

# Évaluation des technologies et appareils disponibles pour la prise de mesures aux ultrasons chez l'animal vivant

Mars 2018

## Rapport final



Marie-Pierre Fortier, Cand. au Ph. D.

Patrick Gagnon, Ph. D.

Laurence Maignel, M.Sc.

Raymond Deshaies, d.t.a

Israël Michaud, d.t.a

©Centre de développement du porc du Québec inc.  
Dépôt légal 2018  
Bibliothèque et Archives nationales du Québec  
Bibliothèque et Archives Canada  
ISBN 978-2-924413-54-8

## Équipe de réalisation

Répondant	Marie-Pierre Fortier, Responsable qualité de viande et services techniques, <i>CDPQ</i>
Collaborateurs	Raymond Deshaies, conseiller technique, <i>CDPQ</i> Israël Michaud, conseiller technique, <i>CDPQ</i> Éric Ouellette, conseiller technique, <i>CDPQ</i> Charlène Bouchard, chargée de projet, <i>CDPQ</i> Patrick Gagnon, analyste, <i>CDPQ</i> Laurence Maignel, généticienne, <i>CCAP</i> Marie-Claude Viau, technicienne, <i>MOPORC</i>
Rédaction	Marie-Pierre Fortier, <i>CDPQ</i> Patrick Gagnon, <i>CDPQ</i> Laurence Maignel, <i>CCAP</i> Raymond Deshaies, <i>CDPQ</i> Israël Michaud, <i>CDPQ</i>

## 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 le Centre Canadien d'amélioration des porcs et Moporc inc.

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

**Canada**

**Québec** 





## Résumé

Depuis plusieurs années, la technologie aux ultrasons est largement utilisée dans les programmes d'amélioration génétique pour mesurer l'épaisseur du gras dorsal, la profondeur du muscle et le niveau de gras intramusculaire de la longe de porc. Elle est également utilisée chez plusieurs éleveurs pour la réalisation des tests de gestation et pour la mesure de l'état de chair chez la truie. Le CDPQ assume un leadership dans la prise de mesures sur animal vivant, et ce, depuis plusieurs années. Cependant, le développement de la technologie aux ultrasons se poursuit à une cadence importante et de nouveaux équipements apparaissent, tels que des appareils plus légers, sans fil, fonctionnant avec la technologie Bluetooth ou Wi-Fi pour le transfert des données. Les prix de ces appareils sont variés de même que leur précision et leur durabilité. L'objectif du projet est d'évaluer le potentiel d'application de différents appareils disponibles pour la prise de mesures aux ultrasons sur l'animal vivant. Il est important que le choix des différents appareils se fasse en fonction des besoins, non seulement de ceux d'une ferme expérimentale, mais également de ceux du milieu commercial vers lequel le CDPQ doit assurer la capacité de transfert. La démarche pour réaliser ce projet nécessitait la réalisation d'une revue de littérature afin de dresser la liste des différents appareils disponibles pour la prise de mesures aux ultrasons. Parallèlement, avec les informations recueillies, nous avons été en mesure de sélectionner les appareils ayant le meilleur potentiel d'atteindre les objectifs poursuivis par le projet. Une première évaluation de chacun des appareils a été réalisée sur une ferme de recherche de MOPORC. Les mesures d'épaisseur de gras et de muscle ont été prises sur un total de 120 porcs, à trois différentes reprises soit lorsque les porcs avaient atteint approximativement, 75, 90 et 120 kg. De cette façon, nous avons développé la technique appropriée à l'utilisation de chacun des appareils sélectionnés. Des mesures ont également été prises lors de chacune des sorties vers l'abattoir afin de mesurer le niveau de gras intramusculaire (GIM). La dernière phase du projet consistait à une évaluation sur le terrain, durant six mois consécutifs, afin de vérifier la durabilité et le bon fonctionnement des appareils dans les diverses conditions rencontrées. Les commentaires de chacun des utilisateurs ont été recueillis et synthétisés dans ce rapport.

## Table des matières

1	Introduction .....	1
2	Objectifs .....	2
3	Matériel et méthodes .....	3
3.1	Sélection des équipements .....	3
3.2	Essais en ferme expérimentale .....	4
3.2.1	Animaux.....	4
3.2.2	Mesures sur l'animal .....	4
3.3	Essais commerciaux .....	5
3.4	Analyses statistiques.....	5
4	Résultats et discussion .....	6
4.1	Performance des appareils.....	6
4.2	Aspects techniques .....	9
4.2.1	WED 3000 (Welld, Chine) .....	9
4.2.2	SU1 (Sonoptek, Chine) .....	9
4.2.3	SU2 (Sonoptek, Chine) .....	10
4.2.4	SF1 (Sonoptek, Chine).....	11
4.2.5	EXAGO (ECM, France).....	12
4.2.6	BACK FAT METER (Sonoptek, Chine) .....	13
5	Conclusion .....	14

## Liste des tableaux

Tableau 1. Statistiques descriptives et principaux résultats des analyses pour l'état de chair (P2), l'épaisseur de gras, l'épaisseur de muscle et le gras intramusculaire (GIM) .....	6
--	---

## 1 Introduction

Depuis plusieurs années, la technologie aux ultrasons est largement utilisée dans les programmes d'amélioration génétique pour mesurer l'épaisseur du gras dorsal, la profondeur du muscle et le niveau de gras intramusculaire de la longe de porc. Elle est également utilisée chez plusieurs éleveurs pour la réalisation des tests de gestation et pour la mesure de l'état de chair chez la truie. Le CDPQ possède une forte expertise et assume un leadership dans la prise de mesures sur l'animal vivant, et ce, depuis plusieurs années. Cependant, le développement de la technologie aux ultrasons se poursuit à une cadence importante et de nouveaux équipements apparaissent, tels que des appareils plus légers, sans fil, fonctionnant avec la technologie *Bluetooth* pour le transfert des données.

Actuellement, les appareils Agroscan, Vetko+, Ultrascan50 et ALOKA 500 sont parmi ceux utilisés pour les différentes mesures aux ultrasons chez les éleveurs de porcs du Programme canadien pour l'amélioration génétique des porcs. Les appareils Vetko+ et Ultrascan50 sont particulièrement fiables, robustes et adaptés aux conditions de ferme. Malheureusement, ils ne sont plus fabriqués depuis quelques années et leur réparation est de plus en plus difficile. L'appareil ALOKA 500 a été introduit au cours des dix dernières années pour permettre l'acquisition d'images pour la prédiction du gras intramusculaire. Il est employé dans différents contextes, que ce soit pour le travail en sélection, chez les producteurs commerciaux ou les intervenants de différents milieux, et ce, non seulement chez le porc, mais également dans plusieurs autres productions animales au Québec (ovins, bovins, etc.). Bien qu'efficace, il est un modèle plutôt dispendieux, volumineux et sans compter que la compagnie a arrêté la production du modèle SSD 500, ce qui justifie davantage la nécessité de sélectionner des appareils pouvant le remplacer adéquatement.

Le CDPQ et le CCAP travaillent ensemble pour maintenir une veille technologique sur les nouveaux appareils potentiellement disponibles, issus du domaine médical ou vétérinaire. Une communication régulière avec les fournisseurs d'équipement au Québec et au Canada permet également d'être informé rapidement des nouvelles options. De plus, le CCAP et le CDPQ coordonnent tous les ans une session nationale d'accréditation qui permet de renouveler la certification des conseillers techniques seniors du Programme canadien d'amélioration génétique des porcs, mais aussi de tester et valider de nouveaux appareils ultrasons. Lors de ces tests, des mesures effectuées par des techniciens expérimentés sont comparées aux mesures de référence sur l'animal vivant, ainsi qu'à des mesures d'épaisseur de gras et de muscle collecté sur la carcasse le lendemain de l'abattage. Ainsi, les appareils Exago (ECM, France) et WED3000 (Wells, Chine) ont été présentés lors des sessions d'accréditation en 2012 et 2013 et semblent démontrer un potentiel intéressant pour répondre aux différents besoins des utilisateurs. Cependant, des essais doivent être réalisés pour bien tester ces appareils avant de les accréditer.

## 2 Objectifs

L'objectif principal du projet est d'évaluer le potentiel d'application de différents appareils disponibles pour la prise de mesures aux ultrasons sur l'animal vivant. Cependant, le choix des différents appareils doit se faire en fonction des besoins, non seulement en conditions expérimentales, mais également ceux du milieu commercial pour lequel le CDPQ doit assurer la capacité de transfert.

Plus spécifiquement :

- Identifier les appareils actuellement disponibles démontrant le meilleur potentiel pour la prise de mesures aux ultrasons ;
- Évaluer les appareils sélectionnés sur des animaux en conditions de recherche expérimentale ;
- Développer l'expertise et les données afin d'agir comme référence pour les secteurs porcin, ovin, bovin, etc. ;
- Évaluer la facilité d'adoption par les intervenants.



