines études ont mentionné le potentiel de cette technologie pour prédire le rendement en viande maigre de la carcasse (Pomar *et al.*, 2009; Soladoye *et al.*, 2016). Cette technologie, de par sa rapidité, pourrait être utilisée en génomique pour l'étude des caractères d'intérêt sur la carcasse (Soladoye *et al.*, 2016).

Découpage virtuel en trois dimensions (Vision 3D)

Le découpage virtuel en trois dimensions (vision 3D) permet d'obtenir avec précision le poids des coupes primaires ainsi que leur contenu en viande (Gendron, 2010). La qualité individuelle des coupes est évaluée et, par le fait même, leur valeur marchande (Gendron, 2010).

Une équipe du Centre de Recherche et de Développement de Sherbrooke travaille actuellement à mettre au point une technologie intégrant l'imagerie 3D pour évaluer la qualité des carcasses de porc. En fait, il sera possible d'obtenir avec précision le poids des coupes primaires et commerciales, leur contenu en viande et, par le fait même, leur valeur marchande. Ces données seront obtenues à partir de la numérisation des carcasses et l'obtention de leur modèle en trois dimensions. Les carcasses ne seront pas altérées par l'outil. Celui-ci se veut un outil de prise de décision rapide, facile et précis pour les divers aspects entourant la production (génétique, alimentation, conduite d'élevage, etc.) pouvant influencer la qualité du produit final (Marcoux, 2017, communication personnelle).

Tableau 4 : Erreur de prédiction d'une technologie de référence

Technologie	Paramètres mesurés	Pays de l'étude	Erreur de prédiction	Référence
TOBEC	Contenu en viande maigre de la carcasse ainsi que du jambon, de la longe et de l'épaule	États-Unis	0,81	Higbie <i>et al.</i> , 2002
			1,59	Berg <i>et al.</i> , 1994
		Irlande	2,3	Allen et McGeehin, 2001

Source : Adapté de Pomar *et al.*, 2009.

4 Technologies disponibles pour l'évaluation de la qualité de la viande

Plusieurs technologies ont été développées en considérant l'intérêt pour l'évaluation, non seulement du rendement en viande mais également pour certains critères de qualité de la viande et de la carcasse.

4.1 Indice d'iode et des acides gras

NitFom (Danemark)

Cet appareil permet une analyse qualitative instantanée directement sur la ligne d'abattage de l'indice d'iode et des acides gras (Carometec Food Technology, 2015b; Christensen *et al.*, 2016). La composition chimique du gras de porc a un impact sur plusieurs caractéristiques de qualité importantes pour l'industrie. En effet, la teneur en acides gras saturés et insaturés affecte la texture du gras, sa couleur ainsi que la durée de vie du produit. Si la teneur est élevée en acides gras polyinsaturés, le gras est mou, jaune et plus facilement sujet à l'oxydation. La texture molle induit une mauvaise qualité technologique, car il y a une réduction des rendements de coupe et de tranchage (bacon, saucisses) et cela affecte la durée de vie du produit (Christensen *et al.*, 2016).

Le NitFom repose sur le principe de la spectroscopie par transmission infrarouge associée à une modélisation chimio-métrique très pointue (Carometec Food Technology, 2015b). Celui-ci permet donc d'évaluer la qualité de la matière grasse de la carcasse. Cette évaluation permet à l'abattoir de procéder à un tri préliminaire des carcasses pour des formules de découpes optimales. De plus, il permet de gérer et de contrôler la qualité des graisses de par l'alimentation (Carometec Food Technology, 2015b, Andersen, 2016, communication personnelle). Cette technologie invasive (Carometec Food Technology, 2015b) est faite de deux sondes en acier inoxydable comprises dans un boîtier d'une dimension de 12X8X6 et pesant 12 kg (Carometec Food Technology, 2015b; Christensen *et al.*, 2016). La pointe de chacune des sondes pénètre 3 cm dans la carcasse à travers la peau de l'animal (Christensen *et al.*, 2016). La mesure est prise sur la carcasse au niveau du cou de l'animal (à 7 cm de la ligne de découpe) environ 30 minutes après la mise à mort (Christensen *et al.*, 2016). Des spectres sont enregistrés à plusieurs profondeurs et un algorithme intégré facilite la différenciation des tissus. Seuls les spectres enregistrés dans les tissus serviront à déterminer la teneur en acides gras et d'iode de la carcasse (Christensen *et al.*, 2016). Des modèles de prévision ont été développés à la fois pour des échantillons chauds et froids, ce qui permet une estimation précoce de l'indice d'iode juste après l'abattage ainsi que des échantillons froids après la découpe primaire (Christensen *et al.*, 2016).

