

# Guide d'accréditation des mesures aux ultrasons chez l'ovine

15 février 2022



Auteure

Marie-Pierre Fortier, Responsable qualité

©Centre de développement du porc du Québec inc.  
Dépôt légal 2022  
Bibliothèque et Archives nationales du Québec  
Bibliothèque et Archives Canada  
ISBN 978-2-925175-02-5

## Équipe de réalisation

<b>Répondant</b>	Marie-Pierre Fortier, Responsable, Qualité des viandes et services techniques, Centre de développement du porc du Québec inc
<b>Direction scientifique</b>	Marie-Pierre Fortier, Responsable Qualité des viandes et services techniques, Centre de développement du porc du Québec inc
<b>Collaborateurs</b>	Catherine Element-Boulianne, Centre d'expertise en production ovine du Québec Léda Villeneuve, Centre d'expertise en production ovine du Québec Cathy Michaud, Société des Éleveurs de Moutons de Races Pures du Québec Johanne Cameron, Société des Éleveurs de Moutons de Races Pures du Québec Frédéric Fortin, Centre d'expertise en production ovine du Québec Alexandra Carrier, Centre de développement du porc du Québec inc Raymond Deshaies, Centre de développement du porc du Québec inc Mélanie Poulin, Centre de développement du porc du Québec inc Éric Ouellette, Centre de développement du porc du Québec inc Israël Michaud, Centre de développement du porc du Québec inc Marie-Claude L'Italien, Centre d'expertise en production ovine du Québec Marie-Claude Gariépy, Centre de développement du porc du Québec inc
<b>Rédaction</b>	Marie-Pierre Fortier, Responsable, Qualité des viandes et services techniques, Centre de développement du porc du Québec inc

## Remerciements

Ce projet est financé par l'entremise du Programme de développement sectoriel, en vertu du Partenariat canadien pour l'agriculture, entente conclue entre les gouvernements du Canada et du Québec, le Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ), le Centre d'expertise en production ovine du Québec (CEPOQ) et la Société des Éleveurs de Moutons de Race Pure du Québec (SEMRPQ). Les auteurs remercient également les producteurs participants pour leur généreuse collaboration.





## Préface

L'objectif principal de ce document est de présenter les procédures adéquates pour la prise de mesures aux ultrasons sur des agneaux vivants afin d'évaluer l'épaisseur de gras et de muscle.

Pour permettre des mesures le plus précis possible, un protocole bien particulier doit être respecté afin d'obtenir des résultats de qualité. Pour l'éleveur de race pure, les mesures aux ultrasons sont un outil précis pour mesurer et améliorer les caractéristiques de la carcasse en plus d'être une référence solide pour identifier les meilleures génétiques pour une croissance maigre.

Ce guide présente la technique appliquée au Québec permettant d'obtenir des images de qualité et standardisées pour l'évaluation de l'épaisseur de gras et de muscle chez l'agneau.

## Table des matières

1	Théorie des ultrasons.....	1
1.1	Le son.....	1
1.2	Émission et transmission du son.....	2
2	Évaluation génétique.....	4
	Recommandations pour enregistrer un animal dans le programme Genovis.....	4
3	Appareils et paramètres.....	5
3.1	Type d'appareils.....	5
3.1.1	Appareils non portables.....	5
3.1.2	Appareils portables.....	6
3.2	Type de transducteurs.....	7
3.3	Couplant.....	8
4	Technique de prise de mesures.....	9
4.1	Contention.....	9
4.2	Site de prise de mesures et repères sur l'image.....	9
4.3	Préparation du site.....	10
4.4	Positionnement de la sonde.....	11
5	Accréditation des techniciens.....	12
6	Bibliographie.....	13

## Liste des tableaux

Tableau 1	Vitesse du son à travers lors de son passage dans différents milieux .....	2
Tableau 2	Valeurs utilisées pour la validation des données utilisées par le programme GenOvis .....	4