## 3 Matériel et méthodes

### 3.1 Sélection des équipements

La première étape du projet consistait à la rédaction d'une revue de littérature pour mettre à jour l'information sur les différents appareils de mesures aux ultrasons (ANNEXE 1). Les appareils ont été choisis en considérant leurs spécifications techniques ainsi que leur capacité à répondre aux besoins, non seulement de la recherche, mais également des producteurs commerciaux. Les appareils devaient également être disponibles et commercialisés au Québec au moment de leur sélection. Les appareils sélectionnés permettant l'évaluation de l'état de chair sont le Back Fat Meter (Sonoptek, Beijing, Chine) et la SF1 (Sonoptek, Beijing, Chine). Les appareils permettant l'évaluation de l'épaisseur de gras et de la profondeur du muscle sont la SU1 (Sonoptek, Beijing, Chine), la WED 3000 (Wells, Chine) utilisée avec ou sans « gel pad » et l'Exago (ECM, France). Considérant le coût important pour l'achat d'un appareil permettant la mesure du gras intramusculaire et l'utilisation surtout destinée à la recherche, ce dernier est également le seul appareil ayant été sélectionné pour cette mesure.

L'appareil de référence pour toutes les mesures effectuées en conditions expérimentales est l'ALOKA SSD 500, pour lequel chacun des appareils testés a été mis en comparaison sur différents critères (rapidité d'exécution, qualité de l'image, précision, etc.). L'Aloka est l'appareil utilisé présentement par la grande majorité des techniciens dans les entreprises porcines au Québec et au Canada et le CDPQ possède des milliers de données pour justifier sa fiabilité et sa précision dans la prédiction des différentes mesures de composition de la carcasse sur l'animal vivant.

Lors d'une utilisation antérieure au projet, il a été observé que la WED sans gel pad semblait sous-estimer d'environ 1,0 mm les résultats obtenus pour la mesure de gras dorsal. Le « gel pad » est un matériel acoustique qui peut être ajouté à la sonde et qui permet d'éloigner la zone de début de lecture de la source d'émission. Lorsqu'aucun « gel pad » n'est utilisé, les ondes produites à la sortie de la sonde ont tendance à partir dans toutes les directions, ce qui crée une image beaucoup moins nette et peut influencer la zone de début de lecture de la mesure (dead zone). Avec l'Aloka et les appareils plus récents, le « gel pad » n'est pas nécessaire pour les mesures prises chez le porc étant donné leur meilleure qualité d'image qui présente déjà une meilleure délimitation de la zone de début de lecture.

## 3.2 Essais en ferme expérimentale

### 3.2.1 Animaux

Les appareils ont été testés sur 120 porcs (castrats et femelles) d'une ferme de recherche de type engraissement de la compagnie MOPORC inc. (Québec) où ils sont entrés en mai et ont été abattus en juillet et août 2017. Les 120 porcs ont été mesurés, à trois différentes reprises, soit à une moyenne de 75, 90 et 120 kg. Ces mêmes animaux ont servi pour les mesures de gras et muscle dorsal, mais également pour la mesure du niveau de gras intramusculaire dans la longe.

### 3.2.2 Mesures sur l'animal

À chaque visite en ferme, les mesures prises pour évaluer l'état de chair, l'épaisseur de gras et de muscle ont été réalisées par des techniciens seniors ('niveau 2'), accrédités pour la prise de mesures aux ultrasons sur le Programme canadien pour l'amélioration des porcs. Un total de trois techniciens a participé à cette phase du projet. Les porcs ont tous été pesés puis mesurés avec un appareil Aloka 500 SSD muni d'une sonde linéaire de 3,5 MHz et 12,5 cm sans « gel pad », en utilisant de l'huile végétale comme couplant. Pour l'évaluation de l'état de chair (mesure au site P2), une seule mesure a été prise, à 6,5 cm de la ligne médiane, au niveau de la dernière côte. Pour les mesures de gras et de muscle, les images longitudinales ont été collectées sur chaque animal, à 5 cm de la ligne médiane, entre les 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> avant-dernières côtes. Les données ont été recueillies et sauvegardées immédiatement après chaque mesure.

Les mesures de l'état de chair, d'épaisseur de gras et de muscle avec l'Aloka étaient prises par les deux techniciens présents. Pour chaque variable, la moyenne des mesures des deux techniciens constituait la référence. Pour les appareils testés, les mesures étaient prises par un seul technicien par appareil par porc afin d'éviter que l'animal soit soumis trop longtemps aux manipulations. Pour les mêmes raisons, un seul technicien prenait les mesures de gras intramusculaire par appareil, même pour l'ALOKA, sur un seul animal. Tous les appareils ont été calibrés à partir de blocs de calibration, tel que recommandé par les différents fabricants, et ce, avant chacune des visites.

Environ six jours avant l'abattage, les porcs ont été mesurés afin d'évaluer le niveau de gras intramusculaire de la longe, à 5 cm de la ligne médiane, au-dessus de la 10<sup>e</sup> côte. Sur chaque porc, un total de huit images a été collecté dans la longe. Les images ont été analysées avec le logiciel BioSoftToolbox® II for Swine développé par la compagnie Biotronics. Une évaluation visuelle du gras intramusculaire (NPPC, 2002) a été faite sur 70 carcasses sélectionnées afin de les mettre en corrélation avec la mesure de gras intramusculaire prise sur l'animal vivant lors de la sortie vers l'abattoir. L'épaisseur de gras a également été mesurée à la réglette, sur ces mêmes carcasses afin de les mettre en corrélation avec l'épaisseur de gras prise sur l'animal vivant à la dernière visite.

### 3.3 Essais commerciaux

Suite à l'évaluation des appareils en conditions expérimentales, ceux-ci ont été utilisés régulièrement lors des visites en fermes commerciales porcines et ovines. Au total, les différents appareils ont été utilisés par six techniciens expérimentés du CDPQ. Une synthèse a été rédigée à la suite des commentaires recueillis. Les appareils ont également été présentés au groupe de travail des techniciens seniors lors de la session nationale d'accréditation.

### 3.4 Analyses statistiques

Les données recueillies en ferme expérimentale ont été analysées afin d'évaluer le potentiel de chacun des appareils. Les données de chaque appareil testé étaient comparées à la mesure de référence prise avec l'ALOKA. Pour l'état de chair, l'épaisseur de gras et de muscle, la référence était la valeur moyenne des deux techniciens (Section 3.2). Les porcs pour lesquels l'écart entre les deux mesures était supérieur à 1 mm pour l'état de chair et l'épaisseur de gras et supérieur à 3 mm pour l'épaisseur de muscle étaient exclus des analyses. Sur l'ensemble des six visites en ferme, 319 porcs sur 445 (72 %) ont été retenus pour l'état de chair, 318 porcs sur 448 (71 %) ont été retenus pour l'épaisseur de gras et 331 porcs sur 448 (74 %) ont été retenus pour l'épaisseur de muscle.

Les analyses statistiques ont été effectuées indépendamment pour la visite 1 (autour de 75 kg), la visite 2 (autour 90 kg) et les visites 3 à 6 (autour de 120 kg) précédant la sortie à l'abattoir. Des analyses de variance ont été effectuées afin de comparer la moyenne des appareils testés entre eux et d'évaluer si les valeurs des appareils étaient statistiquement significativement différentes de la référence. En plus de l'effet *appareil*, les effets fixes *sexe* (castrat et femelle), *traitement alimentaire* (les porcs étaient soumis à deux traitements alimentaires) et leurs interactions ont été considérés de même que les effets aléatoires *technicien*, l'interaction *technicien x appareil*, l'*animal* et le *parc*. Le critère d'information bayésien (BIC) a été utilisé pour la sélection du meilleur modèle.

De plus, le test de Levene a été effectué afin d'évaluer si la variabilité de l'écart avec la référence variait entre les appareils. Également, pour l'épaisseur de gras et le gras intramusculaire, des mesures ont été prises à l'abattoir sur environ 70 animaux; les coefficients de corrélation de Pearson entre ces mesures et les estimations des appareils incluant l'appareil de référence ALOKA, précédant l'abattage ont été calculés. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SAS® (SAS Institute Inc., Cary, NC, États-Unis).

## 4 Résultats et discussion

### 4.1 Performance des appareils

Le Tableau 1 présente les principaux résultats de l'analyse de l'essai en ferme expérimentale pour l'état de chair, l'épaisseur de gras, l'épaisseur de muscle et le gras intramusculaire. Les résultats sont discutés dans les prochaines sous-sections.

Tableau 1. Statistiques descriptives et principaux résultats des analyses pour l'état de chair (P2), l'épaisseur de gras, l'épaisseur de muscle et le gras intramusculaire (GIM).

