

Technologies novatrices pour améliorer la rentabilité des fermes porcines québécoises



Janvier 2014

Rapport final

Marie-Aude Ricard, ing.
Jacquelin Labrecque, ing. jr
Frédéric Fortin, M. Sc., agr.
Joël Rivest, Ph. D.

©Centre de développement du porc du Québec inc.
Dépôt légal 2014
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
Bibliothèque et Archives Canada
ISBN 978-2-922276-95-4

Équipe de réalisation

Répondant	Frédéric Fortin, M. Sc., agr.
Direction scientifique	Frédéric Fortin, M. Sc., agr.
Chargé de projet	Richard Mailhot, B. Sc. A.
Rédaction	Marie-Aude Ricard, ing. Jacquelin Labrecque, ing. jr
Collaborateurs	Joël Rivest, Ph. D. Yvon Allard, B. Sc. A. Audrey Bussièrès, B. Sc. A., agr. Mélanie Roy, B. Sc. A. Louis Moffet Israël Michaud, dta Philippe McSween, dta Laurence Maignel, M. Sc., Centre canadien pour l'amélioration des porcs inc.

Remerciements

Ce projet a été réalisé grâce à une aide financière d'Agriculture et Agroalimentaire Canada et du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation accordée en vertu du Programme de soutien aux stratégies sectorielles de développement.



Table des matières

1	Introduction	1
1.1	But et objectif de la revue de littérature	2
1.2	Stratégie de recherche.....	2
2	Technologies pour améliorer la rentabilité des fermes porcines québécoises.....	3
2.1	Accéléromètre.....	3
2.2	Systèmes d'identification individuelle des animaux	4
2.3	Systèmes d'analyse du comportement par imagerie	6
2.4	Thermographie infrarouge	10
2.5	Systèmes de prédiction de poids par imagerie	13
2.6	Systèmes de mesures de la consommation d'eau individuelle.....	20
2.6.1	Évaluation d'un concept à l'aide de prototypes	21
2.6.2	Validation du concept à plus grande échelle.....	25
2.6.2.1	Nombre de points d'eau par enclos (effet sur consommation d'eau) ..	26
2.6.2.2	Précision du système comparativement à des méthodes de mesures par un simple débitmètre	26
2.6.2.3	Précision du système en terme d'erreur sur la mesure	29
2.6.3	Comportement d'abreuvement des animaux.....	32
3	Conclusion	38
4	Références.....	40

Liste des figures

Figure 1	Caméra GoPro Hero3+ utilisée dans le cadre du projet	8
Figure 2	Délimitation des zones étudiées dans le parc.....	9
Figure 3	Caméra infrarouge Flir A325sc	11
Figure 4	Caméra infrarouge FLIR A325cs installée à la Station	12
Figure 5	Image d'un porc obtenu avec la caméra infrarouge.....	13
Figure 6	Système Qscan.....	15
Figure 7	Exemple de graphique obtenu par la technologie Qscan	15
Figure 8	Vue aérienne des animaux utilisée par la technologie Qscan pour en déterminer les dimensions de surface	16
Figure 9	Technologie OptiScan.....	16
Figure 10	Utilisation de la technologie OptiScan en ferme	17
Figure 11	La technologie OptiSort est une station de tri munie d'une caméra.....	18
Figure 12	Interface du logiciel OptiSort	18
Figure 13	Séquence d'utilisation de la technologie OptiSort.....	18
Figure 14	Technologie ClicRweight.....	19
Figure 15	Système Eyescan de la compagnie britannique Fancom	20
Figure 16	Installation du bol à eau conçu dans le projet.....	25
Figure 17	Conception du bol à eau éliminant le gaspillage.....	29

Liste des graphiques

Graphique 1	Taux d'occupation du bol à eau #1	22
Graphique 2	Taux d'occupation du bol à eau #2	22
Graphique 3	Taux d'occupation du bol à eau #3	23
Graphique 4	Consommation d'eau moyenne par porc par jour pour deux enclos à l'étude.....	23
Graphique 5	Consommation d'aliment moyenne par porc par jour pour deux enclos à l'étude.....	24
Graphique 6	Comparaison entre la consommation totale par jour pour un point d'eau et deux points d'eau	26
Graphique 7	Évolution du pourcentage des visites sans écoulement d'eau dans le bol au fil des jours	28
Graphique 8	Comparaison entre les mesures faites par un débitmètre et les mesures faites par le système élaboré lors du projet sur une période donnée (animal 04052781, parc 08-01)	28
Graphique 9	Distribution des erreurs absolues représentée par un histogramme (parc 08-01).....	30
Graphique 10	Erreur relative par animal par visite en fonction du volume d'eau consommé (parc 08-01)	30
Graphique 11	Nombre de visites classées par consommation à chacune d'entre elles (parc 08-01, par animal, par visite)	31
Graphique 12	Erreur relative par animal par jour en fonction du volume d'eau consommé (parc 08-01)	31
Graphique 13	Nombre de visites classées par consommation à chacune d'entre elles (parc 08-01, par animal, par jour).....	32
Graphique 14	Évolution des consommations quotidiennes d'aliment et d'eau (animal 136, parc 08-01).....	33
Graphique 15	Évolution des consommations quotidiennes d'aliment et d'eau (animal 060, parc 12-08).....	33
Graphique 16	Consommation par heure pour l'animal 036 pendant une semaine (parc 12-08).....	34
Graphique 17	Consommation par 6 heures pour l'animal 036 pendant une semaine (parc 12-08).....	34
Graphique 18	Consommation par 12 heures pour l'animal 036 pendant une semaine (parc 12-08).....	34
Graphique 19	Consommation par 24 heures pour l'animal 036 pendant une semaine (parc 12-08).....	35
Graphique 20	Distribution (fréquence) des différents volumes consommés par visite (parc 08-01).....	35

Graphique 21	Distribution (fréquence) du nombre de visites par jour pour l'animal 04052781	36
Graphique 22	Distribution (fréquence) du nombre de visites par jour pour l'animal 04053257	36
Graphique 23	Distribution (fréquence) du nombre de visites par jour pour l'animal 05013517	37
Graphique 24	Distribution (fréquence) de la durée des visites pour le parc 08-01	37

1 Introduction

La situation financière étant difficile depuis plusieurs années dans le secteur porcin, des solutions visant à augmenter la productivité et à réduire les dépenses doivent inévitablement être apportées pour assurer la survie de l'industrie. C'est précisément dans ce cadre que se placent les technologies visant à mesurer différents caractères comme l'efficacité alimentaire, le rendement en viande maigre et le gain quotidien. D'un autre côté, la société et l'industrie sont de plus en plus conscientisées aux questions de comportement et de bien-être animal de même qu'aux problèmes environnementaux et il est maintenant primordial d'être capable de les évaluer et de répondre à ces questions.

L'élevage de précision contribue à l'amélioration du bien-être animal et à la réduction de l'impact environnemental de l'élevage tout en préservant les performances techniques et économiques des élevages (EU-PLF, 2013). Depuis les dernières années, la gestion et l'élevage de précision ont pris de l'importance, offrant un suivi individuel des animaux. En production laitière, la traite robotisée en est un bon exemple permettant de réduire de beaucoup les besoins en main-d'œuvre et d'offrir un suivi du bien-être des animaux, de leur activité, de leurs gains et pertes de poids et de l'état de santé de leur pis (Rodenburg, 2008). Cette gestion de précision fait appel à des outils munis de capteurs et à des appareils robotisés. Les technologies de précision facilitent l'identification et la traçabilité de chaque animal (systèmes d'identification électronique) favorisant le bien-être grâce à un meilleur suivi de l'état de santé et à l'amélioration des soins individuels (Rodenburg, 2008). Diverses techniques font partie des outils de gestion de précision en élevage, dont entre autres, les systèmes d'identification électronique, les systèmes de tri automatisés et les appareils de surveillance de l'activité (Rodenburg, 2008).

La Station d'évaluation des porcs de Deschambault est au service de la filière porcine depuis 1994. Dès ses débuts, elle se voulait un outil unique au service de la production porcine québécoise. En 1997, elle a été équipée d'un système d'alimentation (IVOG) lui permettant de mesurer la consommation alimentaire individuelle et de connaître le comportement alimentaire de chaque porc. Elle représente depuis un outil unique pour le développement de la filière porcine en permettant, entre autres, de mesurer précisément la conversion alimentaire des porcs. Ces installations nous ont permis à l'époque d'être des pionniers en ce domaine et nous ont ensuite permis de devenir une référence en ce type d'installation. Depuis, d'autres organisations se sont munies de ce type d'équipement afin de connaître la consommation de leurs porcs à des fins de recherche ou de sélection génétique. Le Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ) a collaboré à l'implantation de cet équipement dans les fermes porcines québécoises en ayant montré son fonctionnement, son efficacité et ses retombées potentielles.

Pour conserver son statut de centre novateur, le CDPQ a décidé d'installer de nouveaux équipements à la Station d'évaluation des porcs de Deschambault, qui lui permettront de recueillir de nouvelles données. La Station est un leader pour l'intégration de ces nouvelles technologies. Elle est non seulement un centre de mesures phénotypiques approfondies, mais aussi une référence en essais et installation de ces nouvelles technologies. C'est un lieu unique pour identifier les technologies ayant le meilleur potentiel et pour en faciliter l'intégration dans les fermes porcines québécoises.

Plusieurs technologies prometteuses ont connu un développement important au cours des dernières années et elles sont en voie d'être utilisées commercialement afin d'aider les producteurs dans leur régie, leur gestion et leur prise de décision ainsi qu'aux sélectionneurs pour l'amélioration génétique des porcs. Parmi les technologies les plus prometteuses, il y a :

- les accéléromètres;
- l'analyse vidéo (comportement);
- l'imagerie infrarouge (température);
- la prédiction du poids par imagerie;
- les stations d'abreuvement individuelles (consommation d'eau).

La Station d'évaluation des porcs de Deschambault est l'endroit privilégié pour développer et évaluer ces technologies, car plusieurs données de performance sont prises sur les porcs et celles-ci seront nécessaires pour valider les nouvelles données enregistrées par les nouvelles technologies. Étant donné que de nombreuses technologies potentiellement prometteuses sont disponibles, une recherche a été effectuée sous forme de revue de littérature.

1.1 But et objectif de la revue de littérature

La revue de littérature effectuée dans le cadre de ce projet a permis d'identifier les diverses technologies disponibles ayant le meilleur potentiel pour améliorer la rentabilité des fermes porcines. L'information colligée sur les différentes technologies a permis d'obtenir, entre autres, des renseignements concernant leur principe de fonctionnement, leurs caractéristiques, leurs points forts et leurs points faibles, leur coût, leur disponibilité et les renseignements que ces technologies sont en mesure de fournir. La revue de littérature a permis d'analyser le potentiel d'utilisation de ces technologies et ainsi d'effectuer la sélection des technologies les plus prometteuses pour en faire l'installation en station.

1.2 Stratégie de recherche

La première étape consistait à identifier les technologies disponibles. Des recherches par mots clés ont été effectuées afin de voir si des résultats de recherche avaient déjà été publiés sur l'utilisation de diverses technologies. Les recherches ont été effectuées dans des bases de données d'articles scientifiques, sur le web et dans les revues techniques. Les articles retenus devaient permettre d'obtenir de l'information sur différentes technologies pour ensuite consulter leur fiche de spécifications, leurs caractéristiques, leur mode d'installation, leurs applications mais aussi de déterminer les aspects novateurs que ces technologies apporteraient en matière de nouvelles données et mesures pour la Station ainsi que les résultats obtenus lors de projets de recherche. Des fabricants ou distributeurs ont été contactés afin d'obtenir plus de détails sur leurs caractéristiques, leur coût d'achat et leur disponibilité. Certaines technologies sont toujours en développement et ne sont pas encore commercialisées au moment d'écrire ce document.

2 Technologies pour améliorer la rentabilité des fermes porcines québécoises

2.1 Accéléromètre

L'accéléromètre peut être utilisé dans diverses expérimentations et pour différentes applications (chocs, vibration, mouvement).¹ En pratique sportive, l'accéléromètre devient un allié lors d'un entraînement pour la mesure de la vitesse, de la distance ou de l'allure de course.² Dans le monde de l'informatique, certains fabricants l'utilisent dans les ordinateurs portables afin de protéger le disque dur; une chute accidentelle de l'ordinateur portable est détectée par l'accéléromètre et le disque dur est mis hors tension.³ En médecine, il est intégré dans les pacemakers (Pavel, 2005) et une étude conduite sur des porcs a prouvé que l'ischémie myocardique peut être détectée par l'accéléromètre et que cette technique peut être utilisée pour le suivi continu en temps réel de l'ischémie myocardique pendant et après une chirurgie cardiaque (Halvorsen *et al.*, 2009).

Ces appareils mesurent l'accélération dynamique qui résulte d'un mouvement ou d'une vibration. Ils peuvent aussi mesurer l'accélération statique de la gravité, ce qui rend possible les mesures d'inclinaison et de position. Il est donc possible d'obtenir une évaluation de la position d'un animal au fil du temps (le temps passé debout ou couché durant une certaine période de temps) grâce aux données enregistrées à différents intervalles, ce qui permet de déterminer le degré et le type d'activité.

En production animale, l'utilisation des accéléromètres a été, jusqu'à présent, exclusivement réservée aux recherches scientifiques sur le comportement, en fournissant des renseignements sur le niveau d'activité des animaux par leurs déplacements et leur posture, puisque ceux-ci sont souvent de bons indicateurs de l'impact des conditions environnementales et de l'état physiologique de l'animal (Ringgenberg *et al.*, 2010). Cette technologie peut permettre d'identifier rapidement des animaux ayant des problèmes de santé lorsqu'une forte diminution de leur activité est observée. L'accéléromètre a d'ailleurs été utilisé pour identifier des problèmes de boiterie chez la truie, permettant de compter leurs pas ou de mesurer le temps passé debout ou couché (Grégoire, 2012). Il a été démontré que les accéléromètres peuvent être utilisés avec succès pour détecter les postures debout, coucher latéral et coucher ventral de façon précise (Ringgenberg *et al.*, 2010). Des études menées sur le développement de méthodes pour la classification automatique d'activités spécifiques chez les truies ont démontré que le type d'activité peut être classifié de façon satisfaisante (Cornou et Lundbye-Christensen, 2008; Cornou et Lundbye-Christensen, 2010; Cornou *et al.*, 2011). Pour cinq types d'activité (comportement très actif (se nourrir et fouir), comportement moyennement actif (se tenir debout, s'asseoir ou coucher ventral de façon active), être couché sur le côté de façon passive, être couché sur l'autre côté de façon passive et finalement coucher ventral de façon passive), les résultats obtenus par Cornou *et al.* (2011) semblent satisfaisants; 75 à 100 % des types d'activités ont pu être correctement classifiés. En production laitière, il existe un système de surveillance utilisant l'accéléromètre pour mesurer l'activité de la vache dans le but de détecter les chaleurs, puisqu'en cette période, l'activité de la vache laitière augmente significativement (Allain *et al.*, 2012). Il a été démontré que ce système permet un taux de détection automatique des chaleurs de 82 % (Harty, 2008).

¹ http://www.alliantech.com/pdf/coin_des_experts/generalite_sur_accelerometrie.pdf

² <http://www.polar.com/ca-fr/produits/accessoires/s1>

³ <http://www.dimensionengineering.com/info/accelerometers>

Par contre, le bon maintien de l'appareil est important afin d'éviter qu'il ne se détache de l'animal. Il est nécessaire d'utiliser une ceinture pour maintenir le lecteur en place et ce dernier risque d'être la cible des autres porcs du parc. Le format de l'appareil doit être adapté à la morphologie de la patte de l'animal pour une installation sur ce membre. Le format de l'appareil doit figurer dans la liste des critères de sélection (Grégoire, 2012). Il se peut que l'appareil occasionne des rougeurs sur la peau de l'animal (Ringgenberg *et al.*, 2010).

Considérant les mouvements de l'animal et ses interactions physiques avec ses pairs (bataille), l'utilisation d'accéléromètres n'a pas été priorisée dans le cadre du projet puisqu'ils ont le désavantage d'être des appareils difficiles à installer et à maintenir sur le porc pour suivre son comportement. Ces contraintes rendraient probablement difficile son utilisation en milieu commercial.