Le cycle de mesure du NitFom est d'environ 3 secondes (Carometec Food Technology, 2015b; Christensen *et al.*, 2016), ce qui lui permet d'être opérationnel sur la ligne d'abattage (Christensen *et al.*, 2016) et ce, à une cadence allant jusqu'à 1 200 carcasses/heure pour l'évaluation de la teneur en iode (Carometec Food Technology, 2015b; Christensen *et al.*, 2016). L'appareil tolère des températures variantes entre 0 et 70°C ; le capteur de la sonde tolère toutefois des températures jusqu'à 40°C.

Selon Carometec Food Technology (2015b), la précision de l'appareil est extrêmement élevée pour l'indice d'iode, soit 1,5 (en valeur absolue). Christensen *et al.* (2016) rapporte également qu'il est particulièrement précis pour les acides gras saturés et polyinsaturés.

4.2 Évaluation du pH de la viande

pH*K21 (Danemark)

Le pH*K21 permet de mesurer précisément et rapidement le pH de la viande en conditions d'abattage. Pour ce qui est de la couleur, un outil de vision pour caractériser les carcasses de bœuf est disponible, soit le BCC-2.1. Cet outil pourrait être adapté à l'espèce porcine au besoin (site Carometec).

4.3 Évaluation entièrement automatisée d'indicateurs de bien-être animal (Allemagne)

PigInspector 360

Un appareil entièrement automatisé permet l'évaluation des certains indicateurs de bien-être des porcs sur la chaîne d'abattage. Des caméras sont installées à divers endroits sur le convoyeur puis les images sont enregistrées et finalement analysées. Cette technologie permet une évaluation objective et individuelle des porcs ; la carcasse complète est couverte par les caméras. Différents indicateurs sont évalués soit : l'épaisseur et les points de compressions des articulations, les nécrose de la queue et de la bordure de l'oreille, la longueur de la queue et le sexage (optionnel). L'interface est facile d'utilisation et adaptable à différentes conditions dans les abattoirs. Il est possible de visualiser les images en temps réel et un rapport automatisé détaillé est produit (CLK GmbH, s.d.).

4.4 Spectroscopie proche infrarouge

La spectroscopie proche infrarouge est une technologie sensible, rapide et non invasive démontrant un potentiel pour le classement des porcs d'après des facteurs de production et des stratégies post-mortem (Prieto *et al.*, 2015). Une étude menée par le Lacombe Research & Development Centre a permis de démontrer le potentiel de la spectroscopie proche infrarouge, mesurée post-mortem sur les oreilles des porcs, pour classer les carcasses selon différents critères de qualité tels que le contenu en tissus adipeux et en acides gras (Pietro *et al.*, s.d.). L'application de cette technologie à l'oreille, mais cette fois chez des porcs vivants, pourrait mener à diverses applications telles que la réduction de la variabilité dans les systèmes de production de type « tout-plein-tout-vide » (envoi des porcs à l'abattoir pour différents marchés, gestion de l'alimentation, etc.) (Prieto *et al.*, 2015). Ces résultats sont préliminaires, mais démontrent un potentiel certain.

4.5 Scanner 3-D

L'analyse d'images par ordinateur reçoit de plus en plus d'attention de la part de l'industrie agroalimentaire. Avec l'arrivée d'ordinateurs plus puissants et robustes et la disponibilité de scanner 3-D peu coûteux, leur utilisation pourrait bien être plus fréquente dans ce secteur (Adamczak *et al.*, 2015). D'après une étude, il serait possible d'utiliser un scanner 3-D pour déterminer le contenu en eau, en protéines et en gras de la viande de porc (Adamczak *et al.*, 2015). Toutefois, leur utilisation dans le milieu industriel nécessiterait des études supplémentaires notamment avec un plus grand nombre d'échantillons de compositions chimiques différentes. Il pourrait en résulter le développement d'équations de régression optimales et de l'obtention de coefficients de régression plus élevés (Adamczak *et al.*, 2015). Le scanner 3-D pourrait donc permettre d'évaluer rapidement et de façon non-invasive la composition chimique de la viande sur la ligne d'abattage ainsi que sur la ligne de découpe (Adamczak *et al.*, 2015).