Variable	Appareil	Visite 1 (75 kg)				Visite 2 (90 kg)				Sorties (120 kg)			
		N	$\mu$ (mm)	$\sigma$ (mm)	$\rho$ (%)	N	$\mu$ (mm)	$\sigma$ (mm)	$\rho$ (%)	N	$\mu$ (mm)	$\sigma$ (mm)	$\rho$ (%)
État de chair	Back Fat meter	87	7.31 <sup>A</sup>	1.03 <sup>A</sup>	82.6	91	8.60 <sup>A*</sup>	0.94 <sup>A</sup>	89.9	141	10.56 <sup>A*</sup>	1.19 <sup>A</sup>	88.4
	SF1	87	8.00 <sup>B</sup>	1.09 <sup>A</sup>	79.5	91	8.57 <sup>A*</sup>	0.80 <sup>A</sup>	92.6	141	10.72 <sup>A*</sup>	1.12 <sup>A</sup>	90.1
	Référence	87	8.43	-	-	91	9.56	-	-	141	11.54	-	-
Épaisseur de gras	EXAGO	98	10.37 <sup>A</sup>	0.67 <sup>A</sup>	95.1	86	11.96 <sup>B,C*</sup>	0.89 <sup>A</sup>	94.4	133	14.55 <sup>A</sup>	1.35 <sup>A</sup>	92.0
	SU1	94	10.26 <sup>A</sup>	0.90 <sup>A</sup>	90.5	86	11.68 <sup>A,B</sup>	0.97 <sup>A</sup>	92.4	133	14.60 <sup>A,B*</sup>	1.25 <sup>A</sup>	93.7
	WED avec gel pad	97	9.49 <sup>A</sup>	0.86 <sup>A</sup>	92.0	86	11.41 <sup>A</sup>	0.87 <sup>A</sup>	94.4	133	14.58 <sup>A</sup>	1.20 <sup>A</sup>	95.1
	WED sans gel pad	98	9.10 <sup>A*</sup>	0.84 <sup>A</sup>	91.7	86	12.01 <sup>C*</sup>	0.84 <sup>A</sup>	94.2	133	15.04 <sup>B*</sup>	1.42 <sup>A</sup>	92.3
	Référence	98	10.00	-	-	86	11.55	-	-	134	14.11	-	-
Épaisseur de muscle	EXAGO	90	60.06 <sup>A*</sup>	2.45 <sup>A</sup>	85.9	96	64.56 <sup>A*</sup>	2.22 <sup>A</sup>	86.3	144	71.50 <sup>A*</sup>	2.79 <sup>A</sup>	84.6
	SU1	87	61.57 <sup>B*</sup>	2.35 <sup>A</sup>	86.0	96	66.49 <sup>B*</sup>	2.60 <sup>A</sup>	82.6	143	73.87 <sup>A*</sup>	2.65 <sup>A</sup>	85.7
	WED avec gel pad	89	60.17 <sup>A*</sup>	2.25 <sup>A</sup>	85.7	96	65.24 <sup>A*</sup>	2.52 <sup>A</sup>	84.4	144	72.62 <sup>A*</sup>	2.63 <sup>A</sup>	84.5
	WED sans gel pad	90	59.97 <sup>A*</sup>	2.50 <sup>A</sup>	81.4	96	65.15 <sup>A*</sup>	2.11 <sup>A</sup>	86.5	144	72.48 <sup>A*</sup>	2.74 <sup>A</sup>	84.0
	Référence	90	58.04	-	-	96	62.15	-	-	145	69.46	-	-
GIM	EXAGO									116	2.27	0.78	46.7
	Référence									116	2.08	-	-

Légende : N = Nb d'animaux;  $\mu$  = Moyenne par appareil;  $\sigma$  = Écart-type de l'écart avec la référence;  $\rho$  = Coefficient de corrélation de Pearson entre les mesures de l'appareil et la référence.

Note 1 : Pour  $\mu$  et  $\sigma$ , deux appareils n'ayant pas de lettre en commun ont des valeurs statistiquement différentes au seuil 5 %. Pour l'épaisseur de gras et de muscle, l'ajustement de Sidak a été appliqué pour les comparaisons statistiques multiples entre les appareils.

Note 2 : Un astérisque indique que la valeur moyenne de l'appareil est statistiquement différente de celle de la référence au seuil 5 %.

## Mesures au site P2 (état de chair)

Les mesures au site P2, pour évaluer l'état de chair des animaux, ont été prises avec le Back Fat meter et la SF1, en comparaison avec l'Aloka SSD 500 comme mesure de référence. Dans l'ensemble, les données des deux appareils sont comparables, à l'exception de la visite 1 qui démontre que seul le Back Fat meter amène une sous-estimation de plus de 1,0 mm de l'état de chair comparativement à la SF1. Lors des accréditations nationales réalisées sur des animaux en fin d'engraissement, le seuil toléré est de 0,75 mm, ce qui signifie que le Back Fat Meter ne serait pas un appareil recommandé pour l'évaluation de l'épaisseur de gras chez les porcs en engraissement. Cependant, le seuil de tolérance pour l'état de chair des truies, qui est évalué dans le but d'ajuster l'alimentation des animaux, est de l'ordre de 2 à 3 mm (communication personnelle, Lefebvre). Le Back Fat serait donc un appareil suffisamment performant pour l'évaluation de l'état de chair. À partir de la deuxième visite, les deux appareils sous-estiment l'état de chair d'environ 1 mm par rapport à la référence; cette sous-estimation est statistiquement significative. L'écart-type de l'écart avec la référence est similaire pour les deux appareils, quoique légèrement inférieur pour la SF1. De même, les corrélations avec la référence sont légèrement plus fortes avec la SF1 à partir de la visite 2.

## Mesures de l'épaisseur de gras

Les appareils évalués pour la mesure de l'épaisseur de gras sont la SU1, la WED 3000, utilisée avec ou sans « gel pad » et l'Exago. Les résultats varient d'une visite à l'autre ; alors que les valeurs moyennes des appareils ne sont pas statistiquement différentes à la visite 1, un portrait différent se dessine aux visites 3 à 6 (précédant les sorties à l'abattoir). La WED sans « gel pad » surestime d'environ 1 mm alors que les autres appareils sont similaires avec une surestimation d'environ 0,5 mm. Pour ces visites, les corrélations entre chacun des appareils et l'Aloka sont bonnes pour tous les équipements, variant de 92,0 à 95,1 %. A l'occasion des sessions nationales d'accréditation, des animaux en fin d'engraissement sont habituellement utilisés, et les mesures réalisées sur les animaux vivants sont ensuite corrélées avec l'épaisseur de gras mesurée en abattoir quelques jours plus tard. Lors de la session nationale d'octobre 2015 organisée à la station de Deschambault, on a observé une corrélation de 91,5 % entre la mesure de gras de référence et la mesure de gras sur la carcasse mesurée à la réglette. Pour les animaux évalués à l'abattoir dans ce projet (n = 71), les corrélations entre les évaluations à l'abattoir et les appareils sont dans l'ordre : 47,2 % pour la WED 3000 sans gel pad, 48,2 % pour l'EXAGO, 53,1 % pour la référence ALOKA (moyenne de deux techniciens), 54,4 % pour la WED 3000 avec gel pad et 55,5 % avec la SU1. Les coefficients de corrélation calculés entre les mesures à l'abattoir et les appareils sont inférieurs à ceux calculés uniquement entre les appareils (Tableau 1) notamment parce que la variable mesurée n'est pas exactement la même (épaisseur de gras sur un animal vivant en ferme comparativement à épaisseur de gras sur une carcasse froide suspendue à l'abattoir) et aussi parce que de nouvelles sources de variabilité apparaissent avec l'inclusion de données de l'abattoir (ex. : technicien qui a pris la mesure à l'abattoir).

## Mesures de l'épaisseur de muscle

Pour l'épaisseur de muscle, tous les appareils donnent des valeurs statistiquement supérieures à la référence à chacune des visites. Pour la visite 1, la SU1 surestime d'environ 3,5 mm, alors que la surestimation est d'environ 2 mm en moyenne pour les trois autres appareils. Pour les autres visites, la surestimation est de l'ordre de 2 mm pour l'EXAGO, 3 mm pour la WED avec ou sans « gel pad » et supérieur à 4 mm pour la SU1. Malgré ces écarts entre les appareils, la différence de performance entre eux est non statistiquement significative aux visites 3 à 6 (sorties) notamment parce que la variabilité interindividuelle est grande. Il est à noter que l'utilisation ou non du « gel pad » pour la WED n'a pas d'impact notable pour l'estimation de l'épaisseur de muscle, contrairement à l'épaisseur de gras. Lors des accréditations nationales réalisées sur des animaux en fin d'engraissement, le seuil toléré est de 1,0 mm pour l'épaisseur de muscle, ce qui signifie que malgré les différences de performances non significatives entre les appareils, une attention particulière doit quand même être portée sur la technique de mesure, en particulier pour la SU1.

## Mesures du gras intramusculaire

L'écart moyen entre l'EXAGO et la référence ALOKA est de 0,19 % et est non statistiquement significatif. La faible corrélation entre les deux appareils (46,7 %) comparativement aux corrélations pour les autres variables (Tableau 1) est vraisemblablement causée par le fait qu'aucun contrôle de qualité n'a été fait sur la référence du gras intramusculaire, prise par un seul technicien.

Pour les animaux évalués à l'abattoir dans ce projet (n = 69), les corrélations entre les évaluations visuelles à l'abattoir et les appareils sont de 48,0 % pour l'ALOKA et de 57,2 % pour l'EXAGO. Les résultats obtenus lors de la dernière session d'accréditation ont démontré une corrélation de 71 % entre la mesure de référence pour le GIM *in vivo* et l'évaluation visuelle du persillage sur la côtelette. Il est à noter que l'évaluation visuelle à l'abattoir n'est pas aussi précise qu'une analyse chimique; l'interprétation des corrélations entre ces évaluations visuelles et les mesures des appareils se doit d'être prudente.