2.2 Systèmes d'identification individuelle des animaux

Différents systèmes existent pour l'identification des animaux, comme l'étiquette conventionnelle à l'oreille, le tatouage et la puce électronique (marquage auriculaire ou implant). L'étiquette conventionnelle à l'oreille est la méthode la plus utilisée pour l'identification des animaux de ferme.⁴ En recherche, l'identification individuelle automatisée devient nécessaire pour connaître la consommation alimentaire individuelle ou le comportement alimentaire. Le comportement alimentaire et le temps passé à la trémie peut constituer une information utile pour identifier des animaux malades et évaluer différents schémas génétiques à l'intérieur d'un troupeau (Brown-Brandl, 2013). L'utilisation d'un transpondeur (puce) et d'un lecteur devient indispensable pour les besoins. Pour le secteur porcin, le coût de cette technologie et ses contraintes d'utilisation rendent difficile son application en milieu commercial.

L'abréviation RFID signifie *Radio Frequency Identification*, soit l'identification par radiofréquence.⁵ Ce système d'identification permet d'identifier un objet, d'en suivre le cheminement et d'en connaître les caractéristiques à distance grâce à une étiquette qui émet des ondes radio.⁶ Cette étiquette contient une petite puce qui peut enregistrer et garder en mémoire des données (numéro de série, prix, relevé d'achat) et elle peut être attachée à différentes choses (marchandise, véhicules, animaux de compagnie et bétail).⁵ La puce, qui fait à peine quelques millimètres, est constituée d'un microprocesseur et d'une antenne.⁷ La puce émet une onde radio qui diffuse les informations qu'elle contient.⁷ La lecture ou le suivi d'une étiquette se fera par un lecteur électronique utilisant des signaux radio⁵. L'objet porteur de l'étiquette est identifié lorsqu'il passe à proximité d'un interrogateur.⁸ L'étiquette réagit à la réception du signal envoyé par le lecteur et lui retourne l'information demandée. Il existe plusieurs fréquences radio pouvant être utilisées, de même que différents types d'étiquette ayant différents types d'alimentation et de modes de communication.⁸

Les étiquettes RFID sont divisées en trois catégories : les étiquettes en lecture seule (non modifiables), les étiquettes en écriture unique et lecture multiple et finalement les étiquettes en lecture-réécriture.⁶ Il existe deux familles d'étiquettes RFID : les étiquettes actives et les étiquettes passives. Les étiquettes actives utilisent une source d'énergie provenant d'une pile interne, ont une meilleure portée, mais leur durée de vie est limitée.⁶ Les étiquettes passives utilisent l'énergie émise par le signal radio du lecteur et ont une durée de vie quasi illimitée.⁶

⁴ http://www.ccac.ca/fr/_education/pnfiua/animaux-vivariums/am-soins-de-base/am-sb-brochure

⁵ <http://www.ic.gc.ca/eic/site/oca-bc.nsf/fra/ca02320.html>

⁶ <http://www.commentcamarche.net/contents/1028-rfid-radio-frequency-identification>

⁷ http://www.cnil.fr/documentation/questionsreponses/?tx_irfaq_pi1%5BshowUId%5D=171&tx_irfaq_pi1%5Bback%5D=amF2YXNjcmliwdDpoaXN0b3J5LmdvKC0xKQ%3D%3D

⁸ <http://www.centrenational-rfid.com/definition-de-la-rfid-article-71-fr-ruid-17.html>

Cette technologie a connu une forte croissance et fait partie du quotidien. Par exemple, la puce antivol de clés d'automobile qui demande un code valide pour le démarrage du véhicule⁵, ou encore le badge d'accès pour un bâtiment ou une salle.⁸ La RFID est utilisée depuis plusieurs années dans l'identification des animaux domestiques et des animaux d'élevage et elle utilise traditionnellement la basse fréquence (Institut MAUPERTUIS, 2012). L'utilisation des basses fréquences comporte toutefois des limites de distance de lecture, qui se limite à quelques dizaines de centimètres (Institut MAUPERTUIS, 2012). À l'échelle de la filière porcine, des essais ont été effectués au Danemark afin de tester l'utilisation des ultra-hautes fréquences pour augmenter la distance de lecture jusqu'à deux mètres pour faciliter la localisation des animaux en liberté dans les porcheries (Institut MAUPERTUIS, 2012).

Chez l'animal, le dispositif d'identification peut être porté à l'oreille (transpondeur) ou sous-cutané (implant). Bien que les implants aient été utilisés chez le porc dans certaines études (Tirapicos Nunes *et al.*, 2000 ; Pandorfi et da Silva, 2005; Birck *et al.*, 2008) l'utilisation des transpondeurs à l'oreille est beaucoup plus pratique pour fixer le dispositif sur l'animal et le retirer avant d'envoyer les animaux à l'abattoir, contrairement à des implants sous-cutanés. Ce dispositif a d'ailleurs été utilisé avec succès dans certaines études sur le comportement alimentaire du bétail et du porc (Brown-Brandl et Eigenberg, 2011; Brown-Brandl *et al.*, 2013). Les implants sous-cutanés nécessitent une intervention (indolore, de même type qu'un vaccin) pratiquée par le vétérinaire. La puce (fabriquée à partir de matériel biologiquement inerte ayant été stérilisé) est injectée avec un instrument comparable à une aiguille hypodermique et n'engendre aucune réaction et ne cause pas d'inconfort.⁹ Les premières versions des implants avaient pour inconvénient de se déplacer après leur implantation. Les manufacturiers ont maintenant développé des implants avec des propriétés anti-migration qui ont réduit ce risque.⁹ La micropuce sous-cutanée (de la grosseur d'un grain de riz) utilisée chez les animaux de compagnie permet de retrouver le propriétaire lorsqu'un animal est amené dans un refuge; l'animal est alors passé au scanner afin de vérifier la présence d'une micropuce. Cet implant sous-cutané permet d'éviter la perte d'une plaque d'identification portée au cou. Le dispositif porte un numéro d'identifiant unique que l'on retrouve dans une base de données comprenant l'information du propriétaire de l'animal.¹⁰ La micropuce ne contient pas de pile interne; elle est alimentée par l'énergie reçue par le lecteur de puce, ce qui lui permet une longue durée de vie.⁹ Ce sont des dispositifs passifs, ne nécessitant aucune source d'énergie en dehors de celle fournie par les lecteurs au moment de leur interrogation.

En France, l'identification électronique est devenue obligatoire pour l'ensemble des cheptels ovins et caprins depuis le 1^{er} juillet 2013, mais n'est pas encore obligatoire pour les élevages bovins et porcins (Institut MAUPERTUIS, 2012). Depuis plusieurs années, la filière bovine s'est vue imposer l'identification électronique par de nombreux pays producteurs, dont le Canada, l'Australie, et la Nouvelle-Zélande (Institut MAUPERTUIS, 2012).

Au Québec, Agri-Traçabilité Québec (ATQ) est responsable du développement et de la gestion du système de traçabilité des animaux d'élevage.¹¹ Pour les filières bovine, ovine et cervidée, la réglementation québécoise exige la double identification de chaque animal élevé au Québec et destiné à la consommation humaine.¹² Cela permet de maintenir l'identité de l'animal même en cas de perte d'une étiquette.¹¹ Les deux identifiants obligatoires sont : la boucle électronique

⁹ <http://ww.ckc.ca/en/default.aspx?tabid=93%20>

¹⁰ <http://science.howstuffworks.com/innovation/everyday-innovations/pet-microchip.htm>

¹¹ <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/santeanimale/identificationtracabilite/Pages/Identificationtracabilite.aspx>

¹² <http://www.atq.qc.ca/dev/index.php/fr/boucles>

portant un numéro unique, située sur l'oreille droite de l'animal et pouvant être lue par un lecteur de puces RFID (système d'identification testé et adapté aux conditions québécoises) et la boucle visuelle (panneau de plastique) située sur l'oreille gauche portant le numéro d'identification de façon bien visible.¹³

L'identification électronique des animaux d'élevage est un bon moyen de simplifier le travail des producteurs et intervenants et aussi d'améliorer la fiabilité de la traçabilité de toute la filière.¹⁴

2.3 Systèmes d'analyse du comportement par imagerie

Le meilleur moyen d'évaluer et de maintenir un environnement optimal pour les animaux réside dans l'observation de leur comportement (Xin, 1999). Le comportement des animaux est une réaction à divers facteurs de leur environnement. Les caméras vidéo sont essentielles à l'étude du comportement parce qu'elles permettent d'observer les animaux sans interagir avec eux, de gagner du temps et d'obtenir de l'information plus objective qu'une observation visuelle en temps réel. La préoccupation de la société étant grandissante en matière de bien-être animal, cette mesure pourrait s'avérer des plus importantes dans le futur.

Nombreux sont les modèles de caméras disponibles sur le marché et certains ont été éprouvés dans les fermes. Certaines particularités doivent être rencontrées dépendamment des résultats désirés et de l'utilisation des enregistrements vidéo (nécessité d'obtenir une image en haute définition, une vision diurne et nocturne, un horaire d'enregistrement, de couvrir le parc en entier, etc.). Pour une utilisation optimale en ferme, le boîtier doit être étanche (minimalement conforme à la norme IP66 pour l'étanchéité à la poussière et à l'eau). Dépendamment de l'utilisation qui en sera faite, il sera peut-être nécessaire d'avoir une caméra permettant de grands angles de prise de vue (vertical, horizontal et diagonal) afin d'obtenir une vue d'un parc en entier et ainsi faciliter l'analyse de l'activité des porcs.

L'analyse des vidéos par l'observation des images nécessite beaucoup de ressources humaines et elle n'est pas évidente, car plusieurs animaux doivent être observés simultanément dans la même image. Il existe des logiciels qui permettent l'étude de plusieurs paramètres de comportement tels que le temps actif et inactif, la vitesse, l'accélération, la direction du mouvement, la distance parcourue, le temps passé et le nombre de visites dans une zone définie ou le nombre de contacts avec un point d'intérêt.

Dans la liste des logiciels d'analyse du comportement, connus sous le terme de « Animal Tracking System », sont disponibles : AnTracks, EthoVision XT, VideoMotionTracker et LoliTrack. Ils proposent des applications d'analyse vidéo pour l'étude du comportement de certaines espèces animales. À titre d'exemple, le logiciel AnTracks permet la détection et le suivi d'objets dans les séquences vidéo. Il est conçu spécifiquement pour travailler avec des objets de petite taille et à faible contraste tel que des fourmis se déplaçant sur le sol.¹⁵ Ce logiciel, utilisé surtout par les chercheurs en comportement animal, permet de calculer et visualiser, entre autres, la densité d'une population, les profils de vitesse ou les interactions entre des groupes d'individus.¹⁵ La compagnie Noldus Information Technology a développé des produits pour l'étude du comportement de plusieurs espèces (rongeurs, poissons, animaux

¹³ http://www.atq.qc.ca/dev/images/docs/fr/Publications_corporatives/Brochure/2011-03%20atq%20guide%20tracabilite.pdf

¹⁴ <http://www.abc-eleveurs.net/materiel/fiches-pratiques/19-fiches-pratiques/186-l-identification-electronique-des-bovins-pourquoi-identifier-vos-animaux-avec-les-boucles-electroniques>

¹⁵ <http://www.antracks.org/>

sauvages, animaux de ferme et humains).¹⁶ L'un de leurs produits, l'EthoVision XT, permet le suivi et l'analyse du comportement, du mouvement et de l'activité des animaux avec l'utilisation d'une caméra vidéo positionnée au-dessus de l'animal.¹⁷ Il permet de suivre plusieurs animaux simultanément en les distinguant par une marque de couleur. Le logiciel LoliTrack utilise le contraste pour le suivi du comportement; aucun marqueur n'est nécessaire.¹⁸ Il peut être utilisé avec plusieurs espèces (micro-organismes et animaux adultes dans des cages ou aquariums). Le logiciel VideoMotionTracker utilise aussi des images filmées par une caméra vidéo. Il permet de suivre des objets ou des animaux en utilisant la souris de l'ordinateur pour mesurer la distance parcourue.¹⁹ Une « carte de chaleur » est obtenue et représente les points chauds d'activité des animaux. Ce logiciel permet d'étudier n'importe quelle vidéo qui ne peut être analysée automatiquement en raison de la qualité d'éclairage et de la qualité d'image.¹⁹

Contrairement à une observation directe, l'analyse d'image évite de perturber le comportement normal des animaux et aussi l'apport d'une interprétation par l'observateur. L'utilisation de logiciels de traitement vidéo peut permettre d'obtenir de l'information diversifiée, notamment en ce qui concerne la validation de la zone de confort des animaux (l'endroit où se coucheront les animaux), puisque, selon plusieurs études, les porcs sont couchés pendant environ 75 % du temps (Velarde et Geer, 2007). Ainsi, avec l'information fournie par l'analyse vidéo, permettant d'obtenir entre autres la densité animale, il est possible de vérifier que la zone de confort soit adéquate (zone de confort exempte de courant d'air et de variation de température), ou si des ajustements au niveau de la ventilation sont nécessaires pour améliorer le bien-être des animaux. L'analyse d'image peut aussi permettre d'obtenir des données sur le comportement d'abreuvement des animaux. Kashiha *et al.* (2013) ont utilisé l'analyse d'image pour estimer la consommation d'eau des porcs d'un parc. Un compteur d'eau a été installé à chaque parc. En utilisant des algorithmes de traitement d'image, les visites aux tétines ont été suivies automatiquement. L'approche utilisée a permis d'estimer la consommation d'eau semi-horaire des porcs d'une porcherie avec une précision de 92 %.

Bien que cette technologie ne soit pas nouvelle, l'installation d'une caméra vidéo est essentielle, ne serait-ce que pour comparer les données de comportement reçues par un accéléromètre ou par une caméra infrarouge avec une observation de ce qui se passait réellement dans le parc à un moment donné.

Dans le cadre du projet, le logiciel AnTracks est celui qui a été retenu et évalué afin de vérifier quels types de données ce logiciel est en mesure de fournir et s'il a du potentiel pour l'analyse comportementale des porcs. Puisqu'il a été conçu pour travailler avec des objets de petite taille comme des fourmis, la première étape consistait en l'évaluation du potentiel de ce logiciel par l'étude d'une vidéo de porcs actifs en pouponnière.

Pour les besoins, il était primordial d'avoir une vue du parc en entier ainsi qu'une image en haute définition. La caméra vidéo utilisée pour obtenir une séquence vidéo devait donc avoir de grands angles de vue considérant la hauteur du plafond et la surface de plancher à couvrir. Une séquence vidéo d'un parc de 8 porcs en pouponnière a été captée à l'aide d'une caméra haute résolution étanche GoPro Hero3+ (Figure 1). La GoPro n'est probablement pas la meilleure option en matière de caméra vidéo à utiliser pour une utilisation en ferme puisqu'elle est alimentée par batterie. L'enregistrement ne peut se faire que sur la carte mémoire de la caméra

¹⁶ <http://www.noldus.com/>

¹⁷ <http://www.noldus.com/EthoVision-XT/more-about-ethovision-xt>

¹⁸ http://www.loligosystems.com/?action=shop_show&varenr=AB10190

¹⁹ <http://www.mangold-international.com/software/videomotiontracker/overview.html>

(espace de stockage limité selon la résolution de l'image) et il n'est pas possible de la contrôler par ordinateur ou à distance. Pour le projet, la GoPro a par contre bien répondu à notre besoin considérant que nous voulions en premier lieu évaluer le potentiel du logiciel AnTracks à nous fournir des résultats sur le comportement. Il n'était pas nécessaire d'établir un horaire d'enregistrement ou d'enregistrer sur une longue période de temps. Avec le type de lentille de la caméra, l'image présentait de la distorsion (effet très grand angle « fish-eye »). L'idéal aurait été de corriger l'image pour enlever cette distorsion avant de l'analyser avec le logiciel, mais puisque l'évaluation se voulait approximative dans un premier temps, cette correction n'a pas été appliquée.



Figure 1 Caméra GoPro Hero3+ utilisée dans le cadre du projet

(Source : <http://fr.gopro.com/cameras/hd-hero3-silver-edition>)

Pour le moment, ce logiciel semble limité quant aux résultats obtenus avec le porc. Le suivi individuel n'a pas été possible, car la forme du corps (long et flexible), comparée à celle d'un insecte, fait en sorte que le logiciel perd l'identité individuelle des porcs lorsqu'ils sont en contact les uns avec les autres. Pour effectuer un suivi individuel, l'identification des porcs est très importante. Ils doivent pouvoir être distingués individuellement lorsqu'ils sont en contact étroit les uns avec les autres. À des fins d'identification, les porcs auraient pu être marqués d'un point sur le dos, mais le marquage des animaux n'aurait pas permis de les discerner s'ils étaient couchés sur le côté ou les uns sur les autres. Considérant cela, le suivi individuel de leur position dans le parc n'a pas été possible.