## Liste des figures

Figure 1	Schématisation d'une onde sonore.....	1
Figure 2	L'Aloka.....	5
Figure 3	Appareil Exago .....	6
Figure 4	WED 3000 .....	6
Figure 5	L'appareil Vetko+ et Ultrascan 50 .....	7
Figure 6	Sonde linéaire standard utilisée pour la prise de mesures ultrasons chez l'ovin.....	8
Figure 7	Site de mesures permettant l'évaluation précise de l'épaisseur de gras et de muscle, situé entre la 3 <sup>e</sup> et 4 <sup>e</sup> vertèbre lombaire.....	9
Figure 8	Le site de mesures doit être rasé pour assurer un bon contact entre la peau de l'agneau et le transducteur.....	10
Figure 9	Image ultrason prise sur un agneau non-rasé (A) et image ultrason prise sur le même agneau une fois rasé (B). Les mesures ont été prise entre la 3 <sup>e</sup> et 4 <sup>e</sup> vertèbre lombaire. Une différence de 1 mm est observé entre les deux mesures.....	11



# 1 Théorie des ultrasons

En productions animales, la technologie aux ultrasons permet une mesure objective et non invasive de certaines caractéristiques de la carcasse, réalisée sur l'animal vivant (Daigle, 2002; Vann *et al.*, 2017). Le principe des mesures aux ultrasons est basé sur la modification d'une onde de haute fréquence induite lorsque celle-ci traverse les différents tissus. Une sonde, ou transducteur, est placée sur l'animal et est utilisée pour propager cette onde ultrasonique à travers les différents tissus. L'onde retourne ensuite vers la sonde qui capte et analyse l'écho et permet la lecture de la mesure (Balaban et Hampshire, 2001). Le temps requis par le signal pour se rendre aux différents tissus et revenir à la sonde permet de connaître la distance entre chacune des structures (Houghton et Turlington, 1992).

## 1.1 Le son

Un son est le résultat d'une vibration voyageant à travers un milieu, transmettant son énergie de façon successive aux particules de ce milieu (Daigle, 2002). Toutes les ondes sont générées de la même façon, mais la vibration des ondes ultrasons est beaucoup plus fréquente. Les ultrasons sont les sons dont la vitesse de vibration est supérieure à celle perceptible par l'oreille humaine et se situe au-delà de 16 000 Hz (Daigle, 2002; Amin et Wilson, 2004; University of Guelph, s.d.).

Le son présente plusieurs propriétés dont une fréquence, une amplitude et une longueur d'onde (Figure 1). L'amplitude correspond aux variations de pression de l'onde sonore et fait référence à l'intensité du son. Elle diminue avec la distance et il en résulte une perte progressive de l'intensité du son à mesure qu'il traverse les différents milieux. La longueur d'onde est la distance qui sépare deux points successifs et dépend de la vitesse de propagation des ultrasons, laquelle est variable selon les structures rencontrées. Elle est associée à une fréquence et diminue à mesure que la fréquence augmente (Amin et Wilson, 2004; Université de Montpellier, 2013). La fréquence est le nombre de vibrations passant un point donné dans une période de temps déterminée et est représentée par la distance entre la compression et la dépression de l'onde.

