



INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT
ИИ УСРОВОИЛІВОИИЕШЕНІ
ET DE DÉVELOPPEMENT

RAPPORT FINAL

IMPLANTATION D'UNE TECHNOLOGIE DE TRAITEMENT D'AIR POUR RÉDUIRE L'IMPACT DE LA PRODUCTION PORCINE



Auteur et responsable scientifique : MATTHIEU GIRARD, ing. jr, Ph.D.

Collaborateurs : Ariane LÉVESQUE, Valérie LÉTOURNEAU, Jonathan VYSKOCIL et Caroline DUCHAINE

Rapport présenté à : Agriculture et Agroalimentaire Canada

Date : 2008-03-31

Projet IRDA # : PAI-P283

www.
irda.
qc.ca

L'IRDA a été constitué en mars 1998 par quatre membres fondateurs, soit le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), l'Union des producteurs agricoles (UPA), le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) et le ministère de l'Économie, de l'Innovation et des Exportations (MEIE).

L'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement est une corporation de recherche à but non lucratif qui travaille à chaque année sur une centaine de projets de recherche en collaboration avec de nombreux partenaires du milieu agricole et du domaine de la recherche.

Notre mission

L'IRDA a pour mission de réaliser des activités de recherche, de développement et de transfert en agroenvironnement visant à favoriser l'innovation en agriculture, dans une perspective de développement durable.

Notre vision

En 2016, l'IRDA est reconnu à l'échelle canadienne comme un chef de file en recherche, développement et transfert en agroenvironnement. L'IRDA se démarque par son approche intégrée et par le dynamisme de ses partenariats qui lui permettent d'anticiper les problèmes et de proposer des solutions novatrices répondant aux besoins des agriculteurs et de la société.

Pour en savoir plus

www.irda.qc.ca

PARTENAIRES



Implantation d'une technologie de traitement d'air pour réduire l'impact de la production porcine

Présenté à :

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Préparé par :

Matthieu Girard, ing. jr Ph.D.
IRDA

Ariane Lévesque, ing. Jr, M. Sc.
IRDA

Valérie Létourneau, Ph. D.
IUCPQ

Jonathan Vyskocil, M. Sc.
Université Laval

Caroline Duchaine, Ph. D.
IUCPQ

LE RAPPORT PEUT ÊTRE CITÉ COMME SUIT :

Girard M., Lévesque A., Létourneau V., Vyskocil J. et Duchaine C. 2018. Implantation d'une technologie de traitement d'air pour réduire l'impact de la production porcine. Rapport final. IRDA et IUCPQ. 37 pages.

© Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA)

ÉQUIPE DE RÉALISATION DU PROJET

- Responsable scientifique et chargé de projet : Matthieu Girard, ing. jr, Ph. D.
- Ariane Lévesque, ing. jr. M. Sc.

ÉQUIPE DE RÉDACTION DU RAPPORT

- Matthieu Girard, ing. jr, Ph. D., IRDA

COLLABORATEURS

- Caroline Duchaine, Ph. D.
Centre de recherche de l'Institut universitaire de cardiologie et de pneumologie du Québec
- Valérie Létourneau, Ph. D.
Centre de recherche de l'Institut universitaire de cardiologie et de pneumologie du Québec
- Jonathan Vyskocil, M. Sc.
Université Laval

Les lecteurs qui souhaitent commenter ce rapport peuvent s'adresser à :

Matthieu Girard, ing. jr, Ph. D.
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)
2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8
Téléphone : 418 643-2380, poste 670
Courriel : matthieu.girard@irda.qc.ca

REMERCIEMENTS

Ce projet de recherche a été réalisé grâce à des aides financières accordées par Agriculture et Agroalimentaire Canada, dans le cadre du Programme Agri-innovation, et par les Éleveurs de porcs du Québec. Des remerciements s'adressent également à l'IRDA qui a fourni une contribution importante dans le cadre de cette étude. Les auteurs remercient également les participants du projet et reconnaissent également l'appui technique fourni par le personnel de recherche de l'IRDA.

RÉSUMÉ

Le système de traitement de l'air n'avait jamais été testé sur une porcherie pendant un essai à long terme. Avec les résultats de ce projet, il a été possible d'intégrer la technologie sur un bâtiment commercial et d'améliorer l'opération du système selon les variations saisonnières.

ACTIVITÉ : OPTIMISATION DE L'UNITÉ DE TRAITEMENT DE L'AIR DÉVELOPPÉE À L'IRDA EN VUE D'UNE UTILISATION À L'ÉCHELLE COMMERCIALE

1	Points saillants	3
2	Exemples de réussites.....	5
3	Objectifs/Résultats	6
4	Enjeux	9
5	Leçons apprises.....	10
6	Possibilités futures connexes.....	11

ÉVALUATION DES PERFORMANCES DE L'UNITÉ DE TRAITEMENT DE L'AIR À L'ÉCHELLE COMMERCIALE

7	Points saillants	12
8	Exemples de réussites.....	13
9	Objectifs/Résultats	14
10	Enjeux	21
11	Leçons apprises.....	22
12	Possibilités futures connexes.....	23

ANALYSE DES COÛTS ET BÉNÉFICES DE L'IMPLANTATION

13	Points saillants	24
14	Objectifs/Résultats	25
15	Enjeux	29
16	Leçons apprises.....	30
17	Possibilités futures connexes.....	31
	Références	32

1 OPTIMISATION DE L'UNITÉ DE TRAITEMENT DE L'AIR DÉVELOPPÉE À L'IRDA EN VUE D'UNE UTILISATION À ÉCHELLE COMMERCIALE QUI SOIT SIMPLE ET VIABLE POUR LES PRODUCTEURS PORCINS

POINTS SAILLANTS

De récentes études démontrent que les enjeux environnementaux provoqués par la mondialisation et l'intensification de l'agriculture industrialisée lors des 50 dernières années sont devenus extrêmement importants. La production animale, dont l'industrie porcine est la plus importante, fait partie des activités pouvant avoir un impact environnemental significatif. En plus des odeurs, les contaminants évacués par les bâtiments d'élevage porcin incluent différents gaz, des particules de poussières (inhalables et respirables), des bioaérosols (bactéries, virus, endotoxines, moisissures) et plusieurs autres composés volatils.