## 4.2 Aspects techniques

À la suite des tests réalisés en conditions de recherche, les appareils sélectionnés ont été soumis à une évaluation sur certaines fermes commerciales, afin d'évaluer leur durabilité et de valider la performance des appareils à long terme. Au départ, les essais terrain devaient se dérouler sur une période de 12 mois. Comme la durée totale du projet a été modifiée pour une période de 12 mois, il a été convenu que l'essai terrain serait réalisé sur une période de six mois seulement. Il est donc plus difficile d'évaluer l'aspect durabilité et performances à long terme. Cependant, malgré le fait que la majorité des nouveaux appareils soient maintenant de petit volume, les utilisateurs les considèrent comme robustes et de bonne qualité. Les appareils utilisés avec un iPad demandent un peu plus d'attention compte tenu de la fragilité de la vitre qui peut se casser facilement si celui-ci est échappé. En ayant une manipulation adéquate et en s'assurant un entreposage approprié, les appareils pourront être utilisés à long terme.

Les conseillers techniques du CDPQ ont utilisé les appareils sélectionnés dans le cadre de leur travail quotidien. Les commentaires ont été recueillis et ensuite synthétisés dans ce rapport.

### 4.2.1 WED 3000 (WellD, Chine)

Rappelons que la WED a été testée avec et sans « gel pad » lors de l'essai en conditions expérimentales afin de valider si la précision demeure la même dans les deux cas. Suite aux résultats obtenus, les utilisateurs ont préféré l'utilisation sans « gel pad » étant donné qu'il amène une surcharge de coût et de temps pour l'entretien. De plus, les utilisateurs rapportent que les images sont généralement mieux définies et plus claires lorsque la WED est utilisée sans « gel pad ». D'un point de vue technique, la WED 3000 est un appareil polyvalent et très apprécié pour sa légèreté et son volume compact. Plusieurs ajustements de fréquence sont possibles avec cet appareil soit, 2.5, 3.5, 4.5 et 5.5 MHz, ce qui permet d'obtenir des images plus claires et donc des résultats plus précis pour des mesures prises à la surface telles que l'épaisseur du gras et la profondeur du muscle. Côté pratique, il est possible de figer l'image directement à partir de la sonde ou sur l'appareil, ce qui diminue les mouvements de l'utilisateur et réduit donc les risques de bouger la sonde pendant la fixation de la mesure. Il est alors plus facile de s'assurer d'avoir une image nette et un résultat fiable. La WED fonctionne sur batterie, qui possède une bonne autonomie, mais qui permet également de prendre des mesures tout en rechargeant celle-ci puisque l'appareil se branche à un bloc d'alimentation. Son entretien est assez simple, mais la présence d'un ventilateur pourrait être un risque par rapport à la contamination entre les différents sites d'élevage. Le coût d'achat se situe autour de 9 000 \$ pour l'appareil, la sonde et une batterie.

### 4.2.2 SU1 (Sonoptek, Chine)

La SU1 est un appareil relativement récent (2015) et encore peu connu par la majorité des utilisateurs au Québec. C'est un appareil de petit volume, portable et très léger, ce qui le rend intéressant lors de prise de mesures répétées. L'aspect « sans-fil » est de loin la caractéristique la plus appréciée par les techniciens malgré le fait qu'il fonctionne avec la technologie iPad et une connexion Wi-Fi qui est parfois instable, et ce, sans raison. Il en résulte souvent une difficulté

à connecter de nouveau le iPad et la sonde, nécessitant généralement de refermer et redémarrer l'application, ce qui occasionne une perte de temps. Ce problème semble encore plus prononcé si le temps est trop long entre deux prises de mesures.

La SU1 présente une belle définition, qui ne nécessite aucune pression, seulement un bon contact avec l'animal. Cependant, celle-ci est souvent saccadée et ce manque de fluidité rend difficile la capture de l'image désirée. Par ailleurs, l'appareil ne permet pas de mesures automatiques. Un double clic à l'écran fait apparaître trois lignes horizontales et l'utilisateur doit positionner chacune d'elles au bon endroit, ce qui peut laisser place à l'interprétation pour un utilisateur non expérimenté. Cette fonctionnalité est d'ailleurs en développement suite aux recommandations des conseillers techniques et sera modifiée dans les prochaines versions. Côté pratique, il est possible de figer l'image à partir directement de la sonde ou du iPad ce qui diminue les mouvements de l'utilisateur et réduit donc les risques de bouger la sonde pendant la fixation de la mesure, ce qui pourrait mener à une image moins nette et un résultat peu fiable.

La longueur de la sonde (180 mm) permet de voir au moins 5 côtes à l'écran comparativement à 4 côtes avec la majorité des autres appareils. Il ne s'agit pas nécessairement d'un avantage, puisqu'une sonde plus longue modifie les repères anatomiques habituels et rend le maintien et le positionnement plus difficiles sur l'animal. Les utilisateurs mentionnent qu'il faut souvent adapter le positionnement et faire attention à exercer une pression constante sur toute la longueur, sinon l'image s'en trouve déformée.

Son entretien est simple et le fait qu'il fonctionne sans ventilateur et qu'il soit dans un étui étanche, limite les risques de contamination lors du passage d'un site à un autre. La SU1 fonctionne sur batterie, qui possède une bonne autonomie, mais qui permet également de prendre des mesures tout en rechargeant celle-ci puisque l'appareil se branche à un bloc d'alimentation.

Le coût d'achat se situe autour de 6 000 \$ pour l'appareil et le iPad.

#### 4.2.3 SU2 (Sonoptek, Chine)

En cours de projet, une nouvelle version du logiciel et de la sonde SU1 a été rendue disponible, la SU2. Étant donné les résultats moins performants et le fait que la SU1 ne serait prochainement plus commercialisée, certains essais ont été réalisés avec la SU2. D'un point de vue de l'aspect physique, elle est identique à la SU1, mais possède un plus grand nombre de cristaux, ce qui améliore la définition de l'image.

Peu de paramètres étaient disponibles avec la SU1 pour assurer d'obtenir une image avec la meilleure qualité possible, uniquement la possibilité d'augmenter le gain et de modifier la profondeur, ce qui limite particulièrement la définition de la troisième couche de gras. La SU2 possède un menu un peu plus détaillé avec possibilité d'identification, de sauvegarde et de fichiers exportables de mesures. Ces nouvelles options ont demandé un peu d'adaptation par les utilisateurs pour ne pas écraser les données de l'animal précédent. Une attention devait être



portée pour s'assurer de vraiment vouloir éliminer les données avant de passer au prochain animal.

Une des problématiques de la SU1 ne permettait pas d'inverser le sens de l'image et le bouton pour figer l'image ne se retrouve pas du bon côté par rapport à l'avant de l'animal orienté vers la gauche de l'écran, ce qui représente un désavantage pour les utilisateurs en majorité droitiers. Il est maintenant possible d'inverser l'image avec la SU2, ce qui amène une plus grande facilité d'utilisation par tous les utilisateurs.

La SU2 fonctionne également sur batterie, qui possède une bonne autonomie, mais qui permet de prendre des mesures tout en rechargeant celle-ci puisque l'appareil se branche à un bloc d'alimentation.

#### 4.2.4 SF1 (Sonoptek, Chine)

La SF1 a été évaluée dans le projet pour sa précision quant à l'évaluation de l'épaisseur du gras dorsal au site P2 (état de chair) chez les truies. Tout comme la SU1, c'est un appareil de petit volume, portable et très léger, ce qui le rend intéressant lors de prises de mesures répétées. L'aspect « sans-fil » est encore une fois la caractéristique la plus appréciée par les techniciens malgré le fait qu'il fonctionne avec la technologie iPad et une connexion Wi-Fi qui est souvent instable, et ce, sans raison. Il en résulte souvent une difficulté à connecter de nouveau le iPad et la sonde, nécessitant généralement de refermer et redémarrer l'application, ce qui occasionne une grande perte de temps. Ce problème semble encore plus prononcé si le temps est trop long entre deux prises de mesures. La SF1 présente une belle définition de l'image, qui manque cependant de fluidité et rend difficile la capture de l'image désirée.

Bien qu'elle soit commercialisée également pour évaluer la mesure d'épaisseur de muscle, les utilisateurs ont mentionné que la longueur de la sonde est limitée pour assurer une stabilité de la lecture de l'image. Effectivement, l'appareil ne permet pas de visualiser les repères anatomiques habituels pour la mesure de l'épaisseur de muscle (permet de voir seulement 2 côtes au lieu de de 3 à 4 côtes) donc ne donne pas nécessairement une représentation fiable du muscle.

La mesure automatique de l'épaisseur du gras dorsal très efficace. Après capture d'image, un double clic à l'écran fait apparaître trois lignes de référence horizontales qui se positionnent toujours au bon endroit, à condition de fournir une image la plus nette et détaillée possible. Les utilisateurs ont rapporté qu'il est rare d'obtenir une mesure erronée, c'est-à-dire au mauvais endroit, sauf lors d'une mauvaise définition de la 3<sup>e</sup> couche.

Côté pratique, il est possible de figer l'image à partir directement de la sonde ou de l'iPad, ce qui diminue les mouvements de l'utilisateur et réduit donc les risques de bouger la sonde pendant la fixation de la mesure, ce qui pourrait mener à une image moins nette et un résultat peu fiable. Il est adapté pour un utilisateur droitier ou gaucher, en permettant d'inverser l'image dans le sens approprié, ce qui amène une plus grande facilité d'utilisation par tous les utilisateurs, droitier ou gaucher.