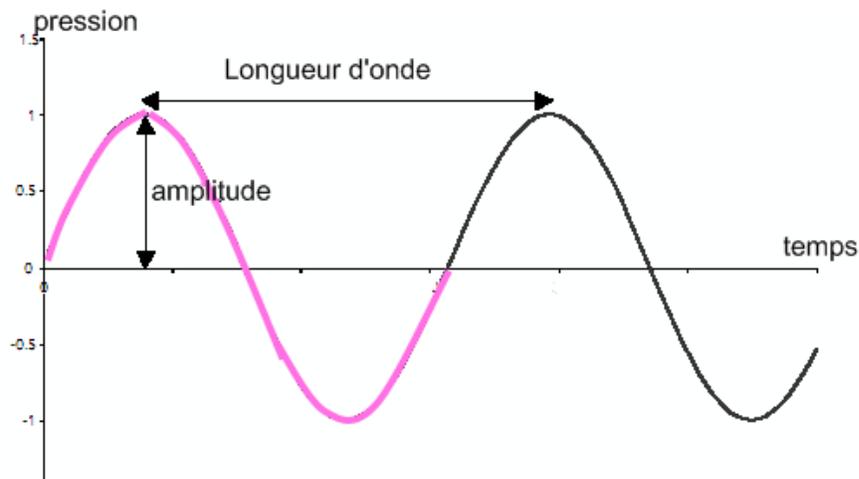


Figure 1 Schématisation d'une onde sonore

Le son voyage par vagues de compression et peut être réfléchi ou réfracté lorsqu'il passe d'un milieu à un autre. La différence de densité entre deux milieux et l'angle auquel le son rencontre l'interface entre ces milieux influence la quantité d'énergie qui sera réfléchi. Plus la différence de densité entre les milieux est grande, plus le son sera davantage réfléchi. Aussi, plus l'angle d'incidence se rapproche de 90°, plus la réflexion sera élevée (University of Guelph, s.d.). La vitesse du son définit la longueur d'onde et varie en fonction du milieu dans lequel il se déplace (Tableau 1). Lors du passage à travers différents milieux, certaines ondes sont réfléchies tandis que d'autres continuent de se propager (Amin et Wilson, 2004; Secrest, 2006).

**Tableau 1** Vitesse du son à travers lors de son passage dans différents milieux

Milieu	Vitesse du son (m/s)
Air	330
Eau	1 500
Gras	1 430
Muscle	1 620
Os	3 500

(Adapté de Amin et Wilson, 2004)

## 1.2 Émission et transmission du son

La mesure aux ultrasons nécessite l'utilisation d'un transducteur qui permet de convertir une énergie électrique en énergie mécanique c'est-à-dire, une onde électrique en onde acoustique et vice versa. Le transfert d'énergie utilise l'effet piézoélectrique. Le principe est basé sur le fait que, en appliquant un courant alternatif sur un cristal piézoélectrique, ce dernier se comprime et se décomprime alternativement en émettant un son dont la fréquence dépend des caractéristiques du cristal. Le même élément est utilisé pour transformer en courant électrique les ultrasons qui reviennent vers la sonde après avoir été réfléchis (mesure par réflexion). L'image est donc ainsi créée selon le principe impulsion-écho. La sonde produit des ondes en courtes impulsions et non en continu puisque les mêmes cristaux sont utilisés pour générer et recevoir des ondes sonores et qu'ils ne peuvent faire les deux actions simultanément (Topel et Kauffman, 1988; Secrest, 2006). Les transducteurs utilisés avec les appareils ultrasons sont généralement des céramiques polarisées ou des cristaux de quartz qui ont cette capacité de changer de forme lorsqu'ils sont soumis à des vibrations. Ce sont ces vibrations qui produisent le faisceau d'ultrasons. La fréquence des ondes ultrasonores produites est prédéterminée par les cristaux dans le transducteur (Houghton et Turlington, 1992; Revel, 1999; Secrest, 2006).

Dès que les ondes ultrasonores se rencontrent à une interface entre deux tissus ayant des propriétés acoustiques différentes, une partie des ondes ultrasonores est réfléchiée vers la sonde réceptrice. Les variations de la profondeur des tissus adipeux, musculaires ou osseux ou de la distribution, par exemple, intermusculaire et surtout du gras intramusculaire, entraînent des différences dans les signaux d'ondes ultrasonores réfléchies, en outre par absorption et réfraction de l'énergie mécanique (Scholz *et al.*, 2015).

L'énergie mécanique est réfléchiée à l'intersection de tissus possédant des impédances acoustiques différentes ( $Z$ ). L'impédance acoustique est le produit de la densité d'un tissu et de la vitesse des ondes sonores qui le traversent; par conséquent, plus le tissu est dense, plus l'impédance acoustique est grande (Secret, 2006). L'impédance acoustique caractérise donc l'aptitude du matériau à suivre et transmettre les vibrations mécaniques. Plus la différence des impédances ( $Z$ ) est grande, plus l'amplitude de l'onde réfléchiée sera importante (Amin et Wilson, 2004). La transmission des ultrasons vers les tissus biologiques est en effet meilleure lorsque l'impédance acoustique de la sonde est proche de celle des tissus (Université de Montpellier, 2013).