5 Conclusion

Les technologies disponibles sur le marché pour effectuer le classement ont grandement évolué au cours des 20 dernières années. Quoiqu'en encore utilisé aujourd'hui dans des abattoirs de petit volume, les équipements manuels ont été remplacés au fil du temps par des équipements semi-automatisés. Ceux-ci ont permis de réduire l'impact de l'opérateur sur la prise de mesures. Par contre, cet objectif n'a pas été complètement atteint, puisque l'appareil doit quand même être positionné correctement sur le site de mesure par un opérateur. Dans l'optique d'éliminer complètement l'effet de l'opérateur sur les prises de mesures, des appareils entièrement automatisés ont été développés. Par contre, afin de minimiser les risques d'erreurs reliés aux appareils eux-mêmes, ceux-ci doivent être testés périodiquement afin de s'assurer qu'ils sont bien calibrés et qu'ils fonctionnent adéquatement. L'utilisation des équipements entièrement automatisés est préconisée dans des installations ayant un important volume d'abattage. Dans le contexte actuel des abattoirs, les équipements doivent être en mesure de soutenir une cadence d'abattage assez soutenue.

Une évaluation adéquate et précise des carcasses devrait permettre non seulement le juste paiement aux producteurs, mais également une évaluation plus complète notamment en ce qui concerne les critères de qualité et de composition de la carcasse.

6 Références

- Adamczak, L., Chmiel, M., Florowski, T., Pietrzak, D., Witkowski, M. et T. Barczak. 2015. A Potential Use of 3-D Scanning to Evaluate the Chemical Composition of Pork Meat. *Journal of Food Science*, 80(7) : E1506-E1511.
- Allen, P. et B. McGeehin. 2001. Measuring the Lean Content of Carcasses using TOBEC. Teagasc, Final report, Project Armis, No. 4054, 19 p.
- Berg, E.P., Asfaw, A. et M.R. Ellersieck. 2002. Predicting pork carcass and primal lean content from electromagnetic scans. *Meat Science* 60 (2002) 133–139.
- Berg, E.P., Forrest, J.C. et J.E. Fisher. 1994. Electromagnetic Scanning of Pork Carcasses in an On-Line Industrial Configuration. *Journal of Animal science*, 72 : 2642-2652.
- Biotronics Inc. S.d. BioQscan® pork carcass grading system. [En ligne]. <http://www.biotronics-inc.com/biogscan.htm>
- Blum, Y., Monziols, M., Causeur, D. et G. Daumas. 2014. Recalibrage de la principale méthode de classement des carcasses de porcs en France. *Journées de la Recherche Porcine*, 46 : 39-44.
- Brondum, J., Egebo, M., Agerskov, C. et H. Busk. 1998. On-Line Pork Carcass Grading with the Autofom Ultrasound System. *Journal of Animal Science*, 76 : 1859-1868.
- Buska, H., Olsen, E.V. et J. Brundum. 1999. Determination of lean meat in pig carcasses with the Autofom classification system. *Meat Science*, 52 : 307-314.
- Carometec Food Technology. 2015a. AutoFom III. Fully Automatic Ultrasonic Carcass Grading. [En ligne]. http://www.carometec.com/images/zoo/pdf/brochures/AutoFom-III_English.pdf
- Carometec Food Technology. 2015b. NitFom™. Analyse instantanée en ligne de l'indice d'iode et des acides gras.
- Christensen, M., Pieper, T. et T. Lauridsen. 2016. NitFom™ - Evaluation en ligne rapide de la qualité du gras de porc. Carometec Food Technology.
- CLK GmbH. S.d. Automated evaluation of animal welfare indicators for slaughter pigs.
- Collewet, G., Bogner, P., Allen, P., Busk, H., Dobrowolski, A., Olsen, E. et A. Davenel. 2005. Determination of the lean meat percentage of pig carcasses using magnetic resonance imaging. *Meat Science*, 70 : 563-572.
- Cross, H.R. et K.E. Belk. 1994. Objective Measurements of Carcass and Meat Quality. *Meat Science*, 36 : 191-202.
- CSB-System International. 2010. Classement des carcasses de porcs avec le CSB-Image-Meater®. Analyse exacte des images pour une valeur ajoutée optimale.