Le logiciel a plutôt été utilisé pour obtenir des résultats sur la densité animale. La densité de différentes zones définies à l'intérieur du parc a pu être estimée afin d'obtenir le nombre moyen de porcs dans une zone donnée. Trois zones spécifiques ont été délimitées dans le parc (Figure 2), soit la zone de l'abreuvoir (zone verte), la zone de la trémie (zone rouge) et une zone autre du parc (en blanc). Les zones peuvent être définies au choix.



Figure 2 Délimitation des zones étudiées dans le parc

(Source : Image tirée d'un vidéo produit par le CDPQ et adapté par Martin Stumpe, AnTracks)

Voici les résultats qui ont été obtenus en se basant sur l'extrait vidéo (durée d'un peu plus de 15 minutes).

Pour toute la durée de la vidéo, il y a eu en moyenne :

- 1,15 porc dans la zone de l'abreuvoir (zone verte) (>19 % d'une densité homogène);
- 1,29 porc dans la zone de la trémie (zone rouge) (>7 % d'une densité homogène);
- 5,56 porcs dans la zone « autre » (zone blanche) (<5 % d'une densité homogène).

Selon le développeur du logiciel, les résultats obtenus sur les densités ont une précision de $\pm 10\%$. Pour obtenir des résultats plus précis, certains points pourraient être améliorés, soit :

- Réduire le champ de vision afin de couvrir seulement le parc à étudier, ce qui permettrait d'augmenter la résolution;
- Couvrir le panneau droit du parc (panneau blanc) d'une couleur plus foncée, ce qui augmenterait le contraste avec les animaux;
- Avoir des animaux de taille similaire, car la taille des animaux affecte la distribution de la densité. Dans notre cas, l'emplacement du plus petit porc apportait un poids plus faible sur l'estimation de la densité que l'emplacement des plus gros.

L'utilisation de zones d'analyses comporte toutefois des inconvénients. En utilisant des zones pour le calcul de la densité animale, elles doivent être bien définies. Si par exemple, le but était de connaître le comportement d'abreuvement (le nombre moyen de visites par jour par porc), la présence d'un animal qui passe une certaine période de temps couché dans cette zone délimitée, sans pour autant utiliser l'abreuvoir, aurait un impact sur le résultat. Le logiciel ne peut pour le moment distinguer le type d'activité, comme un porc couché tout près de l'abreuvoir, mais sans s'abreuver, car la seule façon de distinguer ces activités est de savoir si le porc est couché ou debout.

Actuellement, avec les résultats obtenus, le logiciel nécessiterait des développements ainsi qu'une phase de validation pour une application chez le porc. Les zones de densité calculées doivent être validées, car ces zones sont certainement affectées par le positionnement des animaux (exemple : couché, debout, assis, dessus, etc.). À ce moment, il pourrait être utilisé pour obtenir des résultats sur la densité animale pour valider que la zone de confort des animaux soit adéquate (exemple : vérifier l'effet d'un ajustement de la ventilation sur les zones de confort). Il ne peut, pour l'instant, donner des renseignements sur le type d'activité que les porcs font dans un parc. Les prochains développements et validations de ce logiciel pourraient s'effectuer avec l'utilisation de marqueurs de couleur sur le dos de l'animal pour améliorer les mesures de densités ou développer des mesures d'activités des porcs.

2.4 Thermographie infrarouge

La thermographie infrarouge est utilisée pour diverses applications. Les caméras infrarouges mesurent et produisent des images de l'émission du rayonnement infrarouge d'un objet (Knizkova *et al.*, 2007). La caméra infrarouge donne en temps réel la cartographie thermique de l'animal (ou de la zone définie), et ce, sans aucun contact avec l'animal.

Dans un contexte de production animale, les caméras infrarouges peuvent être utilisées pour mesurer la chaleur émise par les animaux par une méthode non invasive, plus simple et plus rapide que les approches conventionnelles de la mesure de production de chaleur (Montanholi *et al.*, 2008). La caméra infrarouge permet d'obtenir des données instantanément et son utilisation est fiable en conditions commerciales (Warriss *et al.*, 2006). Ces données permettent d'obtenir de l'information quant à l'efficacité alimentaire et le niveau de stress des animaux. En effet, les animaux ayant ingéré plus de nutriments que ce dont ils ont besoin auront un surplus d'énergie qui provoquera une émission accrue de chaleur (Montanholi *et al.*, 2008; Osbourne, 2010). Les animaux les plus performants en matière d'efficacité alimentaire émettent donc moins de chaleur, ce qui signifie qu'ils ont une température de surface corporelle moins élevée que les animaux moins efficaces (Montanholi *et al.*, 2008). Pour la sélection génétique, cet outil peut aider à améliorer l'efficacité alimentaire, ce qui permettrait de réduire les coûts d'alimentation et de diminuer la quantité de déjections produites. Cela représente un impact important sur l'environnement à plusieurs niveaux, soit en permettant de diminuer la quantité de céréales nécessaire à l'alimentation des animaux et diminuer la quantité de lisier à épandre. De plus, en diminuant la quantité de déjections, les émissions de gaz à effet de serre sont réduites (Montanholi *et al.*, 2008; Osbourne, 2010). Cela représente aussi un intérêt pour l'étude du stress et de la qualité de la viande de porc. En situation de stress, plusieurs changements physiologiques dans l'organisme tels que l'accélération du métabolisme peuvent survenir entraînant un changement de la température de la peau (Cordeiro *et al.*, 2012). Selon Warriss *et al.* (2006), la température de l'oreille des porcs est significativement corrélée avec la température de son sang et la température de son sang est corrélée avec le taux de cortisol du sérum, ce qui suggère que les porcs les plus chauds présentent un niveau de stress plus élevé. Les résultats obtenus par Cordeiro *et al.* (2012) ont démontré une élévation de la température cutanée des porcelets exposés à des situations stressantes (avoir soif, avoir faim, avoir froid). De plus, il existe une relation entre le stress en préabattage et la qualité de la viande; il serait donc possible de prédire la qualité de la viande en mesurant la température de l'animal et ainsi de réduire l'incidence de la viande PSE (Pale, Soft and Exudative) (Lawrence *et al.*, 2001; Warriss *et al.*, 2006). Des résultats obtenus par Lawrence *et al.* (2001) suggèrent que la mesure de la température de la surface d'un animal vivant par thermographie infrarouge peut permettre la détection de viande de mauvaise qualité si les porcs sont abattus sans attente prolongée.

La thermographie infrarouge peut aussi être utilisée dans le suivi de santé des animaux. Selon Swine Innovation Porc (SIP, 2013), elle est utilisée avec succès en médecine vétérinaire équine pour détecter la boiterie avant l'apparition de signes cliniques. La thermographie infrarouge semble aussi être efficace pour l'identification des boiteries chez la truie : une corrélation a été établie entre l'évaluation visuelle et les zones où les températures sont élevées dans le membre affecté (SIP, 2013). Par contre, l'application de cette technologie comporte certaines contraintes d'utilisation chez le porc (anatomie et comportement). Contrairement aux chevaux, les membres des truies sont plus courts et leur conformation varie d'un animal à l'autre (SIP, 2013).

Chez le bovin laitier, l'application de cette technologie semble intéressante non seulement pour l'évaluation de la production de chaleur, mais aussi pour la production de méthane. Montanholi *et al.* (2008) ont démontré une plus forte relation entre la production de chaleur et la température des pieds que toute autre partie du corps de l'animal, indiquant que les pieds semblent être la région la plus appropriée pour prédire la production de chaleur par l'utilisation de la thermographie infrarouge. Ils ont aussi démontré que la production de méthane peut être évaluée par caméra infrarouge par la différence de température entre le flanc gauche et droit en période postprandiale. Cette technologie est donc un outil important pour prédire l'efficacité alimentaire, mais aussi pour l'estimation des émissions de méthane, ce qui est une préoccupation environnementale importante dans ce type d'élevage.

Plusieurs modèles de caméras infrarouges sont disponibles sur le marché à des prix et des niveaux de précision variés. Elles seront portatives ou fixes et, en fonction du modèle, la caméra infrarouge sera placée à une certaine distance de l'animal pour prendre l'image. Les caméras infrarouges sont relativement dispendieuses, ce qui fait que leur utilisation à court terme est restreinte en milieu commercial.

Une caméra infrarouge FLIR A325sc (Figure 3) a été installée à la Station. Cette caméra permet de mesurer des températures dans deux gammes soit de -20 °C à 120 °C ou de 0 °C à 350 °C avec une précision de ± 2 °C ou ± 2 % de la mesure.



Figure 3 Caméra infrarouge Flir A325sc

(Source : <http://www.flir.com/thermography/americas/us/view/?id=46623&collectionid=516&col=45866>)

Afin d'assurer sa protection contre l'environnement externe, la caméra a été introduite dans un boîtier de protection. Elle a ensuite été fixée au plafond, au-dessus d'une station d'abreuvement, afin de permettre une capture d'image d'un seul porc à la fois (Figure 4).



Figure 4 Caméra infrarouge FLIR A325cs installée à la Station

Cette caméra infrarouge peut être contrôlée en temps réel par une connexion réseau à un ordinateur. Le logiciel FLIR ResearchIR peut être utilisé pour exploiter les images de la caméra infrarouge, faire des enregistrements et analyser les données.

Les tests effectués avec la caméra ont permis d'élaborer la façon de faire pour rendre automatique la capture d'images ou de vidéo lorsqu'un porc se présente devant la caméra (Figure 5). Les images collectées permettent d'extraire les températures de chaque pixel et ainsi de produire différentes statistiques sur des portions précises de chaque image (la température moyenne, maximum, minimum, médiane, etc.). Le moment de la prise d'image étant enregistré à la seconde près, il est possible de combiner ces données avec celles issues des autres systèmes de collecte d'information. En effet, grâce au système d'identification (la station d'abreuvement est munie d'antennes pour la lecture d'un identifiant RFID à l'oreille des porcs), lorsqu'un animal se présente à la station d'abreuvement, celui-ci est identifié par le système. Étant donné que l'identification du porc est synchronisée avec la mesure de la caméra infrarouge (même horloge), nous savons quel animal était présent à la station d'abreuvement et quelle était sa température à ce moment précis. Avec l'identifiant de chaque animal, il est également possible de faire un lien avec la consommation d'aliment ou les autres mesures de performances qui sont également connues de façon individuelle.

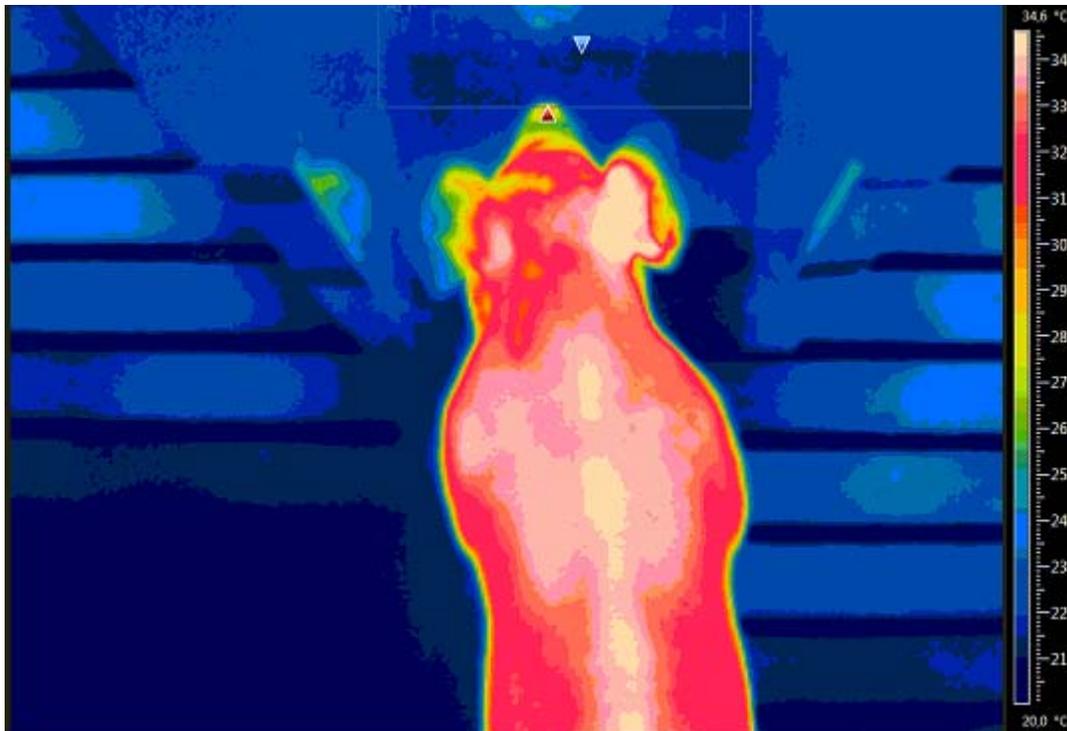


Figure 5 Image d'un porc obtenu avec la caméra infrarouge

Dans une phase future, un protocole de prise de mesures devra être élaboré selon l'objectif poursuivi. L'emplacement de la caméra devra être défini afin de s'assurer d'obtenir des mesures de température les plus corrélées avec les paramètres ou performances à l'étude. La distance optimale entre l'animal et la caméra, le site de mesure sur l'animal (œil, oreille, dos, etc.), ainsi que la statistique de température (moyenne d'une zone, médiane, minimum ou maximum) devront être définis pour une application donnée. Les applications ou les objectifs à poursuivre pourraient être la détection des animaux malades, l'évaluation des pertes de chaleur selon divers facteurs (efficacité alimentaire, température des différentes zones de la bâtisse, etc.) ou l'évaluation du niveau d'activité ou du stress de l'animal.

2.5 Systèmes de prédiction de poids par imagerie

La pesée des animaux est l'une des plus importantes tâches pour le producteur lors de la période d'engraissement des porcs. Le poids d'un animal est un indicateur de sa croissance et de sa santé. La pesée des porcs permet de s'assurer que l'alimentation et l'environnement sont adéquats pour la croissance de l'animal et pour déterminer le moment où l'animal a atteint son poids de finition (Wang *et al.*, 2006). Pour atteindre un poids de carcasse et un pourcentage de viande optimal à l'abattoir, un suivi de la croissance du troupeau doit être effectué afin de contrôler l'alimentation (Rydberg et Gilbertsson, 2005). Idéalement, le poids des animaux devrait être enregistré quotidiennement (Rydberg et Gilbertsson, 2005). Par contre, il est très long et difficile physiquement d'effectuer une pesée manuelle quotidienne de chaque animal.

La prédiction du poids par imagerie peut donc être un bon outil du suivi du poids des porcs. Cette technique n'est pas nouvelle et plusieurs études ont porté sur son développement. Effectivement, des études ont démontré qu'il existe une forte corrélation entre certaines mesures prises sur le corps d'un porc et son poids vif (Schofield, 1993; Minagawa et Ichikawa,

1994; Brandl et Jørgensen, 1996 ; Rydberg et Gilbertsson, 2005 ; Kollis *et al.*, 2007). Par exemple, Schofield *et al.* (1999) ont démontré que le coefficient de corrélation entre le poids d'un animal et la mesure de la surface de son corps, vu de haut, est de 0,96, alors que celui entre le poids et la largeur de son corps est de 0,95. C'est sur ce principe de corrélation que reposent les différentes technologies d'analyse d'image en deux dimensions pour la prédiction du poids.

Quelques technologies, mobiles ou fixes, existent ou sont en voie d'être commercialisées. Certaines d'entre elles, les plus nouvelles, utilisent une caméra stéréo (deux objectifs) pour modéliser le porc en trois dimensions. Selon les compagnies développant ces technologies, cette modélisation devrait permettre de prédire le poids avec une plus grande précision, grâce à une analyse basée sur le volume plutôt que sur la surface.

La prédiction du poids par imagerie permet non seulement de mesurer, prédire et contrôler le poids quotidien des animaux, elle nécessite aussi beaucoup moins de contacts avec ces derniers qu'avec les balances traditionnelles, réduisant ainsi le niveau de stress des animaux et facilitant le travail des employés. Une méthode plus traditionnelle, l'utilisation des balances trieuses en engraissement, permet aussi, sans utiliser la technologie de poids par imagerie, de prendre des mesures quotidiennes sans avoir un contact entre le travailleur et l'animal. Dans le cas des balances trieuses, les animaux doivent toujours préalablement passer par une balance traditionnelle pour avoir accès à leur nourriture. Cependant, cette technologie utilisant des balances gravitationnelles n'est utilisée que dans les élevages de porcs en groupe et est plus à risque de rencontrer des bris mécaniques.