## 2 Évaluation génétique

### Recommandations pour enregistrer un animal dans le programme Genovis

Tableau 2 Valeurs utilisées pour la validation des données utilisées par le programme GenOvis

	<b>Min. Module</b>	<b>Max. Module</b>	<b>Min. import</b>	<b>Max. import</b>	<b>Min. entrée manuelle</b>	<b>Max. entrée manuelle</b>
Écart date naissance et date ultrasons	73 jours	135 jours				
Poids ultrasons	10 kg	80 kg	11 kg	99 kg		
Épaisseur du muscle	10 mm	44 mm				
Épaisseur de gras	>0 mm	14,9 mm				

## 3 Appareils et paramètres

### 3.1 Type d'appareils

#### 3.1.1 Appareils non portables

##### Aloka

L'Aloka (Aloka, Japon) est un échographe polyvalent qui permet d'évaluer l'épaisseur de gras et de muscle et ce, dans toutes les espèces, ce qui en fait un appareil largement utilisé dans le domaine animal (Maignel *et al.*, 2009; Maignel *et al.*, 2013). Il s'agit d'un appareil qui requière un poste fixe et qui possède un clavier et des curseurs permettant de mesurer l'épaisseur des tissus. L'Aloka nécessite d'être couplé à un ordinateur pour fonctionner et permet une mesure fiable des différentes structures de la carcasse jusqu'à une profondeur de 220 mm (Aloka Co., Ltd., 1990).



Figure 2 L'Aloka

##### EXAGO

L'Exago (ECM, France) est essentiellement utilisé en milieu médical ou vétérinaire au niveau du système reproducteur (Varughese *et al.*, 2013; Mimoune *et al.*, 2017) mais présente un fort potentiel pour évaluer les différentes structures de la carcasse telle que la mesure d'épaisseur de gras et de muscle chez l'ovin. Il est simple d'utilisation et ne nécessite pas de calibrage pour le contraste et la luminosité de l'image, notamment grâce aux pré réglages de l'appareil. Il permet de fonctionner selon différentes fréquences comprises entre 3,5 et 10 MHz, selon la sonde utilisée et assure également une mesure fiable pour une profondeur comprise entre 10 à 280 mm (ECM, s.d.).

En fonction du milieu traversé, les ondes ultrasons ne vont pas avoir la même vitesse. Dans le cas ici, elles se déplacent à la vitesse de 1620 m/seconde dans le muscle et à 1480 m/seconde lorsqu'elles traversent les différentes couches de gras. Grâce à ces différences de vitesse, l'Exago peut recomposer une image présentant les épaisseurs de gras et de muscle au site mesuré.



Figure 3 Appareil Exago

### 3.1.2 Appareils portables

#### WED 3000

La WED (Wells, Chine) est un appareil ultrason portable, avec un design ergonomique et présentant une excellente qualité d'image. Utilisé dans toutes les espèces animales et régulièrement chez l'ovine, il permet d'effectuer la mesure d'épaisseur de gras dorsal et de muscle. Il possède un mode d'enregistrement en cinéloop, de 30 secondes en continu, qui permet la révision des manipulations (DGF, s.d.). En fonction du transducteur utilisé, il permet de fonctionner selon différentes fréquences comprises entre 3,5 et 10 MHz, et assure également une mesure fiable pour une épaisseur de gras et de muscle compris entre 5 à 220 mm (WELLD, s.d.(a); WELLD, s.d.(b)).



Figure 4 WED 3000

## Vetko et Ultrascan

L'appareil Vetko (Alliance médicale, Canada) et l'Ultrascan (Alliance médicale, Canada) sont des échographes qui permettent l'évaluation de l'épaisseur de gras dorsal et de muscle. La Vetko permet le transfert des données brutes de l'image sur un ordinateur pouvant servir à la création d'une banque d'images, ces dernières étant traitées par divers algorithmes considérant les séquences et les niveaux de gris des pixels (variant de 0 à 255), afin d'établir une estimation de la proportion de l'image associée à du gras musculaire (Plourde *et al.*, 2006).



Figure 5 L'appareil Vetko+ et Ultrascan 50

Distributeurs de matériel d'échographie au Canada

- DGF <http://www.dgf.ca>
- SEC Repro <http://secrepro.com>

### 3.2 Type de transducteurs

Le transducteur est la partie indispensable de la technologie puisqu'elle permet de convertir les échos reçus en signaux électriques et est à l'origine des ondes ultrasons de l'appareil utilisé.