CSB-System. S.d. Classement des carcasses de porcs avec le CSB-Image-Meater®. [En ligne]. http://www.csb-system.com/ch/fr/secteurs/agroalimentaire/produits_carn_s/csb_image_meater.1366.html

Daumas, G. 2008a. La visionique désormais autorisée en France pour le classement des carcasses : avec le CSB Image-Meater. *Techni Porc*, 31(3) : 13-14.

Daumas, G. 2008b. L'Autofom : premier appareil automatique de classement autorisé en France. *Techni Porc*, 31(1) : 13-14.

Daumas, G. 2006. Les nouvelles modalités de classement des porcs. *Techni Porc*, 29(6) : 23-26.

Daumas, G. 2001. Non-electronic techniques to classify pig carcasses in small slaughterhouses. Second International Virtual Conference on Pork Quality, November, 05 to December, 06.

Daumas, G. 1999. Classification des carcasses de porcs : principes, résultats, perspectives. *Techni Porc*, 22(2) : 35-42.

Daumas, G. et M. Monziols. 2011. Comparison between computed tomography and dissection for calibrating pig classification methods. 57th ICMST, 7-12 August, Ghent-Belgium.

Daumas, G. et M. Monziols. 2008. Un scanner à rayons X au service de la filière. *Techni Porc*, 31(4) : 9-14.

Dunn, N. 2004. Danes buy into promising British market. *Pig Progress*, 20(5): 29-31.

Engel, B., Lambooij, E., Buist, W.G. et P. Vereijken. 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 Science*, (90) : 338-344.

Engel, B., Lambooij, E., Buist, W.G., Reimert, H. et G. Mateman. 2006. Prediction of the percentage lean of pig carcasses with a small or a large number of instrumental carcass measurements – an illustration with HGP and Vision. *Animal Science*, 82 : 919-928.

Font I Furnols, M., Carabus, A., Pomar, C. et M. Gispert. 2015. Estimation of carcass composition and cut composition from computed tomography images of live growing pigs of different genotypes. *Animal*, 9(1) : 166-178.

Font I Furnols, M. et M. Gispert. 2009. Comparison of different devices for predicting the lean meat percentage of pig carcasses. *Meat Science*, 83 : 443-446.

Font i Furnols, M., Engel, B. et M. Gispert. 2004. Short communication. Validation of the Spanish equation to predict the lean meat percentage of pig carcasses with the Fat-O-Meat'er. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2(4) : 545-549.

Fortin, A., Tong, A.K.W. et W.M. Robertson. 2005. Comparaison de différentes sondes à ultrasons pour la prédiction du rendement boucher. *Journées de la Recherche Porcine*, 37 : 165-170.

Fortin, A., Tong, A.K.W. et W.M. Robertson. 2004. Evaluation of three ultrasound instruments, CVT-2, UltraFom 300 and AutoFom for predicting salable meat yield and weight of lean in the primals of pork carcasses. *Meat Science*, 68 : 537-549.

Fortin, A., Tong, A.K.W. et W.M. Robertson. 2003a. Canadian pork carcass grading: the Hennessy HGP-2 and Destron PG-100 grading probes: 10 years later. *Advances in Pork Production*, 14: Abstract #24.

Fortin, A., Tong, A.K.W., Robertson, W.M., Zawadski, S.M., Landry, S.J., Robinson, D.J., Liu, T. et R.J. Mockford. 2003b. A novel approach to grading pork carcasses: computer vision and Ultrasound. *Meat Science*, 63 : 451-462.

Forrest, J.C. 1995. New techniques for estimation of carcass composition. Dans: *Quality and Grading of Carcasses of Meat Animals*. Chapter 7, p. 157-171.

Gaureanu, M.E., Stanciu, M.A. et M. Laba. 2014. Pig carcass classification in Romania: a dissection trial for the approval of the “fat-o-meat’er” and of the “optigrade-pro” equipment. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 14(4) : 99-106.