Les systèmes de traitement de l'air pour les bâtiments porcins pourraient représenter une partie de la solution pour réduire les odeurs et les contaminants aériens. Dernièrement, une équipe de l'IRDA et du CRIUCPQ a travaillé au développement d'une unité de traitement de l'air permettant de réduire les émissions provenant d'une porcherie. Des résultats prometteurs ont été obtenus avec des essais à l'échelle laboratoire et à l'échelle pré-commerciale. Ce projet vise donc à optimiser le concept expérimental existant afin de produire une unité commerciale à faibles coûts d'installation et d'opération. Cette première activité du projet vise à adapter le design des unités de traitement de l'air (UTA) développées à l'IRDA afin de produire une unité de type commercial à implanter sur un site porcin. Plus spécifiquement, elle a pour but :

1. d'optimiser le design des UTA;
2. d'évaluer différents procédés de récupération de l'eau;
3. de construire deux prototypes de cette nouvelle génération d'UTA.

L'optimisation des UTA a été réalisée en 2016/2017 et l'évaluation des procédés pour récupérer l'eau a démontré que les méthodes sélectionnées pour réduire la consommation en eau n'étaient pas applicables au système de traitement de l'air. À la fin de mars 2017, les deux prototypes de cette nouvelle génération d'UTA avaient été construits et étaient prêts à être mis en fonction pour le traitement de l'air d'un bâtiment porcin.

Pendant l'année 2017/2018, les travaux de l'activité ont visé le démarrage du système et l'ajustement des équipements. Les paramètres pour l'alimentation en air de la porcherie ont d'abord été réglés pour assurer le bon fonctionnement du procédé. En collaboration avec les professionnels du Centre de développement du porc du Québec (CDPQ), une solution novatrice a été mise en place pour amener un débit d'air plus élevé aux UTA en été sans modifier les conduites d'alimentation.

Pour stocker l'eau usée, il était initialement prévu d'utiliser la structure d'entreposage du lisier, mais ce ne fut pas possible puisqu'elle était utilisée à pleine capacité. L'équipe de recherche a donc décidé de louer une structure d'entreposage temporaire pour stocker l'eau usée séparément de la fosse à lisier. Cette décision a permis de faciliter la gestion de l'eau usée et de l'utiliser comme fertilisant azoté pour les cultures.

Finalement, certains problèmes ont dû être réglés tout au long du projet, soit des bris d'équipements et des complications avec les températures hivernales (drains bouchés, entrée d'eau gelée, etc.).

2 EXEMPLES DE RÉUSSITE

La décision de stocker l'eau usée séparément de la fosse à lisier s'est avérée très favorable pour sa valorisation comme fertilisant. L'élément principal qui limite l'épandage des engrais de ferme au Québec est le phosphore, mais l'eau usée du système de traitement de l'air contient une bonne quantité d'azote avec peu de phosphore. Il fut donc possible de l'appliquer au champ pour combler les besoins des cultures en azote sans dépasser les limites pour le phosphore.

Il serait pertinent d'évaluer la possibilité d'utiliser l'UTA comme système de production d'engrais azoté à faible impact environnemental. Ce serait d'autant plus intéressant si cet engrais peut être acceptable pour l'agriculture biologique où il y a peu de sources efficaces d'azote rapidement disponibles.

3 OBJECTIFS/RÉSULTATS

Plus spécifiquement, l'activité avait pour but de :

1. d'optimiser le design des UTA;
2. d'évaluer différents procédés de récupération de l'eau;
3. de construire deux prototypes de cette nouvelle génération d'UTA.

1. Optimiser le design des unités de traitement de l'air (UTA)

Cette partie du projet a été réalisée en 2016/2017.

2. Évaluer différents procédés de récupération de l'eau

Afin de réduire la consommation en eau du procédé, deux méthodes avaient été sélectionnées : un échangeur de chaleur pour condenser l'eau à la sortie des UTA et un système de concentration de l'eau usée. Après une évaluation théorique, l'équipe de recherche a déterminé que ces méthodes n'étaient pas applicables au système de traitement de l'air.

L'air à la sortie des UTA est saturé en eau, il serait donc possible d'utiliser un échangeur de chaleur afin de condenser l'eau et la retourner au procédé. Par contre, il est seulement envisageable de condenser l'eau l'hiver lorsqu'il y a une différence de température importante entre l'air à la sortie du procédé et l'air extérieur. Or, c'est pendant cette période que le débit d'air à traiter de la porcherie est le plus faible et que la consommation d'eau du procédé est au plus bas. De plus, le coefficient d'échange thermique est relativement faible pour un échangeur de chaleur air-air. Il serait nécessaire d'utiliser un gros équipement coûteux pour assurer une bonne performance. Un échangeur de chaleur serait donc coûteux à implanter afin de récupérer l'eau dans l'air à la sortie des UTA pendant l'hiver lorsque le système ne consomme pas beaucoup d'eau.

La deuxième méthode visait à concentrer l'eau usée afin de réduire le volume d'eau rejeté tout en assurant l'évacuation des sels d'azote du procédé. L'eau usée rejetée par le procédé contient environ 2 gN/L composé à 50 % de nitrate et à 50 % d'ammonium. Le nitrate ne cause pas de problème, mais la concentration de cette solution déplacerait l'équilibre chimique de l'ammonium et causerait la volatilisation de l'ammoniac gazeux. L'ammoniac capturé par les UTA serait donc relargué dans l'air. Afin d'éviter cette situation, la solution d'eau usée pourrait être acidifiée, mais ceci la rendrait peu intéressante pour la valorisation au champ comme fertilisant. Il est donc nécessaire de trouver des méthodes viables pour réduire la consommation en eau du procédé.