Les transducteurs sont disponibles à diverses fréquences, allant de 1 à 15 MHz. Généralement, les hautes fréquences ont d'excellents signaux, une faible portée et conviennent mieux pour la mesure de l'épaisseur de la peau et du gras dorsal. D'autres part, les basses fréquences ont des signaux moyens, une longue portée et conviennent davantage au diagnostic de gestation. Chez l'ovin, en règle générale, les transducteurs fonctionnent avec une fréquence de 3,5 MHz et peuvent aller quelques fois avec une fréquence de 5MHz. Par ailleurs, le transducteur fonctionne

avec une fréquence de 2,5 MHz lorsque l'appareil utilisé est la WED 3000 (Wells, Chine), munie d'un « gelpad ».

Les transducteurs sont d'abord classés comme linéaires ou sectoriels, en fonction de la disposition des cristaux et de la forme du champ d'imagerie produit. Le choix de la sonde se fait donc en fonction de la distance et du degré de précision désirés (Daigle, 2002). Les mesures d'épaisseurs de gras et de muscle sont réalisées avec une sonde linéaire standard alors que les sondes sectorielles sont davantage utilisées pour confirmer une gestation.

La sonde linéaire est composée de plusieurs petits cristaux rectangulaires placés côte à côte pour former une seule ligne droite, produisant ainsi une image rectangulaire dont la largeur est similaire à celle de la sonde, dans laquelle les champs proches et lointains sont larges (Secret, 2006). Considérant que des images transversales du muscle de la longe sont prises, un « gel-pad » doit être utilisé en tout temps. Ce dernier permet un contact optimal avec la forme arrondie de la longe et assure une bonne qualité d'image en utilisant le minimum de pression.



**Figure 6** Sonde linéaire standard utilisée pour la prise de mesures ultrasons chez l'ovine.

Pour faciliter la prise d'images ultrasons, il est indispensable d'appliquer un couplant entre le transducteur et le dos de l'agneau tel que de l'huile végétale, un gel d'échographe ou un mélange de gel et d'alcool. L'huile minérale ne doit jamais être utilisée puisqu'elle risquerait d'abimer le transducteur. Il est d'ailleurs important de toujours suivre les recommandations du fabricant du transducteur pour s'assurer de ne pas endommager la sonde. Le couplant sert à maximiser le contact, donc à éliminer toutes particules d'air entre l'animal et la sonde et garantir une bonne propagation des ultrasons. Considérant que le son rencontre des difficultés à traverser des milieux hétérogènes, l'utilisation d'un couplant fait en sorte que le son n'a pas à traverser différents milieux. Un manque de couplant entraîne une nécessité de mettre davantage de pression pour obtenir une image mieux définie.

## 4 Technique de prise de mesures

### 4.1 Contention

Des images échographiques de qualité ne peuvent être capturées que sur des agneaux correctement contenus et presque immobiles. Pour la mesure de l'épaisseur de gras et de l'épaisseur de muscle, il est nécessaire que l'animal se tienne debout sur ses quatre pattes et être maintenu immobile dans une cage, une balance ou maintenu par un panneau, qui limitera ses mouvements vers l'avant, vers l'arrière et sur les côtés. Il doit également être retenu de façon que son dos soit droit (ni arqué ni creusé) et qu'il ne puisse pas lever la tête au-dessus du sommet de la cage ou en sortir.

### 4.2 Site de prise de mesures et repères sur l'image

Au Québec, des essais réalisés par Thériault (2005) ont permis de démontrer que le meilleur site d'évaluation de l'épaisseur de gras était plutôt situé entre la 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> vertèbre lombaire soit, entre la dernière côte et l'os de la hanche.