Un autre facteur important à considérer est que le poids d'un porc peut varier considérablement à l'intérieur d'une même journée à la suite de la prise alimentaire, la prise d'eau ou les rejets. La précision d'une balance gravitationnelle ne prenant qu'une seule mesure par jour est donc limitée par ces fluctuations à l'intérieur d'une même journée. L'analyse d'images, quant à elle, permet un suivi en continu de la croissance des porcs selon le volume, ce qui permet d'éliminer, complètement ou partiellement, ce problème de fluctuations. Cette technologie d'évaluation des poids par imagerie devient donc un indicateur intéressant pour le contrôle des rations, la qualité de l'environnement et le suivi de l'état de santé des animaux.

Plusieurs compagnies utilisent différentes technologies d'imagerie pour prédire le poids des animaux. Ces technologies sont pour la plupart toujours en développement et peu commercialisées pour le moment. Les paragraphes suivants décrivent quelques-unes de ces technologies prometteuses.

La technologie Qscan est un système d'imagerie en continu (24 heures sur 24 et 7 jours sur 7) permettant le suivi en temps réel de la croissance (Figure 6).²⁰ Les données peuvent être consultées sous forme d'images, de chartes ou de graphiques (Figure 7).²⁰ Cette technologie utilise une vue aérienne des animaux pour en déterminer les dimensions de surface (Better Farming, 2012) (Figure 8). Selon de Lange (Better Farming, 2012), la prédiction du poids par analyse d'image pourrait améliorer la rentabilité des fermes porcines de plus de 2 \$ par porc. À elle seule, cette technologie représente un potentiel de retombées économiques de plus de 14 millions de dollars pour le secteur porcin québécois. À la suite d'une étude menée par de Lange (Better Farming, 2012), des différences entre l'estimation conventionnelle du poids et l'estimation par la technologie Qscan ont été observées. Ces différences seraient attribuables à la filtration des images (présence d'images de mauvaise qualité), la contribution variable de

²⁰ <http://www.qscan.co.uk/index.asp>

chacun des animaux et l'effet du sexe et du génotype. La technologie Qscan permettrait d'estimer le poids avec un niveau de précision de 96 % (Farmers Guardian, 2011). Selon de Lange, cette technologie assure un bon suivi du taux de croissance, ce qui permet d'améliorer la gestion alimentaire, de prédire et contrôler le poids à l'expédition, et peut même contribuer à mesurer la santé du troupeau (Better Farming, 2012). Par contre, de Lange mentionne que la technologie Qscan nécessite des améliorations, soit une meilleure qualité d'image, une incorporation de l'identification individuelle des animaux et des algorithmes spécifiques au sexe et à la génétique de l'animal (Better Farming, 2012).



Figure 6 Système Qscan

Source : <http://www.qscan.co.uk/>

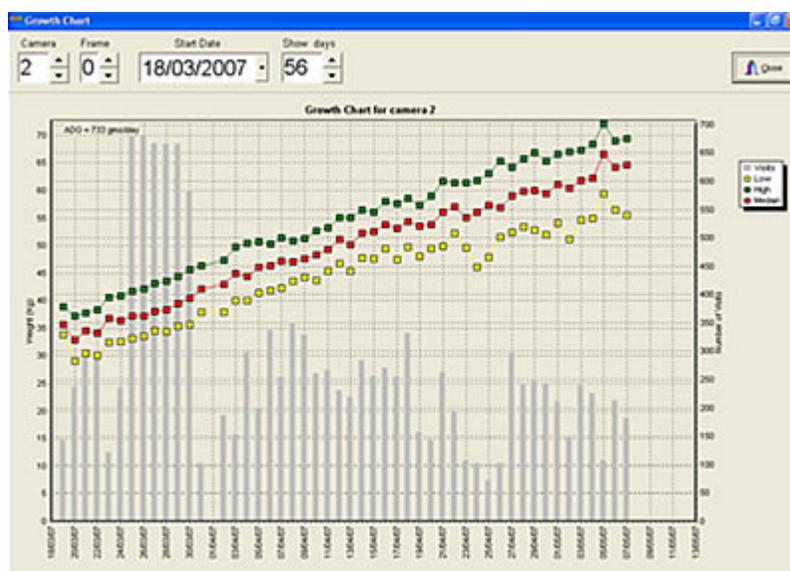


Figure 7 Exemple de graphique obtenu par la technologie Qscan

Source : <http://www.qscan.co.uk/>

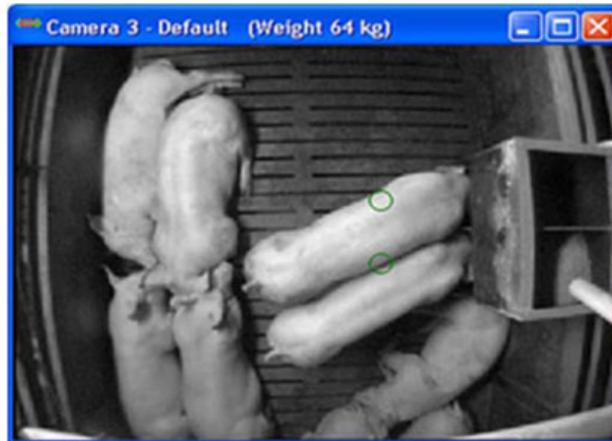


Figure 8 Vue aérienne des animaux utilisée par la technologie Qscan pour en déterminer les dimensions de surface

Source : <http://www.qscan.co.uk/>

La technologie mobile OptiScan (non commercialisée au moment de l'écriture de ce document) est un système de pesée pour les porcs en engraissement utilisant une caméra 3D (ter Beek, 2012). La caméra, qui ressemble à un scanneur portatif (Figure 9), est connectée à un ordinateur portable, transporté dans un sac à dos, qui calcule instantanément le poids d'un porc avec une variation d'erreur de 3 % selon le fabricant.²¹ L'appareil est maintenu au-dessus des animaux pendant trois secondes à une distance réglée par la caméra en fonction du corps de l'animal (ter Beek, 2012) (Figure 10). L'appareil améliore la gestion du travail et ne cause pas de stress additionnel aux animaux (ter Beek, 2012). Il permet de sélectionner les animaux avant l'expédition à l'abattoir et d'adapter la courbe d'alimentation et la qualité d'aliment en fonction de leurs besoins.²² Selon le fabricant, l'OptiScan devrait être disponible sur le marché canadien au cours de l'année 2014.



Figure 9 Technologie OptiScan

Source : <http://www.web-agri.fr/machinisme-batiment/petit-materiel/article/optiscan-de-holscher-leuschner-une-camera-3d-qui-calcule-le-poids-d-un-porc-1166-91708.html>

²¹ <http://www.web-agri.fr/machinisme-batiment/petit-materiel/article/optiscan-de-holscher-leuschner-une-camera-3d-qui-calcule-le-poids-d-un-porc-1166-91708.html>

²² <http://agripres.be/start/artikel/489930/fr>



Figure 10 Utilisation de la technologie OptiScan en ferme

Source : <http://www.hl-agrar.de/index.php?lan=de&me=20>

La technologie OptiSort est une station de tri munie d'une caméra (Figure 11) et utilisant le traitement d'image (Figure 12). La technologie permet de déterminer le poids vif de l'animal, le rendement carcasse et la qualité de la carcasse des porcs en engraissement.²³ Elle capture des images de l'animal entrant dans la station et la hauteur et la taille de l'animal sont calculées par ordinateur (ter Beek, 2006). Ainsi, avec les mesures de l'animal, l'algorithme mathématique calcule son poids vif, les coupes primaires (le jambon, le carré, l'épaule) et le pourcentage de viande maigre de la poitrine.²⁴ Le système offre une précision allant jusqu'à 3 % (ter Beek, 2006). La sélection est automatique et n'engendre aucun stress pour les animaux.²⁴ L'animal doit passer par la station pour aller s'alimenter et le système permet de l'isoler s'il est marqué (dans le cas où il nécessite des soins) ou de le diriger avec le groupe destiné à l'abattoir (Figure 13).²⁴ L'OptiSort offre donc plusieurs possibilités : un tri automatique sans intervention manuelle, un tri possible en fonction du poids et de la conformation, le marquage des porcs par couleur, un tri des porcs avec marquage, une visualisation de la répartition des animaux selon les coupes, une visualisation du gain moyen quotidien (GMQ) et une visualisation du nombre de passages par jour et par période.²⁴ Dans le cadre de ce projet, l'installation d'un OptiSort à la Station d'évaluation des porcs de Deschambault n'était pas justifiable en raison de son coût élevé et de sa taille, les parquets de recherche étant déjà beaucoup plus petits que ceux d'une ferme commerciale normale et surtout d'un élevage en groupe. Pour intégrer cet équipement à l'intérieur des parcs de la Station, la conformation du bâtiment doit être complètement revue pour conserver un nombre d'unités expérimentales élevé.

²³ <http://www.pig-comfort.com/fr/articles/News/cat-2/p-1/Dernieres-news/>

²⁴ <http://www.pig-comfort.com/fr/page-11/optiSORT/>



Figure 11 La technologie OptiSort est une station de tri munie d'une caméra
 Source : <http://www.pig-comfort.com/fr/page-11/optiSORT/>

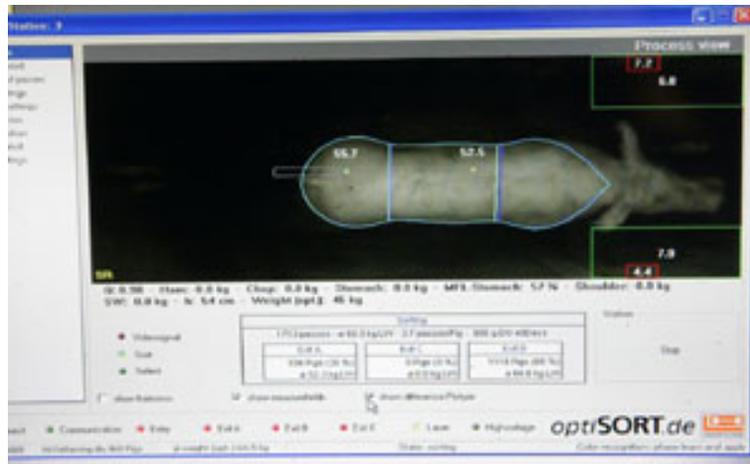


Figure 12 Interface du logiciel OptiSort
 Source : <http://www.pig-comfort.com/fr/articles/News/cat-2/p-5/Dernieres-news/>

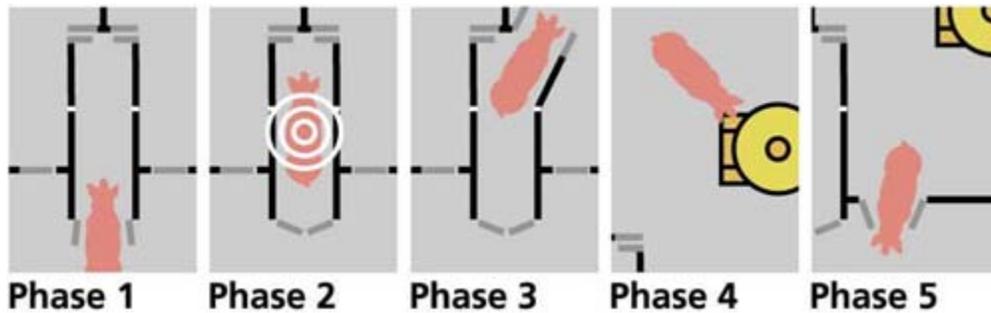


Figure 13 Séquence d'utilisation de la technologie OptiSort
 Source : <http://www.pig-comfort.com/fr/page-11/optiSORT/>

Le système ClicRweight permet un suivi individuel en continu du poids des porcs. L'animal (muni d'un transpondeur) entre dans le système ressemblant à une cage (Figure 14) afin d'y consommer de l'eau. Cette cage est munie d'une caméra, d'un point d'eau, d'un microprocesseur, d'antennes RFID pour identifier l'animal ainsi que d'un distributeur de peinture pour marquer les animaux.²⁵ Pendant que l'animal s'abreuve, le système s'active, la caméra 3D prend des images de l'animal pour calculer son poids par l'utilisation d'algorithmes et le poids est enregistré.²⁵ Selon les données de la compagnie, la précision du système est de 97 %.²⁵ Les données sont automatiquement transférées au système informatique de l'utilisateur.²⁶ Le ClicRweight est utilisé en engraissement afin de gérer les expéditions pour l'abattoir. Il permet de connaître, en temps réel et par un accès Web, la distribution des poids des porcs dans la ferme. Il peut aussi estimer le nombre de porcs qui seront dans le bon intervalle de poids à une date ultérieure, permettant ainsi de planifier plus facilement les sorties d'animaux. Au cours de ce projet, une visite chez la compagnie manufacturière du ClicRweight (ClicRTechnologies, Fairmont, MN) a été faite dans le but de visiter une ferme utilisant la technologie et convenir d'une entente avec le manufacturier pour l'évaluation du système. Cependant, aucune entente n'a pu être conclue et la visite de la ferme ciblée n'a pas été possible.



Figure 14 Technologie ClicRweight

Source : <http://test.digitalenvy.co/clickr/technology/>

Le système Eyescan de la compagnie britannique Fancom est un système comprenant une caméra placée au-dessus d'un point où les animaux sont immobiles pendant un certain temps, comme une trémie (Figure 15). La caméra est reliée à un ordinateur dans lequel un logiciel de traitement d'image analyse la géométrie du porc en deux dimensions et retourne un poids avec un écart maximal de 3 %.²⁷ Le système Eyescan ne relie cependant pas le poids individuel à l'animal. Il est donc utilisé afin de connaître la courbe de croissance moyenne de chaque parquet et de pouvoir déceler des problèmes de santé, de comportement et de gestion du bâtiment. Ce système peut aussi être utile dans la gestion de l'alimentation, en permettant de changer de phase au moment le plus approprié en fonction du poids des animaux de chaque parquet. Au cours du présent projet, des communications ont été établies avec la compagnie Fancom afin de tester leur produit. Cependant, des tests étaient déjà en cours au Manitoba et Fancom ne voulait pas entreprendre d'autres tests en même temps dans d'autres installations au Canada.

²⁵ <http://www.youtube.com/watch?v=b6Kkm9ZmcJM#t=11>

²⁶ <http://clickweight.com/technology/swine/>

²⁷ <http://www.youtube.com/watch?v=Ac3qREz-VAY>



Figure 15 Système Eyescan de la compagnie britannique Fancom

Source : http://www.fancom.com/upload/downloads/1373870974_book%20pigs.pdf

2.6 Systèmes de mesures de la consommation d'eau individuelle

L'eau est un élément nutritif requis en grande quantité par les porcs (Brumm, 2010). En comparaison avec les autres éléments fournis par l'alimentation, l'eau est souvent l'élément le moins bien géré (Brumm, 2010). Dans un engraissement où les porcs sont nourris à volonté, la mesure de la consommation d'eau permet de mieux prévoir et contrôler la croissance des porcs que la consommation d'aliment (Brumm, 2005). En présumant que les abreuvoirs soient maintenus en bonnes conditions d'utilisation, l'eau reste généralement sous le contrôle direct des porcs, tandis que l'ingestion de l'aliment dépend du contenu des trémies (Brumm, 2005). La consommation d'eau est un bon indicateur de santé; une baisse de la consommation d'aliment ou d'eau indique souvent un problème de santé. Selon Dr Brumm (2005), une plus grande attention doit être portée à la santé et au comportement des porcs lorsque la consommation d'eau diminue au bout de trois jours ou lorsque d'un jour à l'autre il y a une diminution soudaine de consommation d'eau de 30 à 40 %. Cela permet de détecter la maladie dans une période de 24 à 48 heures avant l'apparition de signes cliniques (Whitney, 2006). La consommation d'eau est aussi affectée par la température et l'alimentation (Bernick, 2007).

Le compteur d'eau est un excellent outil pour observer rapidement l'éclosion d'une maladie dans le troupeau. Selon Dr Brumm, cette mesure fournirait également de l'information clé sur la performance des porcs. Le compteur pourrait permettre d'établir des liens entre le type d'aliment et la consommation d'eau; certains aliments pourraient favoriser la consommation d'une plus grande quantité d'eau. Cette information aura aussi un impact environnemental puisqu'une plus grande consommation d'eau est inévitablement associée à une plus grande production de lisier qui nécessite une plus grande capacité d'entreposage et, par la suite, à davantage de lisier à épandre.