Son entretien est simple et le fait qu'il fonctionne sans ventilateur limite les risques de contamination lors du passage d'un site à un autre. Fonctionne sur batterie, qui possède une bonne autonomie, mais qui permet également de prendre des mesures tout en rechargeant celle-ci puisque l'appareil se branche à un bloc d'alimentation.

Le coût d'achat se situe autour de 4 500 \$ pour l'appareil et le IPAD.

#### 4.2.5 EXAGO (ECM, France)

Le manuel d'utilisateur ne fait aucunement référence à l'utilisation de l'appareil à des fins de mesures gras-muscle sur des animaux de ferme, ce qui est très peu pratique pour les techniciens qui utilisent l'appareil pour la première fois. L'Exago est assez comparable à l'Aloka d'un point de vue des spécifications, mais en plus performant. Les images sont claires et nettes et sont peu comparables aux autres appareils utilisés.

Contrairement à l'Aloka, il ne nécessite pas l'utilisation d'un bloc (Frame grabber board) qui assure la transformation et le transfert d'images entre l'échographe et le portable afin d'être sauvegardé par le logiciel d'analyse d'images. L'Exago possède un dispositif d'acquisition d'image, utilisé pour convertir une image vidéo en une seule image bitmap. Il fonctionne donc comme un réseau interne, ce qui n'affecte jamais la qualité du signal comparativement à l'Aloka et ne nécessite pas de calibration pour savoir si la force du signal qu'il reçoit est adéquate. Les utilisateurs ont trouvé avantageux que logiciel nécessaire pour analyser les images reçues soit le même que Aloka, qui est bien connu des techniciens, ce qui est un net avantage pour son utilisation.

Il est très facile de localiser les points de repère anatomique, musculaire ou squelettique, pour s'assurer de mesurer au bon site. Le taux de rafraîchissement rapide demande une certaine période d'adaptation pour les utilisateurs qui sont plutôt habitués de travailler avec des appareils ayant une dynamique de l'image moins sensible. Pour s'assurer d'avoir une belle qualité d'images, l'utilisateur doit vraiment être stable sur l'animal puisqu'une simple pression fait varier l'image.

L'appareil fonctionne sur batterie, qui possède une bonne autonomie, mais qui permet également de prendre des mesures tout en rechargeant la batterie de l'appareil puisqu'elle se branche à une source d'alimentation.

Le coût d'achat se situe autour de 25 000 \$ pour l'appareil, la sonde et une batterie.

#### 4.2.6 BACK FAT METER (Sonoptek, Chine)

Le Back Fat meter est un petit appareil, très léger, permettant de mesurer l'état de chair des truies de même que l'épaisseur de gras dorsal. Il fournit des résultats fiables et justes, et ce, peu importe le côté de l'animal, ce qui le rend pratique pour tout type d'utilisateur. Cependant, étant donné que la lecture se fait avec une très petite sonde, d'un diamètre d'environ 0,5 pouce et que son ergonomie peut parfois nuire au positionnement adéquat de la sonde sur l'animal, les mesures peuvent facilement être variables. Une mesure prise de chaque côté de l'animal permet de s'assurer d'une valeur juste et fiable.

Il est très facile d'utilisation à l'exception de l'indicateur de couche de gras qui ne semble pas très efficace et constant. Cela peut occasionner un risque de biaiser les résultats si l'utilisateur ne sait pas reconnaître les différentes couches de gras. D'ailleurs, certains usagers n'étaient pas en mesure d'observer la 3e couche de gras, surtout si l'angle n'était pas adéquat. Une bonne connaissance des structures internes de l'animal est donc importante avant l'utilisation de l'appareil pour assurer une prise de mesure fiable.

Son entretien est simple et le fait qu'il fonctionne sans ventilateur limite les risques de contamination lors du passage d'un site à un autre. Le Back Fat meter fonctionne sur batterie, qui possède une bonne autonomie, mais qui permet également de prendre des mesures tout en rechargeant celle-ci puisque l'appareil se branche à une source d'alimentation.

Le coût d'achat se situe autour de 1 000 \$ pour l'appareil.

## 5 Conclusion

Les nouveaux équipements ultrasons ne sont généralement pas testés de façon adéquate avant d'être mis sur le marché. Les techniciens seniors du Programme canadien sont fréquemment appelés à assurer des formations pratiques à l'étranger et ont ainsi accès à de nombreux appareils non disponibles au Canada. Pour conserver son expertise et demeurer en mesure de fournir les recommandations adéquates, ce projet propose de tester de nouveaux équipements disponibles dans des conditions optimales et assurer un transfert adéquat aux utilisateurs sur le terrain.

Les résultats obtenus dans ce projet, autant pour l'aspect précision que pour les différents aspects techniques, ont permis de démontrer que tous les appareils testés ont tous un bon potentiel d'utilisation sur le terrain. Cependant, les besoins de chacun des utilisateurs doivent être clairement établis avant la décision quant au choix de l'appareil. Il est important de rappeler que la formation théorique et pratique sur les mesures aux ultrasons est d'une grande importance et même une nécessité afin de s'assurer d'obtenir des résultats justes et fiables. Même un appareil hautement performant ne saura être un bon outil d'évaluation s'il n'est pas utilisé correctement.

# Annexe 1

## Revue technique

# Évaluation des appareils disponibles pour la prise de mesures aux ultrasons chez l'animal vivant

Mars 2018

Synthèse technique



## Auteure :

Marie-Pierre Fortier, cand. au Ph.D., CDPQ

## Collaboration :

Laurence Maignel, CCAP

Raymond Deshaies, CDPQ

Israël Michaud, CDPQ

Patrick Gagnon, CDPQ

©Centre de développement du porc du Québec inc.  
Dépôt légal 2018  
Bibliothèque et Archives nationales du Québec  
Bibliothèque et Archives Canada  
ISBN 978-2-924413-55-5

# Table des matières

Liste des tableaux.....	4
Liste des figures.....	4
Liste des images.....	4
1 Mise en contexte .....	5
2 La définition des ultrasons.....	6
2.1 Le son.....	6
2.2 Émission et transmission du son .....	7
3 La technique de mesure aux ultrasons.....	9
3.1 Les sites de mesures .....	9
3.2 Les facteurs d'influence.....	9
3.2.1 La technique de mesure.....	10
3.2.2 Les différents ajustements des paramètres.....	10
3.3 Les principales utilisations.....	11
4 Les différents équipements.....	12
4.1 Appareils en mode A.....	12
4.1.1 Piglog 105.....	12
4.2 Appareils en mode B.....	13
4.2.1 Appareils non portables .....	14
4.2.2 Appareils portables .....	14
4.2.3 Appareils portables sans-fil .....	16
5 Types de transducteurs .....	17
6 Conclusion .....	17
7 Références.....	18



## Liste des tableaux

Tableau 1. Vitesse du son à travers lors de son passage dans différents milieux .....	7
---	---

## Liste des figures

Figure 1. Schématisation d'une onde sonore .....	6
--	---

## Liste des images

Image 1. Le Piglog 105 .....	12
Image 2. Le Lean-Meater .....	13
Image 3. Le Backfat meter .....	13
Image 4. L'Aquila .....	14
Image 5. L'Aloka .....	14
Image 6. l'Exago .....	14
Image 7. La WED.....	15
Image 8. L'Ultrascan .....	15
Image 9. L'appareil Vetko.....	15
Image 10. L'appareil SU1 .....	16
Image 11. L'appareil SF1 .....	16
Image 12. L'Exapad (ECM, France).....	16

## 1 Mise en contexte

Le développement des nouvelles technologies se poursuit à une cadence élevée et de nouveaux équipements aux ultrasons pour les mesures de l'épaisseur de gras et/ou muscle dorsal se développent continuellement, tels que des appareils plus légers, sans fil et fonctionnant avec *wi-fi* pour assurer le transfert des données. Les prix de ces appareils sont variés de même que leur précision et leur durabilité.

Actuellement, les appareils Vetko+, Ultrascan50, Agroscan, WED et Aloka sont utilisés pour les différentes mesures aux ultrasons chez les éleveurs du Programme canadien pour l'amélioration génétique des porcs (PCAGP). Les appareils Vetko+ et Ultrascan50 sont particulièrement fiables, robustes et adaptés aux conditions de ferme. Malheureusement, ils ne sont plus fabriqués depuis quelques années et leur réparation est de plus en plus difficile. L'appareil ALOKA 500 a été introduit au cours des quinze dernières années pour permettre l'acquisition d'images pour la prédiction du gras intramusculaire. Il est employé dans différents contextes, que ce soit pour le travail en sélection, chez les producteurs commerciaux ou les intervenants de différents milieux, et ce, non seulement chez le porc, mais également dans plusieurs autres productions animales au Québec (ovins, bovins, etc.). Bien qu'efficace, il est un modèle plutôt dispendieux qui nécessite d'être jumelé à un ordinateur et n'est donc pas toujours pratique.

Cette revue technique a pour objectif de dresser une liste de certains appareils aux ultrasons disponibles au Canada. Les appareils ont été choisis en considérant leurs spécifications techniques ainsi que leur capacité à répondre aux besoins, non seulement de la recherche mais également des producteurs commerciaux. Les appareils devaient également être disponibles et commercialisés au Québec au moment de leur sélection.