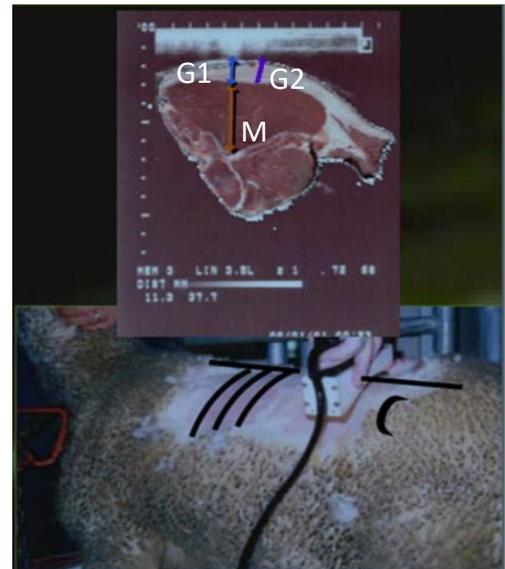
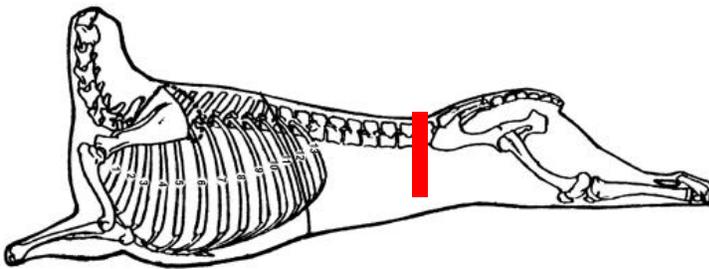


Figure 7 Site de mesures permettant l'évaluation précise de l'épaisseur de gras et de muscle, situé entre la 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> vertèbre lombaire.

Tiré de: <https://inspection.canada.ca/exigences-en-matiere-d-etiquetage-des-aliments/etiquetage/industrie/produits-de-viande-et-de-volaille/coupes-de-viande/agneau/fra/1348668935352/1348673977232#a2> et de Thériault (2005).

Le site de mesures actuel se situe entre les 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> vertèbre lombaire (à mi-chemin entre la dernière côte et l'os de la hanche). La mesure est prise perpendiculairement aux couches de gras pour ne pas surestimer l'épaisseur et ce vis-à-vis la partie la plus profonde du muscle.

À partir de l'image prise sur ce site, deux épaisseurs de gras sont mesurés soit, une première mesure au-dessus de la partie la plus profonde du muscle (G1). Une deuxième mesure est

également prise à 1,5 cm de la première mesure, toujours perpendiculaire à la couche de gras (G2). En s'éloignant de la colonne vertébrale, l'épaisseur de gras a tendance à augmenter, ainsi la moyenne des deux mesures fournit une valeur plus représentative. Une troisième mesure est finalement effectuée pour établir la profondeur de muscle (M).

Dans le programme GenOvis, la peau ne doit pas être incluse dans la mesure de l'épaisseur de gras chez l'agneau.

### 4.3 Préparation du site

Un mauvais contact entre la surface du transducteur et la peau de l'animal, occasionné par la présence de la laine, pourrait nécessiter l'utilisation de plus de pression et par le fait même occasionner une diminution de la qualité des images mesurées par ultrasons.

Afin de rendre la prise d'image plus facile, de maximiser le contact entre le transducteur et la peau et donc dans un souci de qualité de l'image, la zone de mesure doit être rasée. Cela permet d'éviter toute perte de contact et aussi l'atténuation du signal, tout en s'assurant d'utiliser une pression minimum. Une fois l'animal tondu, le technicien doit s'assurer que la zone est bien propre avant de commencer la prise d'image.



**Figure 8** Le site de mesures doit être rasé pour assurer un bon contact entre la peau de l'agneau et le transducteur.

Des images prises sur un même agneau, avant et après rasage du site de mesure démontre bien l'impact que peut avoir la présence de laine (Figure 8). En effet, il peut être plus difficile de visualiser les différentes couches de gras et d'établir de façon juste l'épaisseur de la peau lorsque le site de mesures n'est pas rasé. La membrane du muscle est assez bien définie pour être lisible peu importe la présence de la laine, mais l'épaisseur de gras est plus « floue » (difficile de déterminer les couches peau/laine).