3. Construire deux prototypes de cette nouvelle génération d'UTA

À la fin mars 2017, les deux prototypes de cette nouvelle génération d'UTA étaient prêts à être mis en fonction pour le traitement de l'air d'un bâtiment porcin. Le livrable principal de cette activité avait donc été rencontré. Les photos ci-dessous (Figures 1 et 2) montrent le système de traitement de l'air installé sur la porcherie du Centre de développement du porc du Québec (CDPQ) ainsi que le système de gestion de l'eau et l'arrosage du mur filtrant.



Figure 1. Photo du système de traitement de l'air installé sur la porcherie.



Figure 2. Photos du système de gestion de l'eau (gauche) et de l'arrosage du mur filtrant (droite).

Pendant l'année 2017/2018, les travaux de l'activité visaient le démarrage du système et l'ajustement des équipements. Les paramètres pour l'alimentation en air de la porcherie ont d'abord été réglés pour assurer le bon fonctionnement du procédé. Les ventilateurs de la porcherie ont été recouverts d'une boîte étanche où la pression était maintenue constante par des ventilateurs d'appoint pour annuler l'effet du système de traitement de l'air sur la ventilation de la porcherie. La vitesse des ventilateurs d'appoint a été contrôlée par un automate, mais l'équipe technique devait ajuster les paramètres de contrôle (PID) pour que le système réagisse correctement aux variations dans la ventilation de la porcherie. La mesure du débit d'air était assurée par des iris ajustables reliés à des transmetteurs de pression différentielle. Ces iris devaient être ajustés tout au long du projet afin de maintenir

la perte de charge à l'intérieur de la plage de mesure des transmetteurs de pression.

Ces ajustements du système d'alimentation d'air ont permis de bien opérer pendant l'automne, l'hiver et le printemps, mais des ajustements supplémentaires étaient nécessaires pour traiter les débits d'air élevés en été. En collaboration avec les professionnels du CDPQ, la solution qui a été retenue était de forcer les ventilateurs d'appoint à pleine capacité lorsque le dernier pallier de ventilation de la ferme était en fonction. Ce dernier pallier de ventilation est seulement en fonction lorsque la température extérieure est élevée pour aider à évacuer la chaleur produite par les animaux. Cette solution a permis d'amener un débit d'air plus élevé aux UTA en été sans modifier les conduites d'alimentation.

En ce qui concerne la gestion de l'eau, le débit d'arrosage a d'abord été ajusté en utilisant les valves d'alimentation et de dérivation. Pour l'eau usée, le débit des pompes a été mesuré et le temps de purge a été ajusté pour obtenir le volume journalier désiré. Initialement, il était prévu mettre l'eau usée dans la structure d'entreposage du lisier, mais ce ne fut pas possible puisque la fosse était utilisée à pleine capacité par l'élevage en place. L'équipe de recherche a donc décidé de louer une structure d'entreposage temporaire pour stocker l'eau usée séparément de la fosse à lisier. Cette décision s'est avérée très favorable pour la valorisation de l'eau usée comme fertilisant. L'élément principal qui limite l'épandage des engrais de ferme au Québec est le phosphore, mais l'eau usée du système de traitement de l'air contient une bonne quantité d'azote et peu de phosphore. Il était possible de l'appliquer au champ pour combler les besoins des cultures en azote sans dépasser les limites pour le phosphore.

Finalement, il y a eu quelques problèmes avec le système tout au long du projet qu'il a fallu régler. Certains équipements ont rencontré des bris et ont dû être remplacés (les valves solénoïdes pour l'entrée d'eau fraîche par exemple), mais ce sont les températures hivernales qui ont causé le plus de problèmes. Des fils chauffants avaient été installés pour prévenir le gel, mais ces équipements sont fragiles et ont fait défaut à quelques reprises causant le gel de l'entrée d'eau fraîche et des drains bouchés. La modification du système de chauffage pour l'entrée d'eau fraîche et la surveillance accrue des fils chauffants ont permis de surmonter les défis de l'hiver.

4 ENJEUX

Il y a eu deux importants défis pour cette phase en 2017/2018, soit le stockage de l'eau usée et la gestion de l'eau durant l'hiver. Tel que précédemment mentionné, il avait été initialement prévu d'utiliser la structure d'entreposage du lisier pour stocker l'eau usée du système de traitement de l'air, mais ce ne fut pas possible puisque la fosse était utilisée à pleine capacité. Cette problématique a représenté un défi de taille puisque le système de traitement de l'air génère une quantité importante d'eau usée, jusqu'à 1 m³ par jour par unité en été. Il existe peu de solutions économiques pour stocker une telle quantité d'eau en prévision de l'application au champ. L'équipe de recherche a donc décidé de louer une structure d'entreposage temporaire pour stocker l'eau usée séparément de la fosse à lisier. Cette structure d'entreposage est en fait un réservoir fait de plastique étanche, mais flexible qui peut se gonfler en fonction de l'apport d'eau, et ce, même en conditions hivernales. Le réservoir est équipé de deux connexions, une pour l'apport d'eau usée et l'autre pour la vidange. Pendant le projet, le réservoir a été rempli et vidé un total de 3 fois en fonction de la production d'eau usée et des périodes d'épandage au champ.

Les températures hivernales ont causé plusieurs problèmes, par exemple le gel de l'entrée d'eau fraîche et le blocage des drains. Des fils chauffants ont été installés pour prévenir le gel, mais ces équipements sont fragiles et ont fait défaut à quelques reprises. La modification du système de chauffage pour l'entrée d'eau fraîche et la surveillance accrue des fils chauffants ont permis de surmonter les défis de l'hiver.