Gendron, A. 2010. Système d’évaluation de la qualité des carcasses. Évaluer la qualité des découpes avec précision. *Porc Québec*, Janvier : 35-36.

Giles, L.R. 1983. A Comparison of the Optical Intrascopes, the Hennessy & Chong Fat Depth Indicator and the Danish MFA Probe to Predict Pig Carcass Backfat Thickness. *Meat Science*, 8 : 33-40.

Henderson, H. 2016. AutoFom III™ Note d’application. Carometec Food Technology.

Higbie, A.D., Bidner, T.D., Matthews, J.O., Southern, L.L., Page, T.G., Persica, M.A., Sanders, M.B. et C.J. Monlezun. 2002. Prediction of swine carcass composition by total body electrical conductivity (TOBEC). *Journal of Animal science*, 80(1) : 113-122.

IFIP. 2015. Exploitation des données de l’Image Meater pour la sélection génétique. Bilan d’activité de l’IFIP-Institut du porc. En ligne]. http://www.ifip.asso.fr/sites/default/files/pdf-documentations/fiche_bilan2015_027.pdf

IFIP. 2014. La qualité des carcasses et des viandes. *Mémento Qualité*, p. 284.

IFIP. 2011. Méthodes de classement des carcasses. Bilan d’activité de l’IFIP-Institut du porc. [En ligne]. <http://www.ifip.asso.fr/sites/default/files/pdf-documentations/60-11-daumas.pdf>

Johnson, R.K., Berg, E.P., Goodwin, R., Mabry, J.W., Miller, R.K., Robison, O.W., Sellers, H. et M.D. Tokach. 2004. Evaluation of procedures to predict fat-free lean in swine carcasses. *Journal of Animal Science*, 82(8) : 2428-2441.

Jones, S.D.M. 1996. The Canadian Pork Carcass Grading System and the 1992 National Carcass Cut Out. [En ligne]. <http://www.nsif.com/conferences/1996/jones.htm>

Knecht, D., Duzinski, K. et D. Lisiak. 2016. Accuracy of estimating the technological and economic value of pig carcass primal cuts with an optical-needle device. *Canadian Journal of Animal Science*, 96 : 37-44.

Lambooi, B., Engel, B., Buist, W. et P. Vereijken. 2011. An application for a dissection trial for approval of lean meat equations for the HGP-probe7, CGM and CSB-system in the Netherlands in accordance with the EU reference dissection method. Dans: Lean meat equation for the Hennessy Grading Probe (HGP7), Capteur Gras/Maigre-Sydel (CGM and CSB-Image-Meater (CSB). Wageningen : Livestock Research, Rapport 478, p. 12-14.

McClure, E.K., Scanga, J.A., Belk, K.E. et G.C. Smith. 2003. Evaluation of the E+V video image analysis system as a predictor of pork carcass meat yield. *Journal of Animal Science*, 81 : 1193-1201.

Monziols, M. 2014a. L'outil tomographe au service de la filière porcine. Les Matinales de l'IFIP, 19 p.

Monziols, M. 2014b. Le scanner à rayons x scrute les carcasses. *Techni Porc*, 15 : 32.33.

Monziols, M. et A. Hémonic. 2011. Mise au point d'une mesure de la teneur en muscle par tomographie RX in vivo. *Techni Porc*, 34(4) : 27-32.

Ojha, K.S., Tiwari, B.K., Kerry, J.P. et P.J. Cullen. 2016. Online meat quality and compositional assessment techniques. Dans: *Emerging Technologies in Meat Processing: Production, Processing and Technology*. Chapter 14.

Pomar, C. et M. Marcoux. 2014. Pork carcass classification and grading in Canada. *Agriculture et agroalimentaire Canada*. [En ligne]. http://www.cmc-cvc.com/sites/default/files/files/1_%20CPomar%20-%20Pork%20carcass%20evaluation%20and%20grading-2.pdf

Pomar, C., Marcoux, M., Gispert, M., Font i Furnols, M. et G. Daumas. 2009. Determining the lean content of pork carcasses. Dans: *Improving the Sensory and Nutritional Quality of Fresh Meat*, p.493-518.