## 2 La définition 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<sup>1,2</sup>. 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<sup>3</sup>. 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<sup>4</sup>.

### 2.1 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<sup>1</sup>. 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<sup>1,5,6</sup>.

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<sup>6,7</sup>. La fréquence est le nombre de vibrations passant un point donné dans une période de temps déterminé et est représentée par la distance entre la compression et la dépression de l'onde.

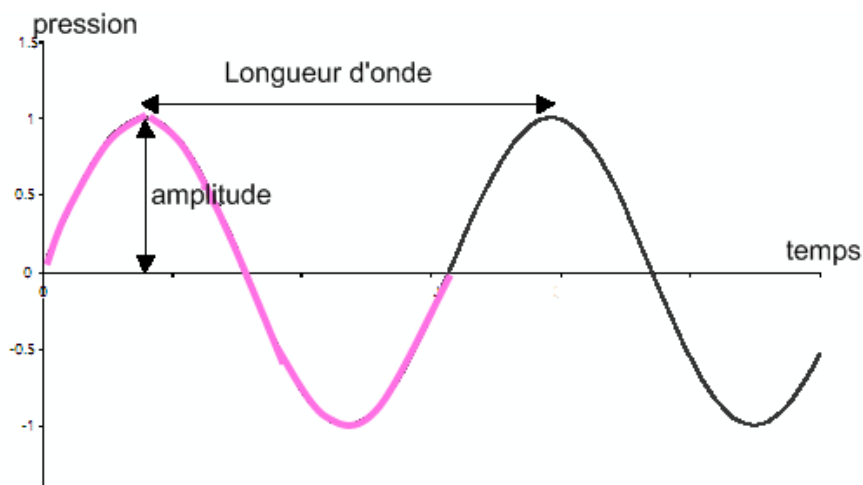


Figure 1. Schématisation d'une onde sonore

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<sup>5</sup>. 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<sup>6,8</sup>.

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<sup>6</sup>)

## 2.2 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<sup>8,9</sup>. 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<sup>4,8,10</sup>.

Dès que les ondes ultrasonores se rencontrent à une interface entre deux tissus ayant des propriétés acoustiques différentes, une partie des ondes ultrasonores est réfléchi 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<sup>11</sup>.

L'énergie mécanique est réfléchié 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<sup>8</sup>. 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 réfléchié sera importante<sup>6</sup>. 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<sup>7</sup>.

## 3 La technique de mesure aux ultrasons

### 3.1 Les sites de mesures

#### Porc

Depuis les années 80, l'évaluation de l'épaisseur du gras et de la profondeur du muscle se fait à un site bien précis chez le porc soit à 5 cm de la colonne vertébrale, entre les 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> avant-dernières côtes et ce, pour tous les animaux inscrits au Programme d'évaluation génétique au Québec. Par ailleurs, pour l'évaluation de l'état de chair des truies, la mesure de l'épaisseur de gras dorsal se fait plutôt au niveau de la dernière côte, à 6,5 cm de la ligne médiane<sup>1</sup>. Finalement, pour évaluer le niveau de gras intramusculaire de la longe, la mesure est également prise entre les 10<sup>e</sup> et 11<sup>e</sup> côtes.

Compte tenu de l'augmentation du poids d'abattage des porcs, un projet a été réalisé par le CDPQ, en 2014, évaluant l'effet du site de mesure sur la précision de l'épaisseur de gras, la profondeur de muscle et le niveau de gras intramusculaire. Les résultats ont permis de démontrer que, peu importe le site de mesure, les valeurs obtenues pour les différents critères étaient similaires pour chacun des sites.

#### Bœuf

Au Canada, les mesures aux ultrasons sont prises chez le bœuf à quatre différents sites, selon le caractère évalué<sup>12,13</sup>. L'épaisseur de gras de la croupe (mm) est mesurée à l'intersection de la ligne de l'os haut (troisième vertèbre sacrée) et de l'os de la hanche. L'épaisseur de gras des côtes (mm) est mesurée sur le *longissimus dorsi* (muscle de l'œil de longe) entre la 12<sup>e</sup> et la 13<sup>e</sup> côte. La sonde est placée parallèlement à la colonne vertébrale le long du muscle de la longe, plutôt que perpendiculaire à la colonne vertébrale, pour mesurer l'épaisseur de gras et la profondeur de muscle<sup>14</sup>. La surface de l'œil de longe (cm<sup>2</sup>) est mesurée à partir de la coupe transversale du *longissimus dorsi* entre la 12<sup>e</sup> et 13<sup>e</sup> côte. Finalement, le gras intramusculaire est mesuré à partir d'une image longitudinale du muscle *longissimus dorsi*, prise entre la 12<sup>e</sup> et 13<sup>e</sup> côte et exprimé en % de gras<sup>15</sup>.

#### Agneau

Aux États-Unis, Le site de mesure recommandé par le National Sheep Improvement Program, pour évaluer l'épaisseur de gras chez les moutons est situé entre les 12<sup>e</sup> et 13<sup>e</sup> côtes<sup>13</sup>. Au Québec, des essais réalisés par Thériault<sup>16</sup> 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 cote et l'os de la hanche.

### 3.2 Les facteurs d'influence

Bien que la technologie aux ultrasons soit considérée comme précise et fiable pour évaluer les différents caractères de la carcasse chez l'animal vivant, celle-ci présente tout de même certaines limites.

### 3.2.1 La technique de mesure

Les résultats obtenus par la mesure aux ultrasons sont souvent influencés par son utilisateur. Cela signifie que la qualité des images obtenues et leur interprétation précise dépendent de l'expérience et des connaissances du technicien<sup>8,17</sup>. La pression appliquée sur la sonde affecte peu la valeur de l'épaisseur de gras mais influence de façon plus importante la valeur de la profondeur du muscle en sous-estimant le résultat lorsqu'une pression trop forte est appliquée.

Le positionnement de l'animal peut également influencer les résultats des différentes mesures. Celui-ci doit se tenir debout et être maintenu immobile (cage, balance, etc.) afin de s'assurer d'avoir un bon contact entre le dos de l'animal et la sonde et ainsi éviter une déformation du gras et du muscle. La qualité de l'image obtenue avec l'appareil aux ultrasons dépend de la qualité du signal de réflexion du muscle vers la sonde. L'angle idéal de prise de mesure pour obtenir un maximum de réflexion est de 90° par rapport à la surface de la peau de l'animal. Cependant, cet angle peut varier en fonction de plusieurs facteurs tels que le poids de l'animal, la forme de la longe, l'ouverture des côtes, etc. L'angle sera donc déterminé afin d'obtenir un maximum de réflexion des muscles intercostaux. Généralement, plus l'angle par rapport au dos de l'animal est grand, moins la réflexion sera bonne et la qualité de l'image en sera alors de moindre qualité. Aussi, un animal souillé ou présentant une blessure peut occasionner des interférences dans les mesures en influençant la pénétration du son.

### 3.2.2 Les différents ajustements des paramètres

Les paramètres d'ajustement (gain, fréquence, etc.) peuvent varier d'un équipement à l'autre et une mauvaise mise au point peut nuire à la qualité de l'image obtenue et donc influencer les résultats obtenus, surtout lors de la mesure du gras intramusculaire. Une attention particulière sur les différents ajustements est alors très importante avant la prise de mesure.

L'utilisation ou non d'un gel-pad peut également influencer les résultats obtenus. Le gel-pad est un matériel acoustique qu'on ajoute à la sonde et qui permet d'éloigner la zone de début de lecture de la source d'émission et ainsi enlever les mauvais sons de surface pour obtenir une image plus claire. Lorsqu'aucun gel pad n'est utilisé, les ondes produites à la sortie de la sonde ont tendance à partir dans toutes les directions, ce qui crée une image beaucoup moins nette et peut influencer la lecture de la mesure.

La longueur de la sonde utilisée peut influencer l'exactitude de la mesure. Une sonde linéaire permet généralement de bien situer les repères anatomiques connus pour mesurer chacun des caractères. Une sonde trop longue ou trop courte aura tendance à modifier ces repères anatomiques habituels et rend également le maintien et le positionnement plus difficile de celle-ci sur l'animal.

### 3.3 Les principales utilisations

La technologie utilisant les ultrasons permet une mesure fiable et non-destructive de la carcasse à partir de l'animal vivant. Elle permet d'observer et de mesurer les changements dans les différents tissus chez un même animal afin d'étudier son développement à différents stades<sup>18</sup>. Elle est depuis longtemps un outil de développement génétique important qui permet la sélection rapide des animaux pour des caractères recherchés, sans qu'il soit nécessaire de les abattre ou d'attendre les résultats des mesures effectuées sur la descendance. Elle est aussi utilisée avec succès dans les domaines de la reproduction, de la gestion de l'alimentation en fonction de la composition corporelle et ce, dans plusieurs espèces animales.

Chez le porc, les ultrasons permettent la mesure de l'épaisseur du gras dorsal et la profondeur du muscle de la longe. La génétique a grandement bénéficié de cet outil pour diminuer l'adiposité totale des carcasses et répondre aux besoins des consommateurs à la recherche de coupes de viande plus maigres. Par exemple, l'épaisseur de gras dorsal, qui est un bon indicateur de la proportion de gras corporel, a diminué d'environ 40 % au cours des années 1980 à 2006.