La fabrication et l'installation des deux prototypes de cette nouvelle génération d'UTA a coûté plus cher qu'initialement prévu, mais des ajustements avec d'autres postes budgétaires et d'autres activités ont permis de réaliser le projet à l'intérieur du budget accordé sans affecter les résultats.

5 LEÇONS APPRISSES

La mise à l'échelle commerciale d'une technologie est un processus complexe, surtout pour des systèmes de traitement biologiques qui doivent assurer la viabilité du consortium microbien. Lorsque c'était possible, l'équipe de recherche a essayé d'intégrer de la flexibilité dans le design des UTA pour faciliter les ajustements et les modifications en cours d'opération. Par exemple, l'utilisation d'une ligne de dérivation pour la recirculation de l'eau a permis d'ajuster aisément les débits d'alimentation tout en permettant aux pompes d'opérer sans restriction excessive.

Lorsque cela est possible, anticiper les problèmes avant que le système soit en fonction permet d'éviter des modifications parfois compliquées. Par exemple, un meilleur système de chauffage pour l'entrée d'eau fraîche aurait permis de prévenir le remplacement de la ligne d'eau fraîche en plein hiver. Il est également important de multiplier les sources d'information (sondes et analyseurs principalement), ce qui facilite la compréhension et la résolution des problèmes.

6 POSSIBILITÉS FUTURES CONNEXES

Dans l'optique de commercialiser l'unité de traitement de l'air, une des prochaines étapes serait d'adapter le design du système à différents types de bâtiments. Il serait alors possible de trouver le design le plus économique pour différentes situations. Par exemple, il serait intéressant d'intégrer le mur filtrant directement au bâtiment à la sortie des ventilateurs dans les constructions neuves pour éviter la construction d'une structure séparée pour l'UTA.

Puisque les méthodes sélectionnées dans ce projet pour concentrer l'eau usée et condenser l'eau à la sortie des UTA n'étaient pas applicables au système de traitement de l'air, il serait nécessaire de trouver des méthodes viables pour réduire la consommation en eau du procédé. Ce serait particulièrement important pour les fermes avec une source d'eau restreinte.

7 ÉVALUATION DES PERFORMANCES DE L'UNITÉ DE TRAITEMENT DE L'AIR À ÉCHELLE COMMERCIALE

POINTS SAILLANTS

L'optimisation du design, la conception et la fabrication des unités de traitement de l'air (UTA) à l'échelle commerciale ont été réalisées. L'objectif principal de cette activité était d'évaluer les performances de la nouvelle génération d'UTA avec un essai à long terme sur un bâtiment commercial.

Les deux prototypes d'UTA ont été démarrés le 18 avril 2017 et l'essai a été réalisé jusqu'au 31 mars 2018. Dès le démarrage, le bon fonctionnement du procédé a été vérifié et les paramètres d'opération ont été ajustés.

Une fois le procédé opérationnel, les UTA ont été inoculées avec un consortium diversifié. Cette façon d'inoculer permet de fournir une grande diversité de microorganismes au démarrage et, par la suite, les conditions de vie du procédé sélectionnent naturellement les microorganismes viables.

Le suivi analytique effectué pendant ce projet avait pour objectif d'évaluer les performances des UTA, mais visait également à mieux comprendre la dynamique du procédé pendant l'essai à long terme. Donc, à la fois des paramètres d'opération et des indicateurs de la qualité de l'air ont été mesurés. Les débits d'air à traiter ainsi que la concentration des polluants ont varié pendant le projet en fonction des saisons et du système de ventilation de la porcherie. Pour l'ammoniac (NH_3), les meilleures performances ont été observées pendant l'hiver où les débits d'air étaient les plus faibles : efficacités de $96 \pm 2 \%$ pour l'unité A et de $93 \pm 6 \%$ pour l'unité B. Pour la réduction des poussières, les résultats étaient assez variables tout au long de l'essai. Les performances moyennes obtenues étaient de $58 \pm 24 \%$ pour l'unité A et $67 \pm 23 \%$ pour l'unité B. La performance des UTA à réduire les odeurs a été calculée en utilisant soit la concentration ou l'intensité des odeurs. Les résultats obtenus démontrent une performance moyenne jusqu'à 60 %.

Outre les performances des UTA, l'équipe de recherche s'est également intéressée au contrôle du procédé. La conductivité dans l'eau semble être un bon indicateur pour opérer le système, car il a été possible d'ajuster correctement la purge de l'eau usée. Les autres informations telles que la quantité de biomasse et les différentes formes d'azote ont ensuite permis de bien comprendre le procédé biologique.

En conclusion, cette activité a effectivement permis d'évaluer objectivement les performances de l'unité de traitement de l'air à échelle commerciale. En démontrant le potentiel des UTA avec un essai à long terme, cette technologie est prête à être transférée vers un manufacturier qui assurera l'implantation sur les fermes porcines.

8 EXEMPLES DE RÉUSSITES

Les unités de traitement de l'air (UTA) à l'échelle commerciale ont permis de réduire les émissions de tous les contaminants ciblés. Pour l'ammoniac (NH_3), des efficacités très élevées ont été obtenues, jusqu'à 96 %. Même avec les débits d'air élevés en période estivale, le système a permis d'éliminer jusqu'à 71 ± 15 % du NH_3 en moyenne. Ce projet a donc permis de démontrer le potentiel des UTA à traiter les contaminants émis par les bâtiments d'élevage porcin.

Avec le suivi rigoureux de la qualité de l'eau dans le système de traitement de l'air, il a été possible de maintenir de bonnes performances tout au long de l'essai à long terme. L'ajustement de la purge d'eau usée a permis de contrôler le ratio du substrat versus les microorganismes et de conserver une biomasse efficace dans le système. Les données recueillies dans ce projet permettront de modifier le système de contrôle du procédé afin de prédire la consigne de la purge de l'eau usée en fonction de la charge polluante à l'entrée du système.