Pomar, C. et M. Marcoux. 2005. The accuracy of measuring backfat and loin muscle thicknesses on pork carcasses by the Hennessy HGP2, Destron PG-100, CGM and ultrasound CVT grading probes. *Canadian Journal of Animal Science*, 85 : 481-492.

Pomar, C. et M. Marcoux. 2003. Comparing the Canadian pork lean yields and grading indexes predicted from grading methods based on Destron and Hennessy probe measurements. *Canadian Journal of Animal Science*, 83 : 451-458.

Pomar, C., Fortin, A. et M. Marcoux. 2001. Estimation du rendement boucher et de la teneur en viande maigre (TVM) des carcasses de porc à l'aide de différentes méthodologies de mesure de l'épaisseur de gras et du muscle dorsal. *Journées de la Recherche Porcine*, 33 : 71-77.

Prieto, N., Juarez, M., Dugan, M.E.R., Lopez-Campos, O., Zijlstra, R.T. et J.L. Aahus. 2015. Could near infrared spectra of ears be used to classify carcass composition in pigs? *NIR News*, 26(8) : 4-6.

Prieto, N., Juarez, M., Sullivan, B., Maignel, L., Dugan, M.E.R., Zijlstra, R.T. et J.L. Aahus. S.d. The potential for near infrared spectroscopy on ears to classify pigs based on carcass and fat composition.

Romvari, R., Dobrowolski, A., Repa, I., Allen, P., Olsen, E., Szabo, A. et P. Horn. 2006. Development of a computed tomographic calibration method for the determination of lean meat content in pig carcasses. *Acta Veterinaria Hungarica*, 54 (1) : 1-10.

Scholz, A.M., Bünger, L., Kongsro, J., Baulain, U. et A.D. Mitchell. 2015. Non-invasive methods for the determination of body and carcass composition in livestock: dual-energy X-ray absorptiometry, computed tomography, magnetic resonance imaging and ultrasound: invited review. *Animal*, 9(7) : 1250-1264.

Soladoye, O.P., Lopez Campos, O., Aalhus, J.L., Gariépy, C., Shand, P. et M. Juarez. 2016. Accuracy of dual energy X-ray absorptiometry (DXA) in assessing carcass composition from different pig populations. 2016. *Meat Science*, 121 : 310–316.

Sprysl, M., Cítek, J., Stupka, R., Valis, L. et M. Vítek. 2007. The accuracy of FOM instrument used in on-line pig carcass classification in the Czech Republic. *Czech Journal of Animal Science*, 52(6) : 149-158.

Thomas, E. 2003. État d'engraissement des carcasses : Différentes méthodes de mesure. *Viandes et Produits Carnés*, 23(1) : 9-18.

Usborne, W.R., Menton, D. et I. McMillan. 1987. Evaluation of the destron pg-100 electronic probe for grading warm pork carcasses. *Canadian Journal of Animal Science*, 67 : 209-212.

Van Cauwenberghe, J.C. 2003. Capteur Gras/Maigre - Sydel (CGM). Annexe 2. A. [En ligne]. <https://wallex.wallonie.be/PdfLoader.php?linkpdf=34&mode=popup>

Vester-Christensen, M., Erbou, S.G., Hansen, M.F., Olsen, E.V., Christensen, L.B., Hviid, M., Ersbøll, B.K. et R. Larsen. 2009. Virtual dissection of pig carcasses. *Meat Science*, 81 : 699-704.

Vítek, M., Pulkrabek, J., Valis, L. et L. David. 2012. The prediction of lean meat content in pig carcasses before evisceration using the ufom-300 apparatus. *Research in pig breeding*, 6(1) : 4 p.

Wilson, D.E. 2015. Bioqscan® instrument grading system. [En ligne]. [http://www.biotronics-inc.com/BioQscan%C2%AE%20Grading%20System NPB 2015.pdf](http://www.biotronics-inc.com/BioQscan%C2%AE%20Grading%20System%20NPB%202015.pdf)



Centre de développement du porc du Québec inc.
Place de la Cité, tour Belle Cour
2590, boulevard Laurier, bureau 450
Québec (Québec) G1V 4M6

☎ 418 650-2440 • 📠 418 650-1626

cdpq@cdpq.ca • www.cdpq.ca

🐦 @cdpqinc