Plusieurs travaux portant sur la consommation d'eau ont été réalisés dans le passé. Cependant, il existe très peu d'information en ce qui a trait à la consommation d'eau individualisée des porcs. Les bâtiments d'élevage porcin munis de systèmes de mesure de la consommation d'eau sont habituellement, au mieux, équipés d'un débitmètre (compteur d'eau) par enclos, donnant ainsi la consommation d'eau par groupe d'animaux avec un niveau de précision acceptable étant donné le grand volume d'eau pour le groupe. Or, d'un point de vue sanitaire

par exemple, un système de mesure de la consommation d'eau individuelle pourrait aussi permettre de connaître la quantité de médicaments précisément consommée par chacun des porcs lorsque celle-ci est ajoutée à l'eau. De cette façon, il serait possible de déterminer si les traitements dans l'eau sont vraiment bien dosés pour les animaux ciblés. La mesure de la consommation d'eau individuelle pourrait aussi permettre de détecter un animal malade, même avant l'apparition des premiers signes cliniques. D'un point de vue zootechnique, cette même mesure pourrait permettre de faire des liens entre le comportement d'abreuvement des animaux, la consommation d'aliments, les performances de croissance, etc. Peu de mesures ont été prises en milieu de recherche quant à la consommation d'eau à l'échelle de l'individu, malgré le grand potentiel d'information et de nouvelles connaissances. Ainsi, la mesure de la consommation d'eau par animal par jour suscite un intérêt particulier dans le cadre de ce projet.

Différents systèmes pourraient être installés à la Station. Les prix et les précisions des mesures varient en fonction du système choisi. Cependant, pour une mesure à l'échelle d'un seul animal, un débitmètre seul ne peut pas permettre d'atteindre le niveau de précision désiré. Il est aussi important de noter qu'afin d'avoir une meilleure estimation du volume d'eau ingéré à chaque visite, il est important de limiter le gaspillage. Il est donc impératif d'avoir un bol à eau et non seulement une tétine.

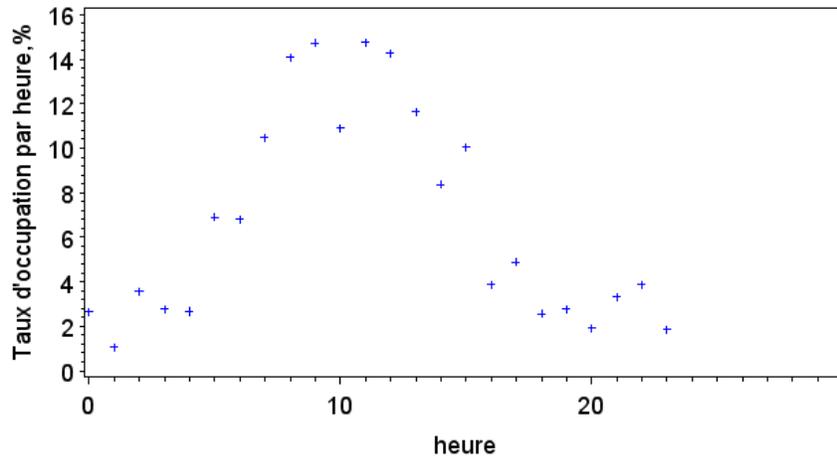
Il a été observé, à la Station d'évaluation des porcs de Deschambault, que certains animaux ne boivent pas toute l'eau qu'ils ont fait couler dans leur bol et que certains autres animaux boivent de l'eau déjà présente dans leur bol sans nécessairement en faire couler. Avec un système de débitmètre standard par parquet, la précision par visite est nécessairement amputée du volume total que peut contenir le bol. Cette imprécision peut donc aller jusqu'à quelques litres selon le modèle de bol à eau. Si l'objectif est de mesurer précisément chaque consommation à chaque visite d'un animal, la sensibilité du système de mesure est très importante. L'erreur sur la mesure de consommation d'eau doit être minimisée.

De plus, afin de savoir exactement quel animal est responsable de chaque consommation d'eau, un système d'identification des porcs doit être incorporé dans le système de mesure de la consommation. Pour assurer le fonctionnement d'un tel système, toutes les données (volume d'eau et identification de l'animal) doivent être synchronisées, recueillies et analysées ensemble.

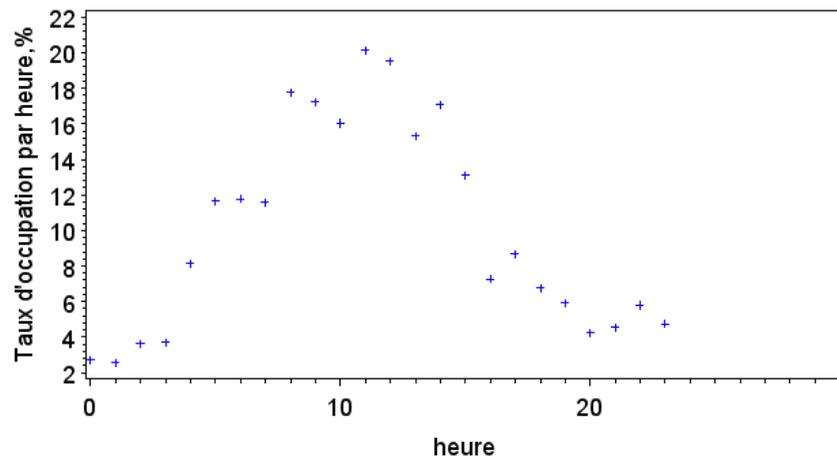
2.6.1 Évaluation d'un concept à l'aide de prototypes

Un premier design a été élaboré et un prototype a été conçu. Ce prototype comprenait un système maison de mesure de la consommation d'eau qui prend en considération le volume d'eau ingéré par l'animal (pas seulement le volume d'eau descendu dans le bol). Ce système de mesure comprenait des instruments extrêmement précis dans le but de déterminer les besoins futurs en précision d'un tel système. Aucun système d'identification des animaux n'a été intégré dans ce prototype, car le but était de valider le nombre de points d'eau nécessaires par enclos, le comportement d'abreuvement (nombre moyen de visites par animal, quantité d'eau ingérée par visite, etc.) et la précision requise de l'appareil de mesure. Une simple observation des mesures de consommation avec ce prototype permettait d'établir les heures de début et de fin des visites à l'abreuvoir avec une précision suffisante. Trois unités de ce prototype ont été installées à la Station de Deschambault dans deux enclos de 11 et 13 porcs respectivement. L'enclos avec 11 porcs était muni d'un seul bol à eau expérimental installé près du système d'alimentation et l'autre était muni de deux bols à eau, dont l'un installé près du système d'alimentation et l'autre installé un peu plus loin. Des données ont été recueillies pendant 20 jours.

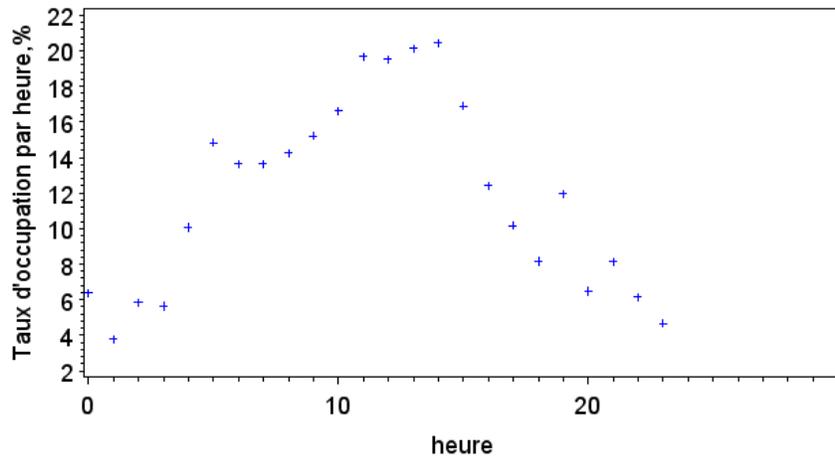
Le premier objectif consistait à vérifier la nécessité d'avoir plus d'un bol à eau par enclos, car tous les enclos de la Station d'évaluation des porcs de Deschambault comportaient initialement deux ou quatre points d'eau. Les taux d'occupation par heure de chaque bol à eau ont été mesurés. Tandis que les points d'eau dans l'enclos muni de deux bols (13 porcs) avaient des pointes d'occupation horaires de 15 % (Graphique 1) et 20 % (Graphique 2), le bol à eau seul (11 porcs) dans l'autre enclos a connu des pointes d'occupation horaire à un peu plus de 20 % (Graphique 3) seulement.



Graphique 1 Taux d'occupation du bol à eau #1



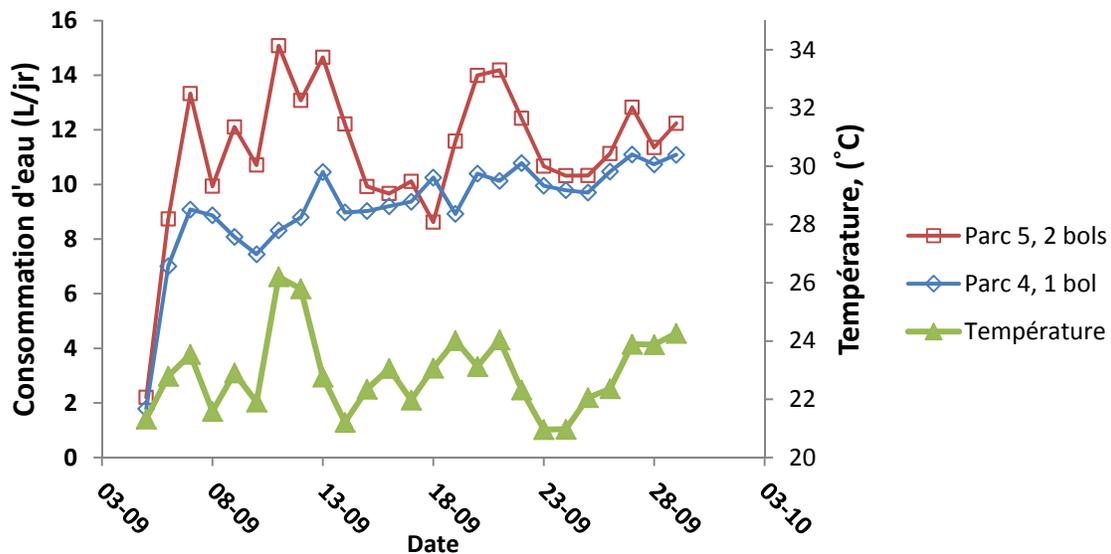
Graphique 2 Taux d'occupation du bol à eau #2



Graphique 3 Taux d'occupation du bol à eau #3

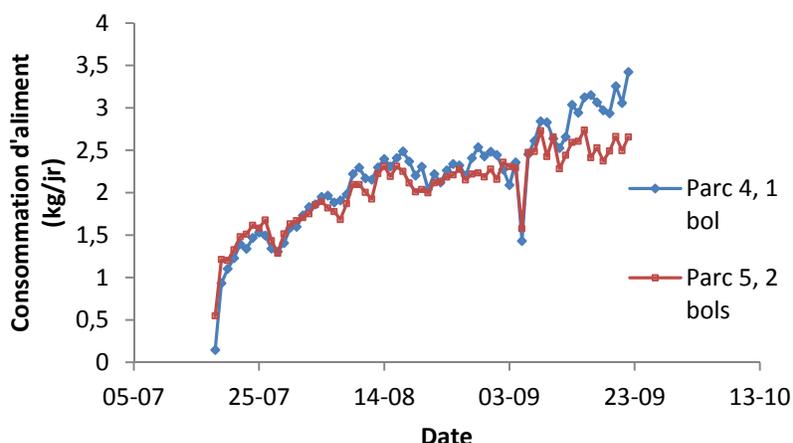
En analysant la consommation d'eau totale par porc par jour pour chaque parc (Graphique 4), il est possible de voir que la consommation moyenne des porcs dans les parcs où il y avait deux bols à eau était légèrement plus élevée, surtout lors des journées plus chaudes.

La plus grande consommation d'eau par temps chauds dans le parc muni de deux points d'eau peut être partiellement expliquée par la tendance comportementale des porcs à se refroidir. La facilité d'accès à l'eau peut donc avoir incité les animaux à gaspiller plus d'eau pour se refroidir.



Graphique 4 Consommation d'eau moyenne par porc par jour pour deux enclos à l'étude

Par contre, en analysant la consommation d'aliment totale par porc par jour pour chaque parc (Graphique 5), il est possible de voir que la consommation moyenne des porcs de chaque parc est très similaire, ce qui porte à croire que le fait de n'avoir qu'un seul bol à eau n'a pas d'effet sur la prise alimentaire des porcs. Il est difficile d'en dire de même pour la conversion alimentaire et pour le gain moyen quotidien, car les poids des animaux n'ont pas été mesurés plus d'une fois lors de l'essai. Cependant, puisque les taux d'occupation sont très bas et puisque la prise alimentaire ne semble pas affectée, il est prudent de croire que les performances zootechniques ne seront pas affectées de façon négative.



Graphique 5 Consommation d'aliment moyenne par porc par jour pour deux enclos à l'étude

Il est intéressant de noter que le bol qui a eu un plus grand taux d'occupation dans l'enclos muni de deux bols est celui près du système d'alimentation et que les pointes d'occupation horaires de tous les bols se produisaient lors des pointes de consommation de mouillée.

À partir de ces données préliminaires, il a été convenu que la présence de plus d'un point d'eau par enclos à la Station de Deschambault n'est pas nécessaire.

Cette étude préliminaire a aussi permis de confirmer la nécessité d'avoir un système de mesure plus précis qu'un débitmètre seul. En effet, pour 17 % des visites à l'abreuvoir, l'animal ne faisait pas descendre d'eau dans le bol. De plus, la correction du volume total ingéré par visite à l'abreuvoir à l'aide du prototype était de 39 % par rapport à la consommation mesurée à l'aide d'un débitmètre standard. Ces mesures ont permis de valider la pertinence du concept de mesure de la consommation d'eau élaboré plus tôt. Étant donné la très grande précision des instruments utilisés au cours de la phase test avec ce prototype, les mesures acquises ont aussi permis de déterminer le niveau de précision minimal requis par un système d'abreuvement individuel. Bien que la consommation moyenne par visite fût de 523 ml, les volumes d'eau consommés variaient largement. En effet, 90 % des volumes par visite étaient plus grands que 50 ml. Donc, pour avoir une précision de consommation raisonnable à l'échelle de visites, il faut que le système de mesure de la consommation d'eau ait une erreur plus petite que 50 ml. Le choix des instruments à utiliser a été fait en ce sens et en maximisant le rapport précision/coût.

2.6.2 Validation du concept à plus grande échelle

À la suite de la validation des prototypes et à l'établissement des niveaux de précision requis par observation du comportement d'abreuvement des animaux, une conception finale a été produite et installée à la Station d'évaluation des porcs de Deschambault (Figure 16). Au total, 30 stations d'abreuvement ont été produites et installées dans les 28 enclos. Ces stations d'abreuvement contiennent toutes un système RFID ainsi qu'un système ingénieux de mesure de la consommation d'eau développé par le CDPQ. La conception du système de mesure de la consommation d'eau par animal a permis d'atteindre une erreur relative acceptable (les détails par rapport à la précision du système sont expliqués plus bas).

La synchronisation de tous les systèmes a été faite et un logiciel d'analyse de données a été développé. Celui-ci intègre les mesures de consommation d'eau et les lectures d'identification des animaux en un même fichier en fonction de la date et de l'heure.

La validation du concept final a été réalisée avec des animaux ayant un poids moyen variant de 35 à 60 kg sur une période de 23 jours.

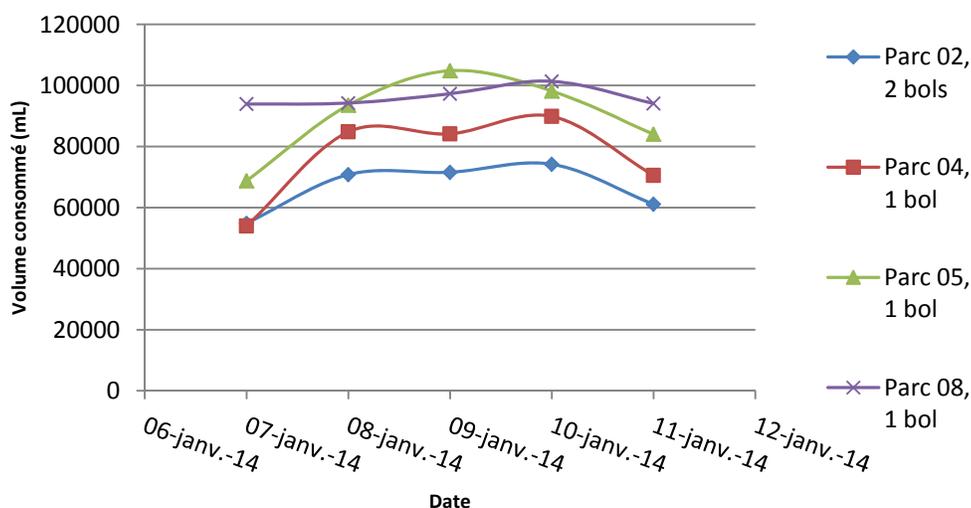
Afin de valider le bon fonctionnement du système, les consommations hors visite, c'est-à-dire les consommations d'eau qui ne se produisent pas à l'intérieur d'une visite enregistrée par le système de reconnaissance des animaux, sont identifiées et les volumes sont additionnés, donnant ainsi un indice du bon fonctionnement du système. Plus cet indice est bas, plus les consommations sont attribuées à des animaux (donc à des visites). Un indice élevé peut agir comme une alarme indiquant que le système a un problème au niveau du système d'identification, telle une désintonisation du lecteur RFID. Il est intéressant de noter qu'il est possible qu'aucun bol à eau n'ait d'indice de bon fonctionnement égal à zéro et cela peut être dû à la présence de deux animaux à l'abreuvoir en même temps, surtout lorsque les animaux sont petits. Dans ces cas précis, le lecteur de transpondeur ne lit aucun des deux animaux.