9 OBJECTIFS/RÉSULTATS

L'optimisation du design, la conception et la fabrication des unités de traitement de l'air (UTA) à l'échelle commerciale ont été réalisées lors de cette activité. L'objectif principal était donc d'évaluer les performances de la nouvelle génération d'UTA avec un essai à long terme sur un bâtiment commercial. Plus spécifiquement :

1. Sélectionner le site expérimental.
2. Implanter les deux prototypes de cette nouvelle génération d'UTA.
3. Effectuer la mise en marche des unités.
4. Suivre l'opération et évaluer la performance des UTA pendant l'essai à long terme.

Le principal livrable de cette activité est l'évaluation objective des performances de l'unité de traitement de l'air à échelle commerciale. Il est attendu qu'à la fin du projet, l'unité sera prête à être implantée sur les fermes porcines canadiennes.

1. Sélectionner le site expérimental

La station expérimentale du Centre de développement du porc du Québec (CDPQ) a été sélectionnée pour cette activité en 2016/2017.

2. Implanter les deux prototypes de cette nouvelle génération d'UTA

Cette partie du projet a été réalisée en 2016/2017.

3. Effectuer la mise en marche des unités

Les deux prototypes d'UTA à l'échelle commerciale ont été démarrés le 18 avril 2017 et l'essai a été réalisé jusqu'au 31 mars 2018. Dès le démarrage, le bon fonctionnement du procédé a été vérifié et les paramètres d'opération ont été ajustés :

- Besoins électriques des UTA et capacité de la génératrice de la ferme pendant les pannes de courant
- Gestion de l'air
 - o Débit d'air (variable en fonction du système de ventilation de la ferme)
 - o Position de l'iris en fonction du débit d'air
 - o Pression dans le plénum à la sortie des ventilateurs de la ferme (permet l'ajustement des ventilateurs d'appoint en fonction des besoins de la ferme)
- Gestion de l'eau
 - o Débit de recirculation (105 GPM)
 - o Qualité d'arrosage du mur filtrant
 - o Contrôle du niveau d'eau dans les bassins
 - o Apport d'eau fraîche
 - o Débit et automatisation de la purge
- Sondes et analyseurs
- Contrôle du procédé avec l'automate et enregistrement des données

Une fois le procédé opérationnel, les UTA ont été inoculés avec un consortium diversifié. Cette façon d'inoculer permet de fournir une grande diversité de microorganismes au démarrage et, par la suite, les conditions de vie du procédé sélectionnent naturellement les microorganismes viables. Une deuxième inoculation a été effectuée quelques semaines plus tard en raison de la faible performance initiale du système.

4. Suivre l'opération et évaluer la performance des UTA pendant l'essai à long terme

Le suivi analytique effectué pendant ce projet avait comme objectif d'évaluer les performances des UTA, mais visait également à mieux comprendre la dynamique du procédé pendant l'essai à long terme. Donc, à la fois des paramètres d'opération et des indicateurs de la qualité de l'air ont été mesurés :

- Débits d'air (Iris damper de 20" de Continental Fan Canada Inc.)
- Pressions aux bornes de l'iris et perte de charge du mur filtrant (Transmetteurs de pression différentielle Kimo CP111, Chevrier Instruments, Québec)
- Température et humidité de l'air à l'entrée (Sonde CS500, Campbell Scientific, Canada)
- Débits d'eau (Rotamètre 9746K12, McMaster-Carr, États-Unis)
- Différentes températures de l'air et de l'eau (Thermocouples de type T)
- Concentration d'ammoniac, NH_3 (suivi en continu avec un analyseur NRIR, Seimens Ultramat 6E et suivi ponctuel avec du bullage dans l'acide sulfurique)
- Poussières (débit d'échantillonnage de 2 L/min et collecte des poussières sur des filtres MF-Millipore™ de type AAWP 0.8 μm de 37 mm; les filtres ont été changés aux deux semaines)
- Odeurs :
 - Intensité des odeurs avec une échelle de n-butanol de neuf points telle que décrite dans les techniques normalisées de mesure de l'odeur au supraseuil (ASTM 544-99)
 - Concentration des odeurs avec un olfactomètre à dilution dynamique selon la norme européenne EN13725 (Odile, Odotech, Québec)
- Qualité de l'eau (Laboratoire d'analyses agroenvironnementales de l'IRDA)
 - Conductivité électrique et pH
 - Analyses chimiques (matière sèche, % de cendres, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , P, K, Ca, Mg, et Na)

Les graphiques à la Figure 3 présentent d'abord les performances moyennes quotidiennes des deux UTA pour le traitement de l'ammoniac (NH_3) dans l'air émis par la porcherie. Ces résultats proviennent de l'analyse intensive en continu des concentrations de NH_3 . Entre ces trois périodes, l'analyse du NH_3 a été réalisée avec la méthode de référence qui est le bullage dans l'acide. Cette méthode fournit seulement des moyennes sur plusieurs jours, mais elle est très fiable. L'essai à long terme a été séparé en trois phases :

- A) Démarrage
- B) Débit d'air élevé en été
- C) Débit d'air variable pendant l'hiver et le printemps