Pour le bœuf, les images ultrasons peuvent fournir des informations précieuses aux producteurs de bétail. Les mesures de l'épaisseur de gras et de la surface de l'œil peuvent être utilisées pour prédire la classe de rendement (USDA)<sup>14</sup>. Les mesures sont également utilisées pour déterminer les écarts prédits sur la descendance (EPD), s'ils sont disponibles pour la race. Étant donné que les caractéristiques de composition corporelle mesurées par ultrasons sont généralement considérées comme hautement héritables, la sélection de taureaux de remplacement et de génisses ou de vaches en fonction de ces caractères entraînera un changement génétique rapide dans un troupeau<sup>2</sup>.



## 4 Les différents équipements

Il existe deux types d'appareils permettant les mesures ultrasons soit, le mode A (modulation d'amplitude) et le mode B (modulation de luminosité), qui sont différenciés principalement par leur mode d'affichage. La technologie à ultrasons en mode A a été appliquée à la recherche et à la production porcine au cours des 20 à 25 dernières années, mais sa précision limitée a conduit à l'utilisation du mode B, en temps réel<sup>18</sup>.

### 4.1 Appareils en mode A

Le mode A est le plus ancien et le plus simple des ultrasons. Les appareils en mode A fonctionnent avec un transducteur qui balaye un faisceau unidimensionnel à travers les tissus et les échos sont tracés sur l'écran en fonction de la profondeur (temps donné)<sup>18</sup>. Il se produit ensuite soit des points rouges sur une échelle, une valeur numérique ou une image sous forme de pics verticaux référant à l'amplitude et à la distance de l'onde de retour (écho) le long d'un axe horizontal. La distance entre deux pics donne l'épaisseur de la structure mesurée<sup>4,8,9</sup>. Le mode A peut être utilisé pour mesurer l'épaisseur du gras dorsal et/ou du muscle<sup>11</sup>.

Des appareils plus anciens tels que le Kraukramer et la Medimatic ont fait partie des premiers appareils largement utilisés par le passé mais ne sont plus ou peu utilisés à ce jour étant donnée toute l'avancée de la technologie aux ultrasons dans les dernières années.

#### 4.1.1 Piglog 105

Le Piglog 105 (Carometec, Danemark) est un appareil à ultrasons utilisé pour la mesure de l'épaisseur de gras dorsal et de profondeur de muscle chez le porc. En raison de ses capacités d'enregistrement de données, il peut être programmé pour calculer l'âge de l'animal, le gain quotidien et d'autres informations. Chaque mesure est calculée sur la base des courbes de réflexion de huit ondes sonores émises dans l'animal. Si les courbes de réflexion sont cohérentes, le logiciel avancé les analysera. Si ce n'est pas le cas, l'appareil répétera la séquence, le tout en quelques secondes. L'appareil mesure toutes les couches de gras et fournit des résultats précis dans la plage de 5 à 50 mm. Quant à elle, la profondeur du muscle est mesurée avec précision dans la plage de 30 à 70 mm. Les mesures sont stockées dans la mémoire et peuvent ensuite être téléchargées sur un ordinateur de bureau en quelques secondes<sup>19</sup>.



Image 1. Le Piglog 105

(source : <http://www.carometec.com/products/item/piglog-105>)

#### 4.1.2 Lean-meater et Backfat Meter

Le Lean-Meater (Renco, Canada) et le Backfat meter (Sonoptek, Chine) sont des équipements utilisés principalement pour mesurer l'épaisseur du gras dorsal chez la truie. Ils ne permettent d'ailleurs pas d'évaluer la mesure de l'épaisseur du muscle. Ils peuvent mesurer des épaisseurs comprises dans une plage de 5 à 40 mm avec une précision de  $\pm 1$  mm (.039") et ce, en moins de 10 secondes<sup>20</sup>. Ils ont également la capacité de mesurer la troisième couche d'épaisseur de gras et détecteront automatiquement le nombre de couches présentes. Seul le Lean-Meater utilise un affichage LED, qui fonctionnera sur une plus large gamme de températures et sera plus visible dans des conditions de lumière défavorables. L'utilisation de LED assure des lectures nettes et précises. Cet appareil fonctionne sur batterie ayant une capacité de 6 à 10 heures<sup>20,21</sup>.

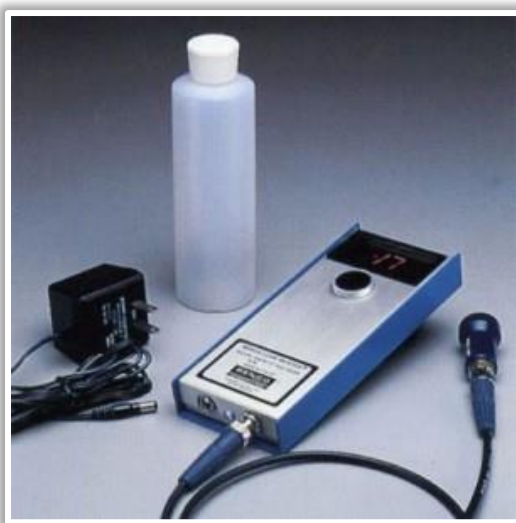


Image 3. Le Backfat meter



Image 2. Le Lean-Meater

(Source : [www.secrepro.com](http://www.secrepro.com))

#### 4.2 Appareils en mode B

Les appareils utilisant le mode B fournissent, à partir d'une série de points lumineux, une image en deux dimensions représentant une coupe transversale de l'endroit précis où la sonde est positionnée. La position et la luminosité de chaque point sur l'écran indique l'amplitude de l'écho retourné et est fonction du temps que met le son à revenir vers le transducteur. L'intensité lumineuse de ceux-ci est, quant à elle, proportionnelle à l'amplitude de l'écho de retour. L'épaisseur des tissus est représentée par la distance entre les points lumineux successifs. Ces appareils sont également capables de capter les mouvements du matériel étudié, c'est pourquoi on les appelle aussi échographes d'imagerie en temps réel (real-time)<sup>4,9</sup>. L'avantage notable du mode B est d'ailleurs de permettre de visualiser une dimension sur l'écran, de sorte qu'il devient possible d'afficher une image bidimensionnelle<sup>7</sup>. Les appareils en mode B sont utilisés pour mesurer l'épaisseur de gras et la profondeur de muscle chez les animaux. Ils permettent également une évaluation du niveau de gras intramusculaire dans le muscle<sup>11</sup>. Les appareils en mode B peuvent être classés en trois catégories soit, non-portables, portables et portables sans-

fil.

#### 4.2.1 Appareils non portables

##### Aloka et Aquila

L'Aloka (Aloka, Japon) et l'Aquila (Pie Medical, Japon) sont deux échographes polyvalents et d'ailleurs largement utilisés dans le domaine animal<sup>22,23</sup>. Ils permettent tous deux d'évaluer l'épaisseur de gras et la profondeur de muscle, de même que le niveau de gras intramusculaire et ce, dans toutes les espèces. Ce sont des appareils qui requièrent un poste fixe et nécessitent d'être couplés à un ordinateur pour fonctionner. Ils permettent une mesure fiable des différentes structures de la carcasse et ce, jusqu'à une profondeur de 180 mm pour l'Aquila et de 220 mm pour l'Aloka<sup>15,24</sup>.



Image 4. L'Aloka  
(source : [www.dgf.ca](http://www.dgf.ca))



Image 5. L'Aquila Vet

##### EXAGO

L'Exago (ECM, France) est essentiellement utilisé en milieu médical ou vétérinaire au niveau du système reproducteur<sup>25,26</sup> mais démontre un fort potentiel pour évaluer les différentes structures de la carcasse sur l'animal vivant tel que la mesure d'épaisseur de gras, de muscle et le niveau de gras intramusculaire. La résolution d'image haut de gamme de cet appareil permet des captures d'images rapides et exceptionnelles qui sont facilement analysées. Par ailleurs, l'Exago est déjà compatible avec les principaux logiciels disponibles sur le marché pour l'analyse des images chez le porc. 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<sup>27</sup>.



Image 6. L'Exago

## 4.2.2 Appareils portables

### WED

La WED (Welld, Chine) est un échographe portable, avec un design ergonomique et présentant une excellente qualité d'image. Utilisé dans toutes les espèces animales, il permet les tests de gestation précoce et la mesure d'épaisseur de gras dorsal et de profondeur de muscle. Il possède un mode d'enregistrement en cinéloop, de 30 secondes en continu, qui permet la révision des manipulations<sup>28</sup>. 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 5 à 220 mm<sup>29,30</sup>.



Image 7. La WED  
(source : [www.dgf.ca](http://www.dgf.ca)).

### Vetko et Ultrascan

L'appareil Vetko (Alliance médicale, Canada) et l'Ultrascan (Alliance médicale, Canada) sont des échographes qui permettent la réalisation des tests de gestation de même que la mesure de gras dorsal et de la profondeur 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. Chaque image est traitée 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<sup>31</sup>.