Figure 16 Installation du bol à eau conçu dans le projet

2.6.2.1 Nombre de points d'eau par enclos (effet sur consommation d'eau)

Le Graphique 6 confirme l'hypothèse de départ qu'avoir deux points d'eau ne semble pas nécessaire à la Station d'évaluation des porcs de Deschambault. Il est intéressant de noter que le parc avec deux points d'eau est celui qui a connu la plus faible consommation d'eau, mais il faut considérer que ces données ne sont pas ajustées pour le nombre et le poids des animaux dans le parc. Comparativement à l'étude préliminaire, les températures ne semblent pas avoir fait augmenter la consommation dans le parc avec deux points d'eau. Il est intéressant de noter que cette épreuve a été effectuée en période hivernale comparativement à l'épreuve précédente qui a eu lieu en période estivale. Le fait qu'il n'y ait pas eu de température élevée pendant cette période et que la consommation d'eau dans le parc avec deux bols soit similaire à celle des parcs avec un seul bol vient appuyer l'hypothèse formulée à l'aide du Graphique 4 démontrant que la consommation d'eau peut augmenter avec la température dans les cas où il y a une plus grande accessibilité à l'eau, favorisant ainsi le gaspillage. Il serait intéressant de valider cette hypothèse portant sur le comportement animal dans un projet futur.



Graphique 6 Comparaison entre la consommation totale par jour pour un point d'eau et deux points d'eau

2.6.2.2 Précision du système comparativement à des méthodes de mesures par un simple débitmètre

Pour ce qui est de la précision du système élaboré lors de ce projet comparativement à un simple débitmètre, il est intéressant de noter que, basée sur 7 279 visites, la correction de notre système par rapport à une mesure de volume standard d'un débitmètre est de 139 %. Ce pourcentage de correction est obtenu à l'aide de la formule suivante :

$$\% \text{ de correction} = \left| \frac{\text{Volume mesuré avec le système du CDPQ} - \text{Volume mesuré par le débitmètre}}{\text{Volume mesuré par le débitmètre}} \right| \times 100$$

Par exemple, un pourcentage de correction de 50 % pourrait signifier qu'un animal a bu deux fois plus d'eau (mesure obtenue par le système développé) qu'il en a fait couler (mesurée par le débitmètre) ou qu'il en a bu deux fois moins. Ainsi, il est important de comprendre les différents types de comportement des animaux pour bien interpréter ce résultat de correction. Il y a quatre types de comportement possibles :

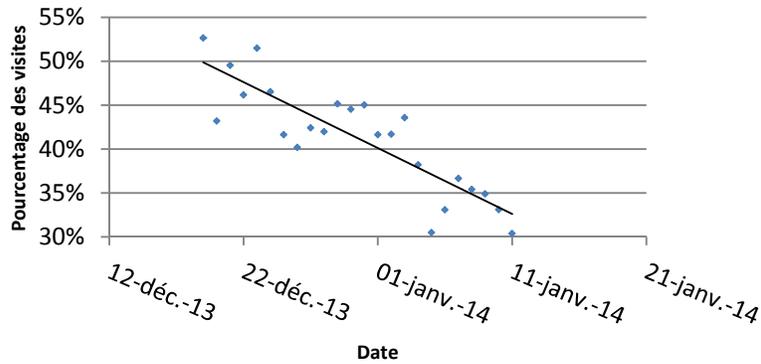
1. Un animal fait couler un volume X d'eau et en consomme moins que ce qui a coulé dans le bol;
2. Un animal fait couler un volume X d'eau et en consomme la même quantité que ce qui a coulé dans le bol;
3. Un animal fait couler un volume X d'eau et en consomme plus que ce qui a coulé dans le bol;
4. Un animal ne fait pas couler d'eau dans le bol et en consomme quand même. Ce comportement est en fait une sous-catégorie du type 3, où $X=0$.

Dans le premier cas, la correction sur le volume d'eau donné par un débitmètre ne peut pas être plus que 100 %, car cela voudrait dire qu'il y a eu une source d'eau autre que la tétine. Cela est pratiquement impossible dans notre cas, puisque des couvercles sont installés sur chaque bol à eau, empêchant ainsi les fèces et l'urine ou toute autre substance d'entrer dans le bol. En se basant sur 2 713 visites, le pourcentage moyen de correction est de 46 %. Dans ce cas précis où l'animal boit moins d'eau que ce qu'il a fait couler, cette valeur indique qu'en moyenne, s'il a fait couler 100 ml d'eau dans le bol lors de ces visites, il en a ingéré que 54 ml.

Dans le deuxième cas, considérant que l'animal boit exactement le volume d'eau qu'il a fait couler, le pourcentage de correction est 0 %. Cette situation est très rare.

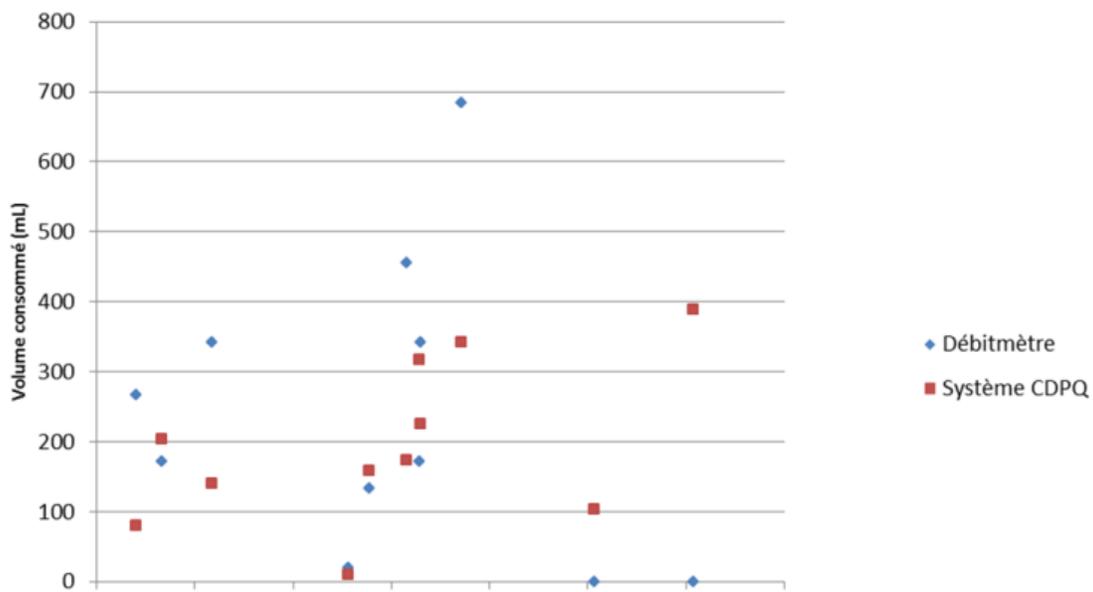
Dans le troisième cas, la correction sur le volume d'eau donnée par un débitmètre peut excéder 100 %, car il peut y avoir déjà un certain volume d'eau dans le bol avant l'arrivée de l'animal. Ce volume est donc accessible et l'animal est libre de l'ingérer. En se basant sur 4 481 visites, le pourcentage de correction est de 199 %. Cette valeur indique qu'en moyenne, si l'animal a fait couler 100 ml d'eau dans le bol lors de ces visites, il en a ingéré 299 ml.

Dans le quatrième cas, un débitmètre standard ne serait pas capable de détecter cette consommation, car l'animal ne boit que l'eau qui est déjà dans le bol à eau. Des 7 279 visites à l'abreuvoir analysées, 3 015 visites sont de ce type; ce qui représente 41 % des visites totales. Lors de ce projet, il a été observé que les animaux plus petits ont plus tendance à boire de l'eau déjà dans le bol, probablement parce qu'ils doivent déployer un effort plus grand pour atteindre la tétine dans le fond du bol. Le Graphique 7 montre clairement que le nombre de visites, sans écoulement d'eau dans le bol, diminue avec les jours d'âge, donc avec le poids et la taille des animaux.



Graphique 7 Évolution du pourcentage des visites sans écoulement d'eau dans le bol au fil des jours

Afin de bien visualiser la différence entre la mesure du système précis élaboré lors de ce projet et la mesure d'un simple débitmètre, il est intéressant de suivre la consommation de visite en visite d'un porc en particulier (Graphique 8).



Graphique 8 Comparaison entre les mesures faites par un débitmètre et les mesures faites par le système élaboré lors du projet sur une période donnée (animal 04052781, parc 08-01)

Sur le Graphique 8, chaque point représente une visite. Le Graphique 8 montre bien que la différence entre la donnée qui serait recueillie par un débitmètre standard et celle recueillie par le système plus précis est belle et bien réelle. Cette dernière donnée risque d'être beaucoup plus précise puisqu'elle tient compte du fait que l'animal ne boit pas nécessairement toute ou seulement l'eau qu'il fait couler. Le seul manque de précision de cette donnée au niveau du concept est qu'elle ne tient pas compte de l'eau qui pourrait être gaspillée, donc non ingérée. Cependant, ce gaspillage est limité par le design de la station abreuvoir qui est fermée sur trois côtés du bol et qui est munie d'un couvercle que les animaux doivent ouvrir pour avoir accès à l'eau (Figure 17).



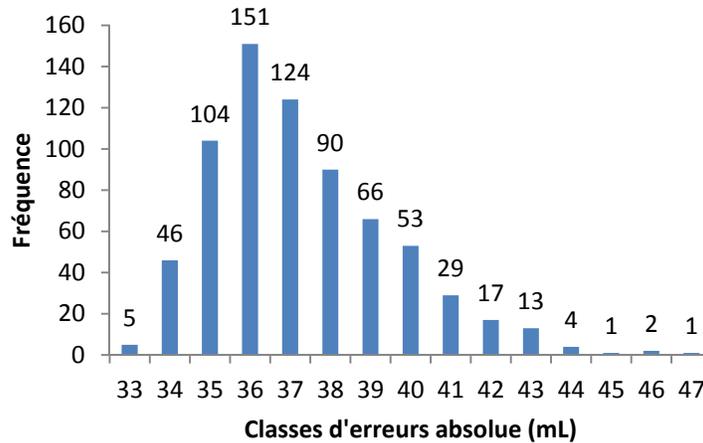
Figure 17 Conception du bol à eau éliminant le gaspillage

2.6.2.3 Précision du système en terme d'erreur sur la mesure

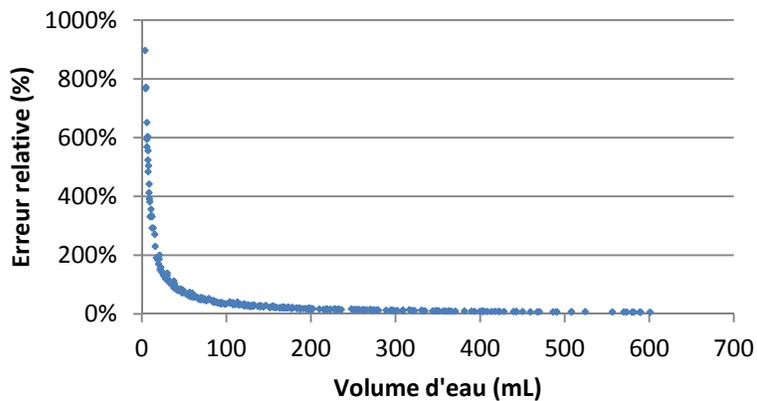
Afin d'évaluer la précision du système de mesure de la consommation d'eau, il faut connaître la précision de chacun des instruments qui le composent ainsi que la précision de la calibration. Ces précisions varient en fonction du débit d'eau à la tétine et de la quantité d'eau dans le bol. Chaque mesure de consommation d'eau (chaque visite) a donc son erreur maximale absolue qui lui est propre.

L'évaluation de la précision du système d'abreuvement est faite à partir de visites observées. Pour chaque visite, 1 000 estimations de la consommation ont été obtenues en appliquant des erreurs aléatoires, selon leur précision spécifique, à chacune des mesures de base qui interviennent dans le calcul de la consommation d'eau. Pour une visite donnée, l'écart type de ces consommations simulées empreintes d'erreur a été multiplié par 1,96 pour obtenir l'intervalle de confiance à 95 % (l'intervalle étant défini par la valeur moyenne plus ou moins 1,96 l'écart type de l'erreur).

En analysant les visites du parc 08-01 ainsi que les erreurs reliées à chacune d'entre elles, il est possible de voir que l'erreur absolue moyenne est de 37 ml. La distribution des erreurs absolues est présentée dans le Graphique 9 ci-dessous. Il est intéressant de noter que l'erreur absolue varie entre 32 ml et 47 ml. Cependant, considérant que l'erreur absolue est relativement constante, l'erreur relative varie grandement en fonction de la mesure de consommation. Le Graphique 10 montre l'erreur relative du système en fonction du volume d'eau mesuré. À partir de ce graphique, il est possible de constater que l'erreur relative sur la lecture est très grande pour des petites consommations, mais qu'elle diminue rapidement par la suite pour atteindre des niveaux beaucoup plus acceptables avec des consommations plus importantes.

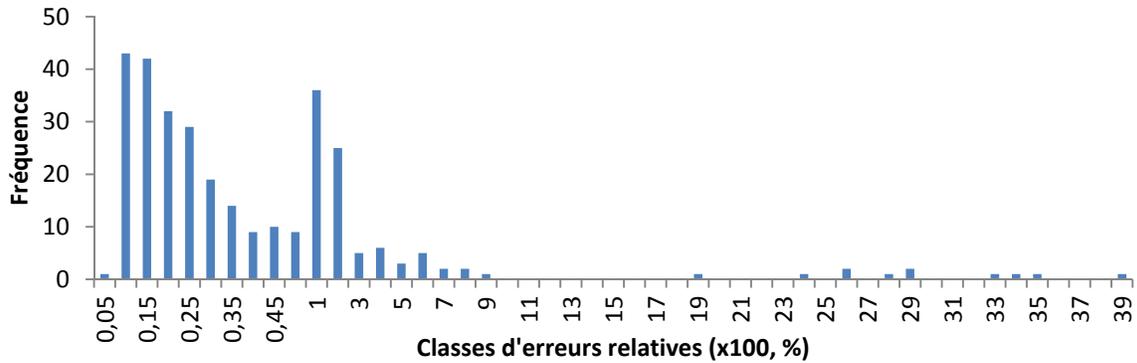


Graphique 9 Distribution des erreurs absolues représentée par un histogramme (parc 08-01)



Graphique 10 Erreur relative par animal par visite en fonction du volume d'eau consommé (parc 08-01)

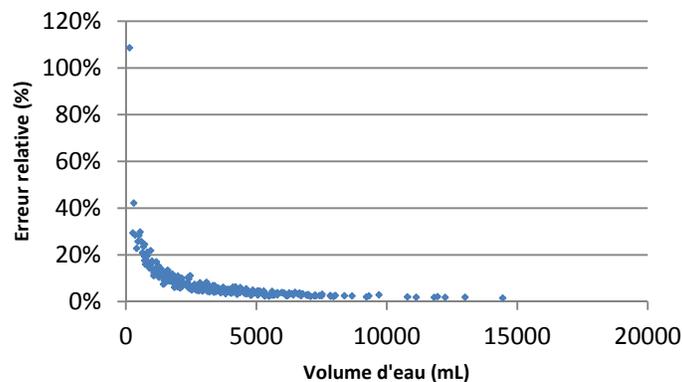
Afin de déterminer si le niveau de précision du système par animal par visite est acceptable, il est important de visualiser la distribution des erreurs relatives de chaque visite. Le Graphique 11 présente cette distribution. À partir de cet histogramme, il est possible de voir que 20 % des visites ont une erreur relative au-delà de 100 % et que 86 % des visites ont une erreur relative au-delà de 10 %.