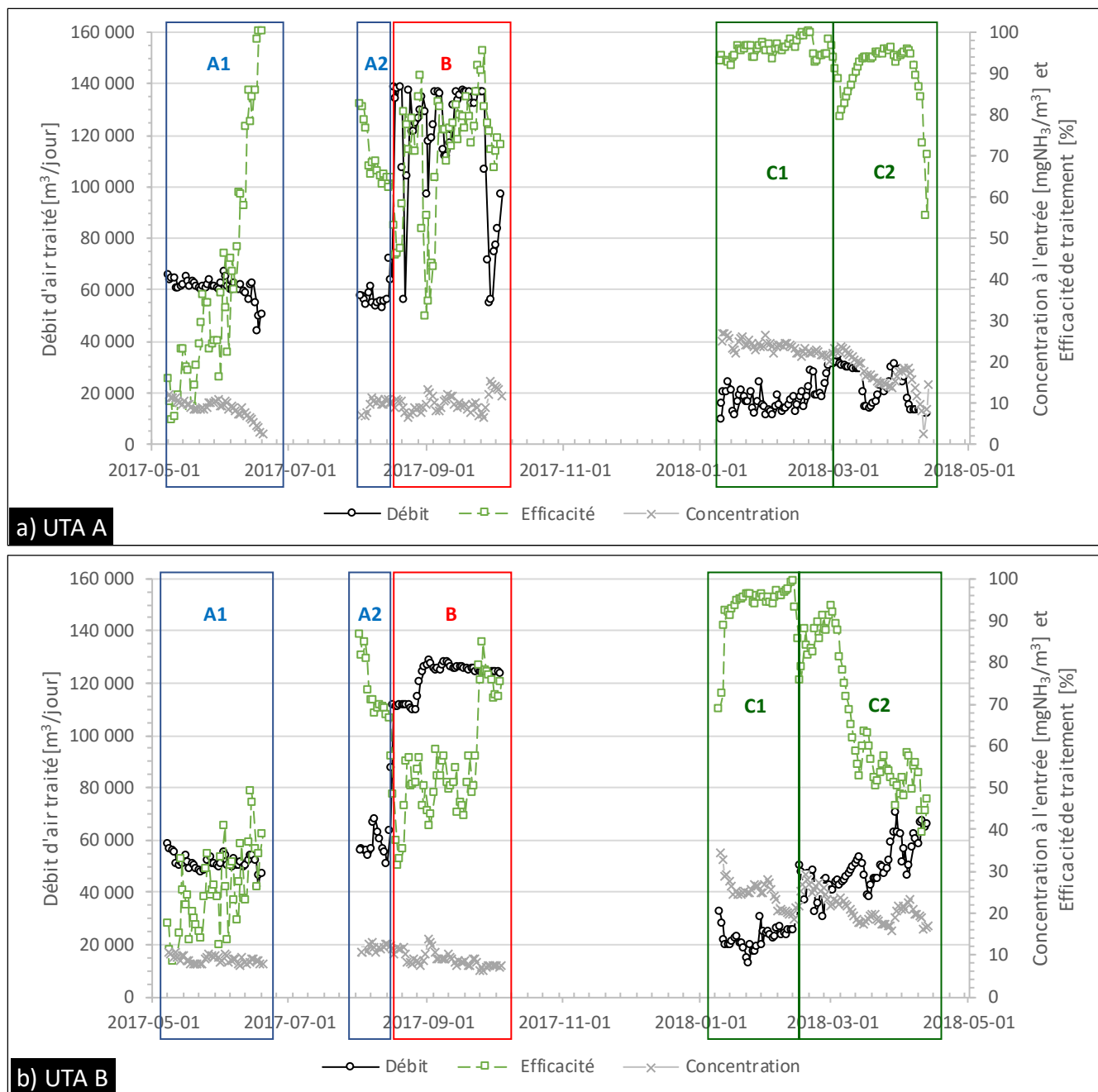


Figure 3. Débit d'air traité, concentration de NH₃ et efficacité de traitement pour l'UTA A (a) et l'UTA B (b) en fonction du temps.

Pendant la phase de démarrage (A), le débit d'air était assez stable, entre 50 000 et 60 000 m³/jour, pour les deux unités avec des concentrations moyennes de NH₃ entre 9 et 12 mg/m³. Pour l'efficacité d'élimination du NH₃, les deux unités ont présenté la même tendance, mais à des temps différents. L'efficacité a d'abord monté jusqu'à des valeurs très élevées (100 % pour l'unité A) pour ensuite se stabiliser près de 70 % à la fin de la période A2.

Ensuite, pendant la phase à débit d'air élevé (B), les UTA ont traité jusqu'à 140 000 m³/jour avec une concentration de NH₃ autour de 10 mg/m³ (10 ± 2,1 mg/m³ pour l'unité A et 9 ± 1,7 mg/m³ pour l'unité B). Le débit d'air de l'UTA B (121 000 ± 6400 m³/jour) était beaucoup plus stable que celui du A (118 000 ± 24 000 m³/jour). Les deux unités étaient reliées à des ventilateurs différents de la ferme du CDPQ; le système devait donc s'ajuster aux conditions propres à chacun. Malgré les débits d'air élevés, les UTA ont permis d'enlever une quantité importante de NH₃ avec des efficacités de 71 ± 15 % et de 55 ± 13 % pour les unités A et B respectivement.

Avec les températures plus froides en hiver et au printemps (période C), les débits d'air à traiter étaient beaucoup plus faibles (aussi peu que 10 000 m³/jour pour l'unité A), mais les concentrations de NH₃ étaient plus élevées (jusqu'à 34 mg/m³ pour l'unité B). Les meilleures performances d'élimination du NH₃ ont été observées pendant la période C1 où les débits d'air étaient les plus faibles. En moyenne, l'efficacité l'unité A était de 96 ± 2 % tandis que l'unité B a traité 93 ± 6 % du NH₃.

Les deux UTA ont offert de bonnes performances pour le traitement du NH₃, mais il y avait des différences notables entre la dynamique des deux unités. Ce sont deux systèmes biologiques distincts avec une alimentation en air spécifique, il y aurait pu y avoir des différences entre les consortiums microbiens qui se sont développés ou une différence de performance au niveau de l'échange gaz/liquide dans le milieu filtrant.