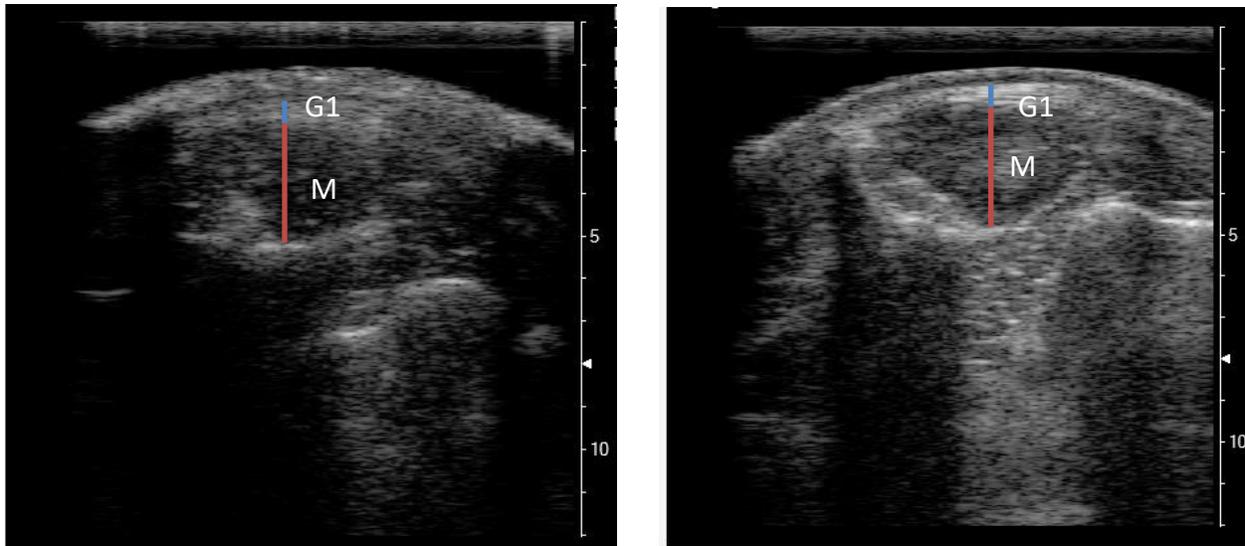


Figure 9 Image ultrason prise sur un agneau non-rasé (A) et image ultrason prise sur le même agneau une fois rasé (B). Les mesures ont été prise entre la 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> vertèbre lombaire. Une différence de 1 mm est observé entre les deux mesures.

#### 4.4 Positionnement de la sonde

La sonde doit être placée à mi-chemin entre la dernière côte et l'os de la hanche, perpendiculairement à la colonne vertébrale ou la ligne médiane. Une fois le site repéré, le transducteur doit être incliné lentement de gauche à droite et de droite à gauche pour obtenir une image bien définie. Se rappeler que pour avoir un maximum de définition de l'image, il faut orienter le transducteur pour que le signal émis soit dirigé à 90 degrés vers l'image à mesurer pour obtenir un maximum de retour de celui-ci.

## 5 Accréditation des techniciens

Les données ultrasons collectées sur les agneaux mesurés dans le cadre Programme GenOvis devraient être réalisées par des techniciens accrédités.

La standardisation des mesures est importante pour assurer la qualité et l'uniformité des données utilisées dans les évaluations génétiques. Elle inclut des connaissances théoriques sur les ultrasons et l'anatomie de l'agneau, la technique de prise de mesures et la connaissance des sites de mesure.

Ce guide est une proposition d'un système d'accréditation où des indicateurs clairs seront déterminés soit, les erreurs standard de prédiction et les biais acceptables. Ces valeurs seront déterminées à partir des résultats obtenus dans le projet « Développement d'un programme d'accréditation des mesures aux ultrasons chez l'ovin » et d'un consensus obtenu par les partenaires et les membres du comité de pilotage et technique de GenOvis.