Graphique 11 Nombre de visites classées par consommation à chacune d'entre elles (parc 08-01, par animal, par visite)

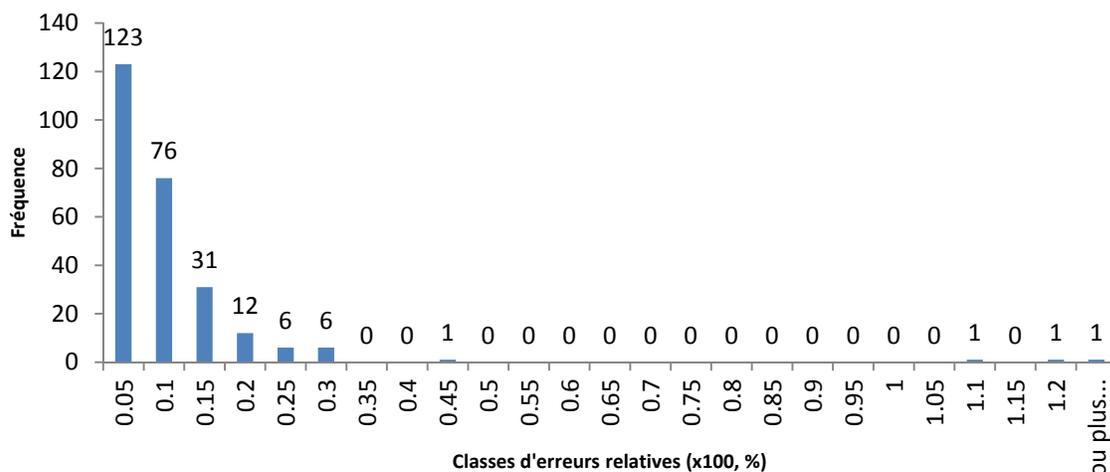
D'un premier coup d'œil, ces résultats peuvent sembler décevants. Cependant, il ne faut pas oublier que le volume d'eau consommé par visite ne sera utilisé seul que très rarement. Le but premier, rappelons-le, est d'être capable de mesurer la consommation de chaque animal par jour. À l'échelle d'une journée, ce qui inclut plusieurs visites additionnées avec des volumes plus ou moins grands, la précision du système augmente. Dans ce cas, l'écart-type de l'erreur associée à la somme de la consommation de plusieurs visites est obtenu en effectuant la racine carrée de la sommation de la variance de l'erreur de chaque visite. L'intervalle de confiance de la consommation totale est obtenu par la somme de la consommation plus ou moins 1,96 l'écart-type de l'erreur.

Maintenant, si le même exercice est répété pour voir la précision du système par animal par jour, il devient évident que le système est beaucoup plus précis à l'échelle d'une journée qu'à l'échelle d'une visite. On peut le constater en regardant le Graphique 12 ci-dessous. Encore une fois, il faut considérer le nombre de répétitions de chacun des volumes représentés dans le Graphique 12.



Graphique 12 Erreur relative par animal par jour en fonction du volume d'eau consommé (parc 08-01)

Afin de déterminer si le niveau de précision du système par animal par jour est acceptable, il est important de visualiser la distribution des erreurs relatives sur la mesure de volume consommé par jour. Le Graphique 13 représente cette distribution. À partir de cet histogramme, il est possible de voir que 89 % des visites ont une précision d'au moins 85 %, que 77 % des visites ont une précision d'au moins 90 % et que 48 % des visites ont une précision d'au moins de 95 %.



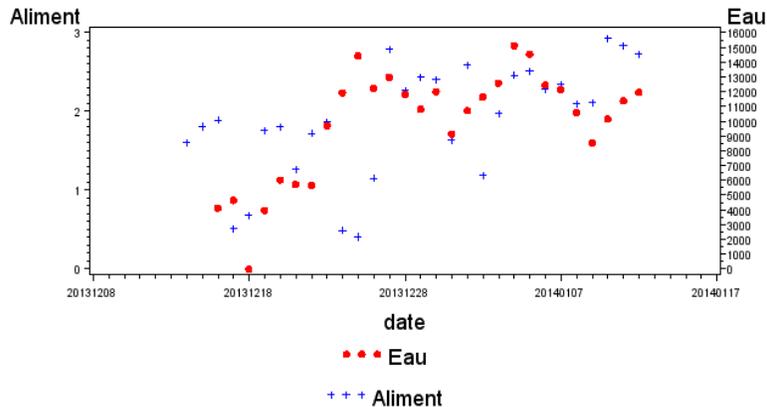
Graphique 13 Nombre de visites classées par consommation à chacune d'entre elles (parc 08-01, par animal, par jour)

Ces niveaux de précision sont assez grands pour déceler des changements dans le comportement d'abreuvement des porcs. Par exemple, selon Dr Brumm (2005), une plus grande attention doit être portée à la santé et au comportement des porcs lorsque la consommation d'eau du groupe d'animaux diminue au bout de trois jours ou lorsque d'un jour à l'autre il y a une diminution soudaine de consommation d'eau de 30 à 40 %. Le niveau de précision par jour du système développé permettrait donc de déceler de telles diminutions de consommation, mais à l'échelle de chaque animal plutôt que pour un groupe.

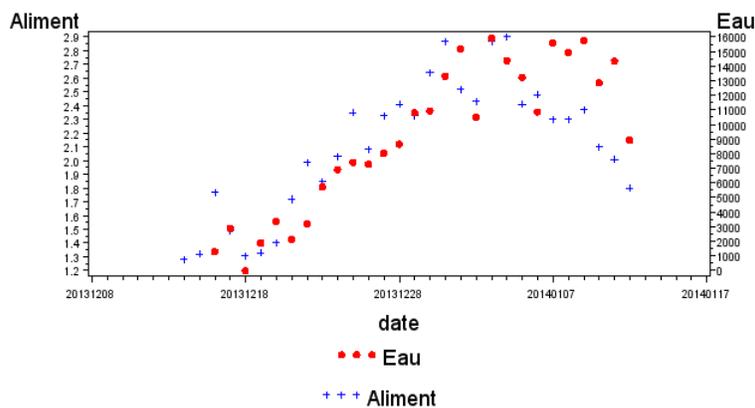
2.6.3 Comportement d'abreuvement des animaux

Comparaison entre la consommation d'eau et la consommation d'aliment

Les deux graphiques suivants (Graphique 14 et Graphique 15) montrent qu'il y a un lien fort entre la consommation de moulée et la consommation d'eau par animal. Dans ce projet, nous nous limiterons à observer ce lien et à affirmer qu'il semble y avoir une corrélation forte entre ces deux consommations. En effet, une hausse de consommation d'eau semble pratiquement toujours reliée à une hausse de consommation d'aliment. Dans un projet futur, il serait intéressant de vérifier si l'une de ces données est précurseur de l'autre, c'est-à-dire si le changement dans la prise d'eau vient avant ou après le changement dans la prise alimentaire.



Graphique 14 Évolution des consommations quotidiennes d'aliment et d'eau (animal 136, parc 08-01)

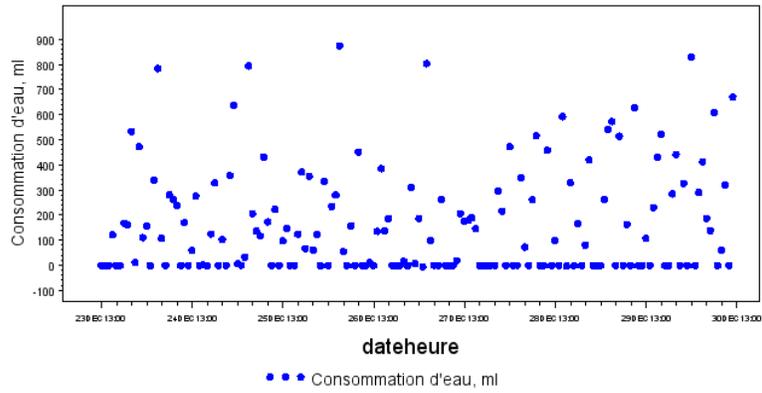


Graphique 15 Évolution des consommations quotidiennes d'aliment et d'eau (animal 060, parc 12-08)

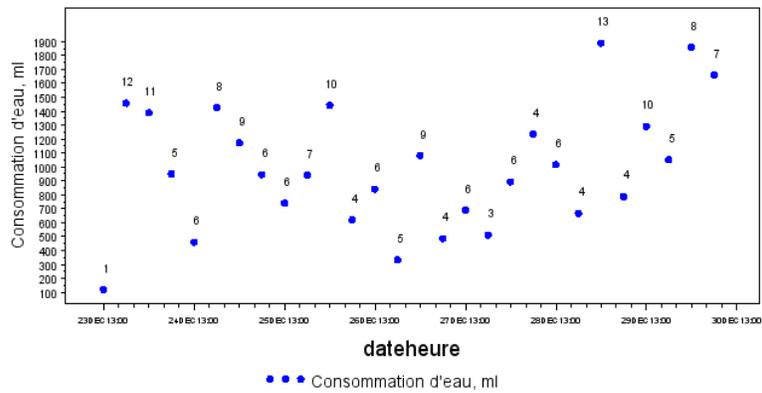
Consommation par animal par longueur de période

L'un des objectifs de ce système d'abreuvement étant de pouvoir faire un suivi périodique de la consommation d'eau d'un porc pour pouvoir réagir le plus rapidement possible à un changement dans sa consommation, il est important de savoir à quelle fréquence les données devraient être rapportées pour avoir une résolution acceptable. En d'autres mots, un graphique idéal présenterait une courbe ne variant pas trop dans le temps, sauf si l'animal change réellement sa consommation. La période d'agrégation de données devrait donc considérer le fait que les animaux consomment plus d'eau et d'aliment pendant une certaine période de la journée.

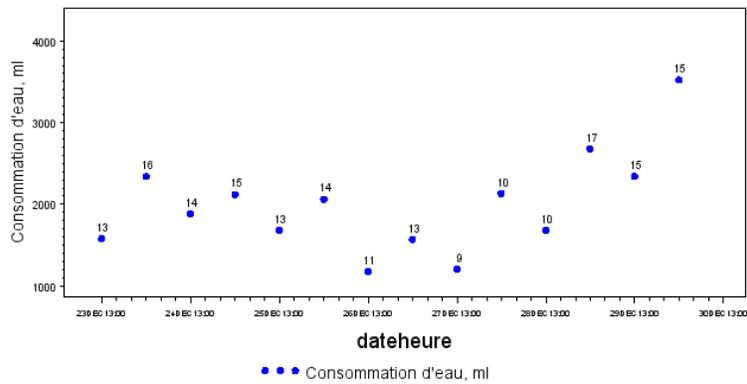
Afin de déterminer la meilleure façon de rapporter la consommation des animaux, il est intéressant de regarder les graphiques 16 à 19 de la consommation d'un même animal pendant une même semaine, mais rapportée en blocs de 1 heure, 6 heures, 12 heures et 24 heures.



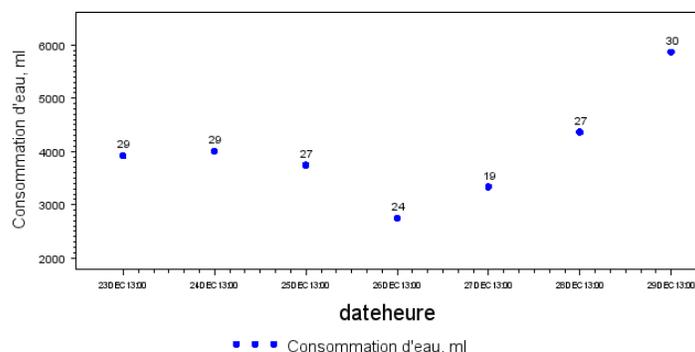
Graphique 16 Consommation par heure pour l'animal 036 pendant une semaine (parc 12-08)



Graphique 17 Consommation par 6 heures pour l'animal 036 pendant une semaine (parc 12-08)



Graphique 18 Consommation par 12 heures pour l'animal 036 pendant une semaine (parc 12-08)



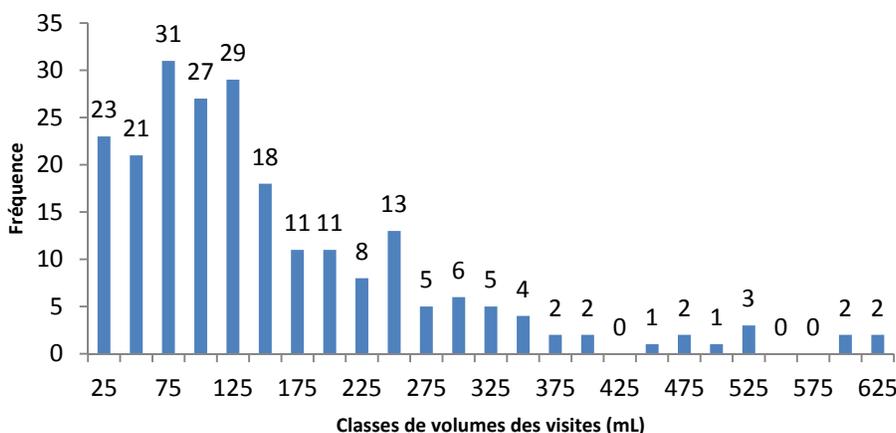
Graphique 19 Consommation par 24 heures pour l'animal 036 pendant une semaine (parc 12-08)

Les graphiques 16 à 19 démontrent le fait qu'il est difficile, en représentant graphiquement les consommations à chaque heure, de déceler une tendance. En effet, la consommation change beaucoup trop d'une heure à l'autre. La résolution est donc trop grande. À partir d'intervalles de 6 heures, la tendance est beaucoup plus claire, jusqu'à ce qu'on atteigne une résolution d'un point aux 24 heures. La courbe de cette dernière est très lisse, car elle capture les effets des cycles quotidiens du comportement dont il a été question plus tôt. Cependant, elle ne permet de réagir à un changement de comportement qu'aux 24 heures. Une méthode pour lisser la courbe et donner des indications de changements de comportement d'abreuvement à intervalles plus courts permettrait de réagir plus rapidement. Il serait donc intéressant, dans le futur, de voir comment cela pourrait être fait.

Caractéristiques du comportement d'abreuvement

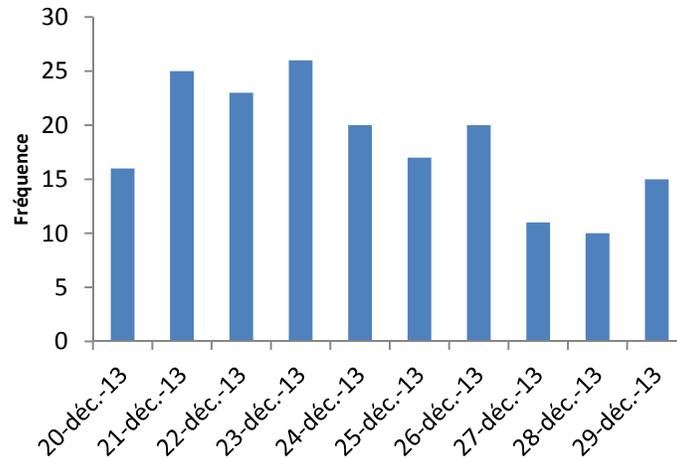
Une analyse rapide des données recueillies lors de ce projet permet de mettre en lumière certaines caractéristiques intéressantes du comportement d'abreuvement. Parmi celles-ci, il y a la distribution (fréquence) des différents volumes consommés par visite, le nombre de visites par jour par animal et la distribution (fréquence) des durées des visites.

À partir du Graphique 20, il est possible de voir que 58 % des visites ont des consommations plus petites que 125 ml et que seulement 11 % des visites ont des consommations de plus de 300 ml. De plus, la moyenne des consommations par visite est de 144 ml.