Pour la réduction des poussières, les résultats étaient assez variables tout au long de l'essai. Les performances moyennes obtenues étaient de 58 ± 24 % pour l'unité A et 67 ± 23 % pour l'unité B. Ces résultats sont plus faibles que ce qui avait été observé lors de tests à l'échelle laboratoire. Le système de traitement de l'air était alors relié à des salles hébergeant de 4 à 5 porcs à l'engraissement et des performances moyennes de 90 ± 2 % ont été obtenues pour les poussières. Une explication possible est la faible charge en poussières. La concentration de poussières dans ce projet était plus de 10 fois plus faible que les salles à l'échelle laboratoire. La présence du long tuyau pour acheminer l'air de la ferme du CDPQ vers les UTA a probablement diminué la quantité de particules, surtout les particules de grande taille qui sédimentent rapidement. Avec seulement de petites particules à éliminer, ça expliquerait les performances réduites des UTA.

La performance des UTA à réduire les odeurs a été calculée en utilisant soit les concentrations d'odeur (avec l'olfactomètre à dilution dynamique) ou les intensités d'odeur (avec l'échelle de n-butanol). Pour les résultats calculés avec la concentration d'odeur, veuillez noter que ce sont des données préliminaires qui doivent être corrigées avec une calibration qui sera réalisée au cours des prochains mois. Les résultats obtenus avec les deux méthodes sont semblables avec des réductions de 61 ± 31 % et 56 ± 24 % avec les concentrations d'odeur et de 42 ± 23 % et 57 ± 19 % avec l'intensité pour les unités A et B respectivement.

Outre les performances des UTA, l'équipe de recherche s'est également intéressée au contrôle du procédé. Puisque le débit d'air à traiter et la concentration de NH_3 proviennent de la porcherie, il n'est pas possible de modifier ces paramètres. Le seul paramètre qui peut être ajusté pour avoir un certain contrôle du procédé est le volume d'eau purgé du système. Cette purge est nécessaire à la fois pour contrôler la concentration des sels d'azote qui peuvent être toxiques pour les microorganismes et pour maintenir une biomasse efficace dans le système. La Figure 4 présente la concentration des sels d'azote (NH_4^+ et $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$), la conductivité électrique de l'eau et le moment des inoculations pour l'unité A.

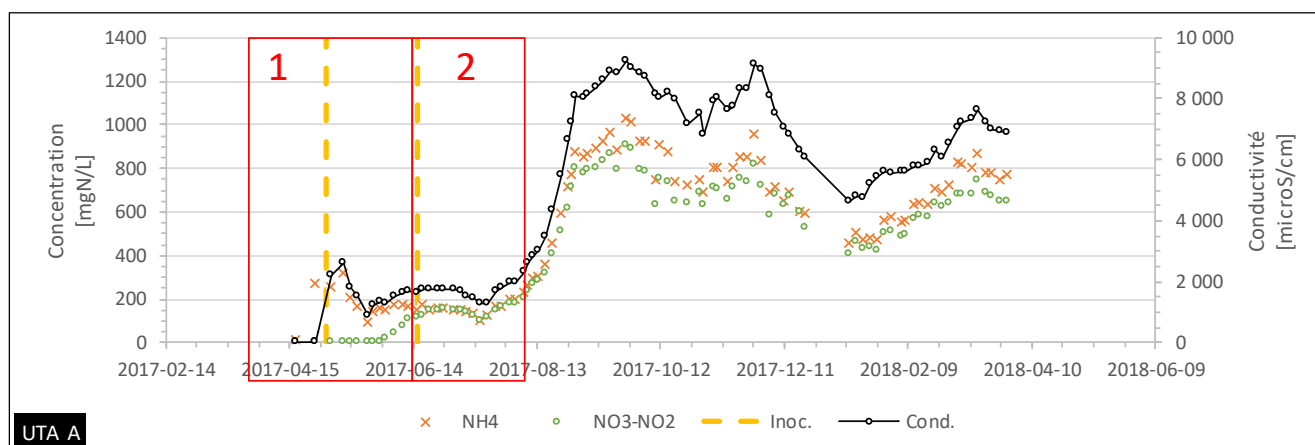


Figure 4. Concentration d'azote dans l'eau de recirculation et la conductivité électrique en fonction du temps pour l'UTA A.

Après la première inoculation (carré 1), il n'y a pas d'activité apparente des bactéries, car l'azote se trouve sous forme ammoniacale (NH_4^+) et il n'y a pratiquement aucun produit d'oxydation ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$). Par contre, tout juste avant la seconde inoculation, il semble y avoir une légère transformation de NH_4^+ en $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$. La première phase pourrait donc être considérée comme une période d'acclimatation des bactéries. Dès la seconde inoculation (carré 2), l'activité des bactéries est bien présente, car on observe une transformation d'environ 50 % du NH_4^+ en $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$. La seconde inoculation survient au même moment que la fin de la période d'acclimatation, donc il n'est pas possible de déterminer si la seconde inoculation était réellement nécessaire. La croissance importante de la concentration d'azote dans l'eau (après le carré 2) a été causée par une diminution du volume quotidien de la purge.

Pour mieux comprendre les processus biologiques, le graphique à la Figure 5 présente le ratio des différentes formes d'azote dans l'eau, la consigne de la purge et la concentration de solides totaux volatiles (STV) pour l'unité A. La quantité de STV dans l'eau donne une approximation de la quantité de microorganismes présente dans le système. D'abord, il semble bel et bien n'y avoir aucune activité microbienne lors des premières semaines après l'inoculation, mais il y a début de nitrification avant la seconde inoculation (transformation du NH_4^+ en NO_2^-). La transformation est incomplète, il est donc possible qu'il y eut trop de substrat (NH_4^+) par rapport aux bactéries (STV). La seconde inoculation n'a pas permis d'ajuster correctement le ratio F/M (substrat versus microorganismes). Au démarrage, il n'avait presque pas de bactéries dans l'eau, mais dès que la purge fut

diminuée (carré 3), il y a une croissance importante des bactéries (STV) et la transformation du NH_4^+ se fait complètement (nitrification complète vers le NO_3^-). Diminuer la purge a donc permis d'augmenter la concentration d'azote dans l'eau (Figure 2) mais aussi d'améliorer le ratio F/M en évitant un lessivage des bactéries, d'où la croissance importante de STV observée.