Image 9. L'appareil Vetko+  
(source : [www.dgf.com](http://www.dgf.com))



Image 8. L'Ultrascan50

### 4.2.3 Appareils portables sans-fil

#### SU1 et SF1

Les appareils SU1 et SF1 (Sonoptek, Chine) sont de petits échographes portables, légers, à connexion sans fil et nécessitant un accès à un réseau Wi-fi pour fonctionner. La version « SU1 » possède une sonde de 180 mm et peut réaliser des mesures de profondeur comprises dans une plage de 70 à 160 mm, ce qui permet non seulement l'évaluation de l'épaisseur du gras mais également l'épaisseur du muscle<sup>32</sup>. Déjà une deuxième version, la « SU2 » est maintenant disponible et peut réaliser des mesures fiables comprises dans une plage de 80 à 200<sup>33</sup>. L'échographe « SF1 » possède une sonde de 45 mm et fonctionne à une fréquence de 5 Mhz. L'appareil assure également une mesure de gras et de muscle et fournit des résultats précis dans la plage de 40 à 120 mm<sup>34</sup>.

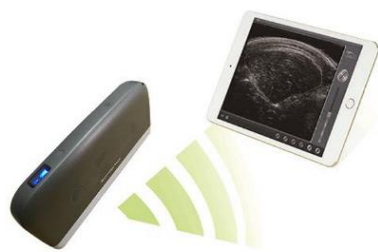


Image 10. L'appareil SU1

(source : [www.secrepro.com](http://www.secrepro.com))



Image 11. L'appareil SF1

#### Exapad

L'Exapad (ECM, France) est conçu avec les dernières technologies disponibles et fonctionne sensiblement comme l'Exago à l'exception qu'il soit portable, très léger et sans-fil. Utilisé uniquement en milieu médical ou vétérinaire, il démontre lui aussi un fort potentiel pour évaluer les différentes structures de la carcasse su l'animal vivant. La résolution d'image haut de gamme de cet appareil permet des captures d'images rapides et exceptionnelles qui sont facilement analysées Il se distingue de l'Exago par son système d'interface *Echo Touch* où seules les fonctions nécessaires sont présentes à l'écran, rendant le travail des utilisateurs plus rapide et efficace. Il possède également une commande vocale pour utiliser les principales fonctions de l'échographe, permettant une grande autonomie même lorsque l'appareil est à distance<sup>35</sup>.



Image 12. L'Exapad (ECM, France)

(source : [secrepro.com](http://secrepro.com))

## 5 Types de transducteurs

Le transducteur est la partie indispensable de la technologie puisqu'elle est à l'origine des ondes ultrasons de l'échographe et elle permet de convertir les échos reçus en signaux électriques. 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<sup>1</sup>. 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<sup>8,15</sup>. La sonde sectorielle contient des réseaux curvilignes de cristaux plutôt qu'en ligne droite, qui produisent une image en forme d'éventail avec un champ proche étroit et un champ lointain plus large<sup>8,15</sup>. L'utilisation de la sonde sectorielle permet de visualiser des structures plus définies et plus profondes que la sonde linéaire.

## 6 Conclusion

Les appareils disponibles sur le marché pour réaliser les mesures aux ultrasons sur l'animal vivant ont grandement évolué au cours des dernières années. Quoi qu'encore utilisés aujourd'hui par certains techniciens, les appareils non-portables et plus volumineux ont été remplacés au fil du temps par des appareils portables, beaucoup plus légers et fonctionnant avec une connexion sans-fil. Utilisant tous la même technologie des ultrasons, ces appareils se distinguent par leurs spécificités techniques, qui permettent ou non la mesure de différents caractères, leur configuration, leur précision et leur durabilité.

## 7 Références

1. Daigle, J.P. 2002. Révision de la théorie des ultrasons et applications. [En ligne]. <http://www.cdpq.ca/getattachment/f4f1bff4-2fab-4939-be2b-da8343dc1e5b/Revision-de-la-theorie-des-ultrasons.aspx>
2. 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>
3. Balaban, R.S. et V.A. Hampshire. 2001. Challenges in Small Animal Non invasive Imaging. ILAR journal, 42(3) : 248-62.
4. Houghton, P.L. et M. Turlington. 1992. Application of Ultrasound for Feeding and Finishing Animals: A Review. Journal of animal science, 70 : 930-941.
5. University of Guelph. Animal Biosciences. S.d. Fat-depth measurement. [En ligne]. <http://www.aps.uoguelph.ca/~swatland/rep242nr.htm>
6. Amin, V. et D. Wilson. 2004. Introduction to Principles of Ultrasound for Scanning Beef Cattle. Présentation PowerPoint.
7. 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>
8. Secret. 2006. Basic Principles of Ultrasonography. [En ligne]. <http://www.vetfolio.com/diagnostics/basic-principles-of-ultrasonography>
9. 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.
10. Shields, C. S.d. La physique des ultrasons. [En ligne]. <http://www2.cegep-ste-foy.qc.ca/freesite/fileadmin/users/83/ultrason.ppt>
11. 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.
12. Angus Australia. 2016. Collecting live animal ultrasound scanning information. [En ligne]. [https://www.angusaustralia.com.au/content/uploads/2016/11/CI\\_Yearlings-3.pdf](https://www.angusaustralia.com.au/content/uploads/2016/11/CI_Yearlings-3.pdf)
13. Andrews, T. 2015. Live cattle assessment. NSW Department of Primary Industries. Prime Fact. [En ligne]. [https://www.dpi.nsw.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0008/148355/live-cattle-assessment.pdf](https://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0008/148355/live-cattle-assessment.pdf)
13. Wilson, D.E. 1992. Application of ultrasound for genetic improvement. Journal of animal science, 70 : 973-983.

14. Carr, C., Johnson, D. et M. Shuffitt. Ultrasound and carcass merit of youth market cattle. [En ligne]. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/files/AN/AN27900.pdf>
15. Esaote Pie Medical. 2003. Aquila Vet. Application manual. Version 58B12UA01-200301.
16. 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.
17. Herring, W.O., Mille, D.C., Bertrand, J.K. et L.L. Benyshek. 1994. Evaluation of machine, technician, and interpreter effects on ultrasonic measures of backfat and longissimus muscle area in beef cattle. Journal of animal science, 72 : 2216-2226.
18. Anna Carabús, Marina Gispert and Maria Font-i-Furnols. 2016. Imaging Technologies To Study The Composition Of Live Pigs: A review. Spanish Journal of Agricultural Research, 14(3) : 16 p.
19. Carometec. Piglog 105. Profi table Breeding Management. [En ligne]. [http://www.carometec.com/images/zoo/pdf/brochures/Piglog-105\\_English.pdf](http://www.carometec.com/images/zoo/pdf/brochures/Piglog-105_English.pdf)
20. Renco Corporation. 2006. Lean-Meater. Instructions for using the series 12. [En ligne]. [https://www.pig333.com/3tres3\\_common/tienda/doc/10\\_renco\\_Lean\\_Meater\\_Instructions.pdf](https://www.pig333.com/3tres3_common/tienda/doc/10_renco_Lean_Meater_Instructions.pdf)
21. BFM-1 Back fat meter. Operator's Manual. [En ligne]. [http://www.pregchecker.net/wp-content/uploads/2017/05/BFM-Op-Manual-back-fat-meter\\_en.pdf](http://www.pregchecker.net/wp-content/uploads/2017/05/BFM-Op-Manual-back-fat-meter_en.pdf)
22. 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.
23. Maignel, L., Daigle, J.P., Plourde, N., Gariépy, C. et Sullivan. Utilisation de la technologie des ultrasons pour la prédiction in vivo du pourcentage de gras intramusculaire de la longe. [En ligne]. <http://www.cdpc.ca/getattachment/f89b07d8-7a63-44fd-9d2d-7ec207de4d96/Utilisation-de-la-technologie-des-ultrasons-pour-l.aspx>
24. 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)
25. 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.
26. 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.
27. ECM Echo Control Medical. Exago. [En ligne]. <http://www.ecmscan.com/wp-content/uploads/2014/09/EXAGO-VETO-FRANCAIS-HDEF.pdf>
28. DGF. WED-3000. [En ligne]. <http://www.dgf.ca/DGF/fr/pdf/Depliant%20WED-3000.pdf>



29. WELLD. WED-3000 Full Digital Ultrasound System. [En ligne]. <http://ultrasound-scanner.com/2-3-digital-ultrasonic-diagnostic.html>
30. WELLD. WED-3000. [En ligne]. <http://www.welld.com.cn/en/product/show.php?id=1&sid=3&pid=34>
31. 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.
32. Importvet. SU-1 Wireless Loin Muscle Scanner's Guider. [En ligne]. <http://www.importvet.com/en/manuales/User%20manual%20SU-1.pdf>
33. SonopTek. SU-2 Wireless Loin Muscle Scanner's Guider.
34. Secrepro. SF-1. Wireless Backfat & Loin Depth Scanner. [En ligne]. <https://secrepro.com/wp-content/uploads/2017/04/SF-1muscle.pdf>
35. Secrepro. Portable Ultrasound. Exapad. [En ligne]. <https://secrepro.com/wp-content/uploads/2017/09/EXAPAD-exapad-.mini-plaquette-veto-secrepro.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](mailto:cdpq@cdpq.ca) • [www.cdpq.ca](http://www.cdpq.ca)

 @cdpqinc