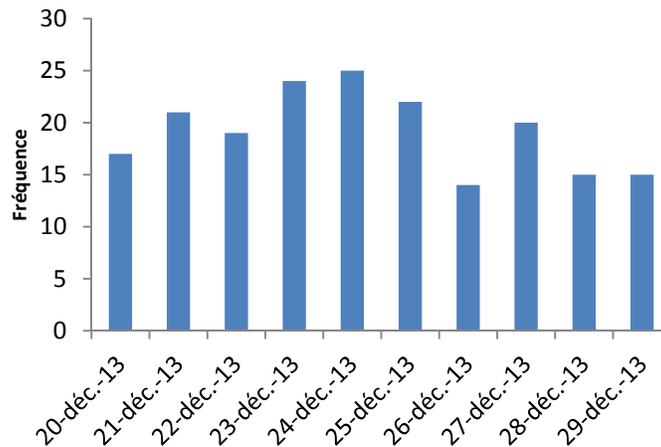


Graphique 20 Distribution (fréquence) des différents volumes consommés par visite (parc 08-01)

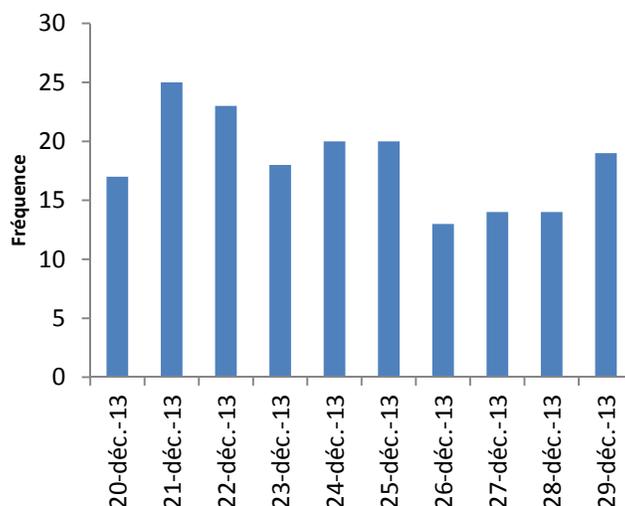
Les graphiques 21 à 23 démontrent le nombre de visites par jour à l'abreuvoir de trois animaux différents. Le nombre de visites minimal de ces animaux est de 10 par jour et le maximum est de 26.



Graphique 21 Distribution (fréquence) du nombre de visites par jour pour l'animal 04052781

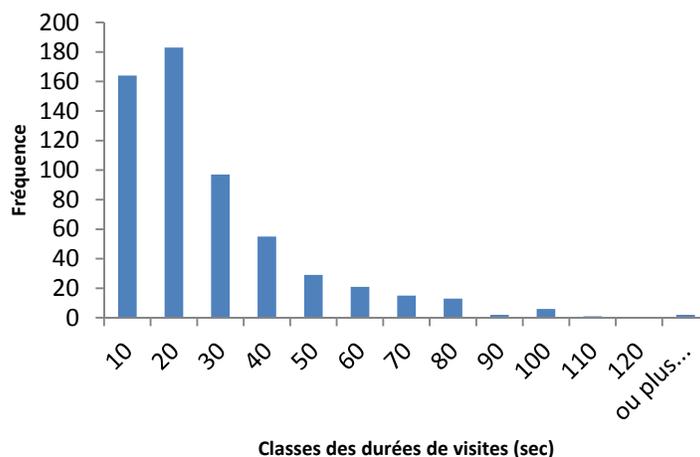


Graphique 22 Distribution (fréquence) du nombre de visites par jour pour l'animal 04053257



Graphique 23 Distribution (fréquence) du nombre de visites par jour pour l'animal 05013517

Le Graphique 24 montre la distribution (fréquence) des durées des visites pour l'ensemble du parc 08-01. À partir de ce graphique, il est possible de constater que 93 % des visites durent moins d'une minute et que 76 % des visites durent moins de 30 secondes. La moyenne de durée des visites quant à elle est de 24 secondes.



Graphique 24 Distribution (fréquence) de la durée des visites pour le parc 08-01

Pour conclure, dans un souci de validation du système élaboré au courant de ce projet, des données ont été recueillies et des observations portant sur le comportement d'abreuvement ont pu être faites. Or, le but premier n'était pas d'analyser le comportement des animaux, mais de concevoir un système permettant de prendre des mesures de comportement d'abreuvement de chaque porc individuellement. Les résultats obtenus permettent de conclure que le système développé est simple et efficace pour mesurer la consommation individuelle par jour et que l'industrie porcine pourrait être gagnante à mieux connaître certains comportements identifiés. Des travaux futurs pourront être entrepris portant plus sur des comportements d'abreuvement en particulier. La polyvalence du système, couplée aux autres performances de la Station, permettra de faire des observations uniques et d'étudier les relations entre certains caractères qui n'ont encore jamais été faites à l'échelle d'un individu.

3 Conclusion

La Station d'évaluation des porcs de Deschambault est au service de la filière porcine depuis 1994 et jusqu'à aujourd'hui, 34 épreuves ou lots d'animaux ont été évalués à cette Station. En 1997, elle a été équipée d'une technologie nouvelle, soit un système d'alimentation (IVOG) lui permettant de mesurer la consommation alimentaire individuelle et de connaître le comportement alimentaire de chaque porc. Ces installations ont permis à l'époque que le secteur porcin québécois soit un pionnier dans ce domaine et la Station est devenue une référence pour les mesures de consommation, de conversion et de comportement alimentaire.

Ce projet a permis de faire le portrait des nouvelles technologies actuellement disponibles, de leurs applications potentielles ainsi que des résultats de recherches obtenus. Les nouvelles technologies les plus prometteuses ont été sélectionnées pour leur installation et leur testage à la Station d'évaluation des porcs de Deschambault.

Tout d'abord, l'avancée majeure de ce projet est l'installation d'un système de mesure de la consommation d'eau individuelle dans chacun des 28 parcs de la Station. En 2014, la Station d'évaluation des porcs de Deschambault devient, à notre connaissance, la première station d'épreuve équipée d'un tel système pour tous les parcs d'un bâtiment. Un système ingénieux de mesure de la consommation d'eau individuelle a été conceptualisé et développé par le CDPQ et des données uniques sont maintenant recueillies sur une base quotidienne. Ces stations d'abreuvement comprennent toutes un système d'identification RFID et un système pour connaître précisément le volume d'eau consommé à l'abreuvoir. Certaines analyses ont été réalisées pour déterminer les précisions des appareils ainsi que le nombre de points d'eau nécessaires au préalable de l'installation. D'autres analyses préliminaires présentées dans ce rapport exploitent déjà ces nouvelles données uniques. Ces résultats sur la consommation d'eau individuelle des porcs sont de nouvelles mesures de performance et de comportement. Ces données sont des indicateurs potentiels ou en lien avec d'autres performances mesurées à la Station telle la consommation d'aliment. Certaines applications, comme l'identification d'animaux malades, peuvent découler de ce système d'abreuvement individuel.

De plus, une caméra infrarouge a été installée dans un parc et des mesures de température individuelles, lors du passage du porc à l'abreuvoir, s'ajoutent à l'ensemble des données déjà recueillies sur ces porcs. Certaines applications de la thermographie infrarouge seront évaluées au cours des prochaines épreuves pour faire suite à ce projet. Des analyses du comportement par imagerie ont aussi été effectuées lors de ce projet. Certains résultats ont été obtenus sur la densité des porcs dans certaines zones définies du parc. Par contre, malgré le potentiel de cette technologie, des validations sont nécessaires pour vérifier ces résultats et, à notre avis, les applications potentielles sont à prévoir dans un horizon à plus long terme. Une revue exhaustive des technologies de prédiction de poids a été réalisée comprenant une description des spécifications et des applications des systèmes les plus connus.

Pour terminer, après la réalisation de ce projet, de nombreuses données sur la consommation d'eau seront prises lors des prochains projets à la Station d'évaluation des porcs de Deschambault. La Station est un lieu unique pour évaluer les applications de nouvelles technologies permettant de mesurer les performances des porcs commerciaux. D'autres technologies prometteuses telles que la thermographie infrarouge et la prédiction de poids par imagerie seront évaluées au cours des prochaines épreuves, et ce, pour contribuer au développement du secteur porcin québécois. La finalité de ce projet est de faciliter l'intégration de ces technologies au sein des fermes porcines québécoises et un grand pas a été réalisé

dans cette direction. Ainsi, ce projet a permis à la filière porcine québécoise d'avoir une station mieux équipée et de développer l'expertise pour l'évaluation et l'intégration de nouvelles technologies. La Station d'évaluation des porcs de Deschambault se caractérise par la prise de mesures approfondies sur les porcs commerciaux et elle est un outil unique de transfert technologique afin de rester avant-gardiste dans le domaine de la recherche et du développement en production porcine.

4 Références

- Allain, C., Thomas, G. et A. Chanvallon. 2012. Détection automatisée des chaleurs en élevage bovin laitier : quel outil choisir? Institut de l'élevage, 10 p.
- Bernick, K. 2007. Monitor water for health. [En ligne]. <http://nationalhogfarmer.com/health-diseases/monitor-water-health>
- Better Farming. 2012. Video imaging for real-time performance monitoring. Pigs, Pork & Progress. [En ligne]. http://www.betterfarming.com/sites/default/files/18_PPP2012.pdf
- Birck, M.M, Iburg, T., Schmidt, M., Sangild, P.T. et A.K. Hansen. 2008. A novel method for transuterine identification of piglets. Abstract. [En ligne]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18625588>
- Brandl, N. et E. Jørgensen. 1996. Determination of live weight of pigs from dimensions measured using image analysis. Computers and Electronics in Agriculture, 15(1) : 57-72.
- Brown-Brandl, T.M. et R.A. Eigenberg. 2011. Development of a livestock feeding behavior monitoring system. Transactions of the ASABE, 54(5) : 1913-1920.
- Brown-Brandl, T.M., Rohrer, G.A. et R.A. Eigenberg. 2013. Analysis of feeding behavior of group housed growing-finishing pigs. Computers and Electronics in Agriculture, 96 : 246-252.
- Brumm, M.C. 2005. La consommation quotidienne d'eau : un indicateur de la croissance. [En ligne]. http://www.3trois3.com/opinion-des-experts/la-consommation-quotidienne-deau-un-indicateur-de-la-croissance_302/
- Brumm, M.C. 2010. Water systems for swine. Hogs, Pigs, and Pork, April 26. [En ligne]. <http://www.extension.org/pages/27439/water-systems-for-swine#.UqCzbMQvRtl>
- Cordeiro, A.F. da S., Naas, I. de A. et D.P. Neves. 2012. The use of thermal images for identifying stress condition in piglets. Ninth International Livestock Environment Symposium, July 8-12, Spain : 4-9.
- Cornou, C. et S. Lundbye-Christensen. 2008. Classifying sows' activity types from acceleration patterns : An application of the Multi-Process Kalman Filter. Applied Animal Behaviour Science, 111 : 262-273.
- Cornou, C. et S. Lundbye-Christensen. 2010. Classification of sows' activity types from acceleration patterns using univariate and multivariate models. Computers and Electronics in Agriculture, 72 : 53-60.
- Cornou, C., Lundbye-Christensen, S. et A. Ringgaard Kristensen. 2011. Modelling and monitoring sows' activity types in farrowing house using acceleration data. Computers and Electronics in Agriculture, 72 : 316-324.
- EU-PLF. 2013. Communiqué de presse : Projet Européen du programme cadre 7 : EU-PLF.
- Farmers Guardian. 2011. Pig cameras remove need for scales. [En ligne]. <http://www.farmersguardian.com/home/livestock/livestock-news/pig-cameras-remove-need-for-scales/36737.article>
- Grégoire, J. 2012. Évaluation et quantification des troubles locomoteurs chez la truie reproductrice. Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures et postdoctorales de l'Université Laval. Québec : Université Laval, 97 p.

- Halvorsen, P.S., Fleisher, L.A., Espinoza, A., Elle, O.J., Hoff, L., Skulstad, H., Edvardsen, T. et E. Fosse. 2009. Detection of myocardial ischaemia by epicardial accelerometers in the pig. *British Journal of Anaesthesia*, 12(1) : 29-37.
- Harty, E. 2008. Automating heat detection. [En ligne].
<http://www.whff.info/info/conferences/whc2008/Automating%20Heat%20Detection.%20r.%20E%20Harty.pdf>
- Institut MAUPERTUIS. 2012. RFID Globe 2012. Tendances mondiales et applications remarquées en 2012. Bulletin technique no 33 : 4 p.
- Kashiha, M., Bahr, C., Amirpour Haredasht, S., Ott, S., Moons, C.P.H., Niewold, T.A., Odberg, F.O. et D. Berckmans. 2013. The automatic monitoring of pigs water use by cameras. *Computers and Electronics in Agriculture*, 90 : 164-169.
- Knizkova, I., Kunc, P., Gurdil, G.A.K., Pinar, Y. et K.Ç. Selvi. 2007. Applications of infrared thermography in animal production. *Journal of Faculty of Agriculture*, 22(3) :329-336.
- Kollis, K., Phang, C.S., Banhazi, T.M. et S.J. Searle. 2007. Weight estimation using image analysis and statistical modelling : a preliminary study. *Applied Engineering in Agriculture*, 23(1) : 91-96.
- Lawrence, T.E., Spire, M.F., Dikeman, M.E., Hunt, M.C., Hogge, S.B. et B.W. James. 2001. Utilizing infrared thermography to predict pork quality. *Swine Day* : 131-134.
- Minagawa, H. et T. Ichikawa. 1994. Determining the weight of pigs with image analysis. *Transactions of the ASAE*, 37(3) : 1011-1015.
- Montanholi, Y.R., Odongo, N.E., Swanson, K.C., Schenkel, F.S., McBride, B.W. et S.P. Miller. 2008. Application of infrared thermography as an indicator of heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bos taurus*). *Journal of Thermal Biology*, 33 : 468-475.
- Osbourne, N. 2010. Ready for my thermal Close-up. [En ligne].
<http://atquelph.uoquelph.ca/2010/03/ready-for-my-thermal-close-up/>
- Pandorfi, H. et I.J.O. da Silva. 2005. Evaluation of the behavior of piglets in different heating systems using analysis of image and electronic identification. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Vol. VII. Manuscript BC 03 021.
- Pavel, I. 2005. À la découverte du nanomonde. Paris : Ministère délégué à la Recherche, 31, p.
- Ringgenberg, N., Bergeron, R. et N. Devillers. 2010. Validation of accelerometers to automatically record sow postures and stepping behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, 128 : 37-44.
- Rodenburg, J. 2008. La gestion de précision dans le secteur laitier et l'avenir de la production laitière en Ontario. Fiche technique. Ontario : MAAARO, 4 pages.
- Rydberg, A. et M. Gilbertsson. 2005. Monitoring live pig weight with a mobile imaging system. *Precision Livestock Farming* : 257-263.
- Schofield, C.P. 1993. Image analysis for non-intrusive weight and activity monitoring of live pigs. *Livestock Environment IV, Fourth International Symposium* : 503-510.
- Schofield, C.P., Marchant, J.A., White, R.P., Brandl, N. et M. Wilson. 1999. Monitoring pig growth using a prototype imaging system. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72 : 205-210.

- Swine Innovation Porc (SIP). 2013. Thermographie infrarouge (TIR). [En ligne].
<http://www.innovationporc.ca/resources/2013/--Atelier%20boiterie%20-%20Cahier%20des%20participants.pdf>
- Ter Beek, V. 2006. An extra set of eyes for pig producers. [En ligne].
http://www.pigprogress.net/PageFiles/27312/001_boerderij-download-PP5661D01.pdf
- Ter Beek, V. 2012. EuroTier gold medal for OptiScan mobile pig weighing system. [En ligne].
<http://www.pigprogress.net/Home/General/2012/10/EuroTier-gold-medal-for-OptiScan-mobile-pig-weighing-system-PP009404W/>
- Tirapicos Nunes, J., Paiva, J.C. et J.A. Almeida. 2000. Permanent electronic identification of Alentejano swine breed animals. [En ligne].
<http://om.ciheam.org/om/pdf/a41/00600156.pdf>
- Velarde, A. et R. Geers. 2007. On farm monitoring of pig welfare. The Netherlands : Wageningen Academic Publishers, 207 p.
- Wang, Y., Yang, W., Winter, P. et L.T. Walker. 2006. Non-contact sensing of hog weights by machine vision. Applied Engineering in Agriculture, 22(4) : 577-582.
- Warriss, P.D., Pope, S.J., Brown, S.N., Wilkins, L.J. et T.G. Knowles. 2006. Estimating the body temperature of groups of pigs by thermal imaging. Veterinary Record, 158 : 331-334.
- Whitney, M. 2006. Should we be monitoring water intake in our barns? [En ligne].
<http://www.extension.umn.edu/swine/components/pubs/MonitoringWaterIntakeBarns.pdf>
- Xin, H. 1999. Assessing swine thermal comfort by image analysis of postural behaviors. Journal of animal science, 77 : 1-9.



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

☎ 418 650-2440 • 📠 418 650-1626

cdpq@cdpq.ca • www.cdpq.ca

 @cdpqinc