## 6 Bibliographie

- Aloka Co., Ltd. 1990. Aloka echo camera model ssd-500 operator's manual. [En ligne]. [http://www.frankshospitalworkshop.com/equipment/documents/ultrasonographs/user\\_manuals/Aloka\\_SSD-500\\_-\\_User\\_manual.pdf](http://www.frankshospitalworkshop.com/equipment/documents/ultrasonographs/user_manuals/Aloka_SSD-500_-_User_manual.pdf)
- Amin, V. et D. Wilson. 2004. Introduction to Principles of Ultrasound for Scanning Beef Cattle. Présentation PowerPoint.
- Balaban, R.S. et V.A. Hampshire. 2001. Challenges in Small Animal Non invasive Imaging. ILAR journal, 42(3) : 248-62.
- Daigle, J.P. 2002. Révision de la théorie des ultrasons et applications. Québec : CDPQ.
- DGF. S.d. WED-3000. [En ligne]. <https://dgf.ca/echographes-portables-neufs/>
- ECM Echo Control Medical. S.d. Exago. [En ligne]. [http://agroscan.kalanda.info/AGROSCAN16\\_WEB/UK/AGROSCAN\\_EXAGO.awp](http://agroscan.kalanda.info/AGROSCAN16_WEB/UK/AGROSCAN_EXAGO.awp)
- Houghton, P.L. et M. Turlington. 1992. Application of Ultrasound for Feeding and Finishing Animals: A Review. Journal of animal science, 70 : 930-941.
- Maignel, L., Daigle, J.P., Fortier, M.P., Wyss, S. et B. Sullivan. 2013. Prédiction de la teneur en gras intramusculaire dans le jambon de porcs vivants par la technologie aux ultrasons et relation avec le gras intramusculaire dans la longe. Journées de la recherche porcine, 45 : 247-248.
- Maignel, L., Daigle, J.P., Plourde, N., Gariépy, C. et B. Sullivan. 2009. Utilisation de la technologie des ultrasons pour la prédiction in vivo du pourcentage de gras intramusculaire de la longe. [En ligne]. <https://www.cdpq.ca/cdpq.ca/files/7c/7c4fc164-ce70-4087-85a3-898f80775b99.pdf>
- Mimoune, N., Kaidi, R., Azzouz, M.Y., Zenia, S., Benaissa, M.H. et G. England. 2017. Investigation on diagnosis and metabolic profile of ovarian cysts in dairy cows. Kafkas Univ Vet Fak Derg, 23(4) : 579-586.
- Plourde, N., Daigle, J.P., Rivest, J., Boros, Z. et C. Bazin. 2006. Estimation in vivo par ultrasonographie du pourcentage de gras intramusculaire dans le muscle longissimus dorsi de porc. Québec : CDPQ, 20 p.
- Revel, M.P. 1999. Physique des ultrasons. [En ligne]. <https://www.em-consulte.com/article/23203/physique-des-ultrasons#:~:text=Les%20ondes%20ultrasonores%20sont%20des,pression%20d%C3%A9finit%20l'imp%C3%A9dance%20acoustique.>
- 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.

Secrest. 2006. Basic Principles of Ultrasonography. [En ligne].  
<http://www.vetfolio.com/diagnostics/basic-principles-of-ultrasonography>

Thériault, M. 2005. Utilisation des mesures aux ultrasons pour estimer la composition de la carcasse chez l'agneau lourd. Mémoire de maîtrise. Québec : Université Laval, 164 p.

Topel, D.G. et R. Kauffman. 1988. Live Animal and Carcass Composition Measurement. Dans : *Designing Foods: Animal Product Options in the Marketplace*. Washington, DC : National Academies Press, p. 258-272.

University of Guelph. Animal Biosciences. S.d. Fat-depth measurement. [En ligne].  
<http://www.aps.uoguelph.ca/~swatland/rep242nr.htm>

Université de Montpellier. 2013. Les Bases de l'Echographie. [En ligne].  
<http://ultrasonographie-vasculaire.edu.umontpellier.fr/files/2013/09/MD-Bases-Echographie-Abr-2013A.pdf>

Vann, R.C., Parish, J.A. et B.B. Karisch. 2017. Using live animal carcass ultrasound information in beef cattle selection. [En ligne].  
<https://extension.msstate.edu/sites/default/files/publications/publications/p2802.pdf>

Varughese, E.E., Brar, P.S. et S.S. Dhindsa. 2013. Uterine blood flow during various stages of pregnancy in dairy buffaloes using transrectal Doppler ultrasonography. *Animal Reproduction Science*, 140 : 34-39.

WELLD. S.d. (a). WED-3000 Full Digital Ultrasound System. [En ligne]. <http://ultrasound-scanner.com/2-3-digital-ultrasonic-diagnostic.html>

WELLD. S.d. (b). WED-3000. [En ligne].  
<http://www.welld.com.cn/en/product/show.php?id=1&sid=3&pid=34>



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](mailto:cdpq@cdpq.ca) ■ [www.cdpq.ca](http://www.cdpq.ca)

 @cdpqinc