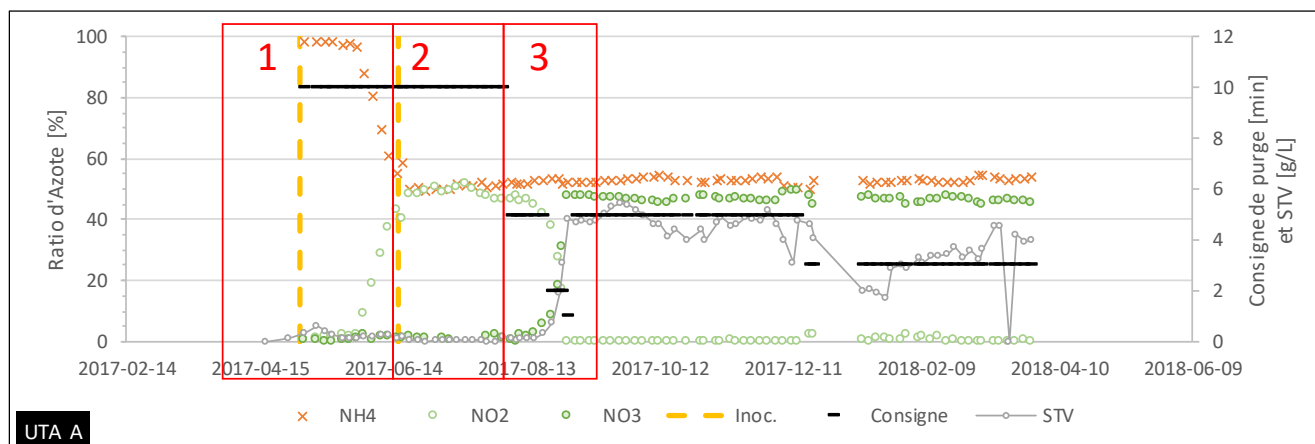


Figure 5. Ratio des différentes formes d'azote dans l'eau de recirculation, consigne de la purge et la concentration de solides totaux volatiles (STV) en fonction du temps pour l'UTA A.

La conductivité dans l'eau semble être un bon indicateur pour opérer le système car elle a permis d'ajuster la purge correctement (Figure 4). Les autres informations (STV, formes d'azote) permettent ensuite de bien comprendre le procédé biologique (Figure 5).

En conclusion, cette activité a effectivement permis d'évaluer objectivement les performances de l'unité de traitement de l'air à échelle commerciale. En démontrant le potentiel des UTA avec un essai à long terme, cette technologie est prête à être transférée vers un manufacturier qui assurera l'implantation sur les fermes porcines canadiennes.

10 ENJEUX

Quelques problèmes avec les systèmes d'échantillonnage et de mesure des polluants ont dû être résolus pendant le projet. Le détecteur d'ammoniac (NH_3) qui avait été sélectionné pour mesurer la concentration du gaz à l'entrée et à la sortie de chaque UTA ne donnait pas des lectures adéquates. Après quelques tests avec des gaz standards, il semble que l'humidité relative élevée (surtout à la sortie des UTA) n'était pas compatible avec ce type de détecteur. L'appareil a donc été remplacé par un analyseur de NH_3 mieux adapté aux besoins du projet. Entre les périodes d'analyse intensive en continu, la mesure du NH_3 a été réalisée avec la méthode de référence qui est le bullage dans l'acide. Cette méthode fournit seulement des moyennes sur plusieurs jours, mais elle est très fiable.

Pour l'échantillonnage des poussières, il y a eu des problèmes de condensation de l'eau dans les filtres avec les températures froides. Une fois mouillé, les filtres devaient être remplacés et l'analyse recommencée. Avec l'air saturé en eau à la sortie des UTA, seulement une petite différence de température avec l'air ambiant était suffisante pour causer de la condensation dans les filtres. Pour éviter ces problèmes, deux solutions ont été implantées :

1. Pour l'air à l'entrée du système (donc à la sortie de la porcherie où l'humidité est plus faible), les cassettes de filtres ont simplement été isolées pour empêcher la condensation.
2. Par contre, pour la sortie des UTA où l'humidité est à 100 %, une boîte chauffante a été fabriquée pour maintenir les filtres au-dessus de la température de condensation.

Vu les longs délais rencontrés lors de la fabrication des unités à l'échelle commerciale, il n'a pas été possible de respecter l'échéancier initial de cette activité. Toutefois, il a quand même été possible de réaliser un essai à long terme, du 18 avril 2017 au 31 mars 2018.

11 LEÇONS APPRISSES

La principale leçon apprise concerne l'ajustement de la purge d'eau usée. Non seulement c'est le seul paramètre qui peut être ajusté pour avoir un certain contrôle du procédé, mais la purge est nécessaire à la fois pour contrôler la concentration des sels d'azote et pour maintenir une biomasse efficace dans le système. En diminuant la purge au démarrage des unités, il a été possible d'augmenter la concentration d'azote dans l'eau et d'améliorer le ratio F/M (substrat versus microorganismes) en évitant un lessivage des bactéries.

Un autre exemple de l'importance de la purge a eu lieu au début de l'hiver où une diminution du débit d'air a réduit la quantité de substrat (ammonium (NH_4^+)) dans l'eau alors que toutes les autres conditions n'avaient pas changé. Il y avait donc probablement trop de bactéries par rapport au substrat à cette étape, ce qui peut engendrer une compétition et nuire au procédé. La diminution subséquente de la purge a permis de rebalancer encore une fois le ratio F/M, mais cette fois en augmentant la concentration de substrat.

12 POSSIBILITÉS FUTURES CONNEXES

La prochaine étape pour le développement de la technologie est la commercialisation afin de la rendre disponible aux producteurs de porcs au Canada. Toutefois, l'IRDA est un organisme sans but lucratif n'ayant pas de finalité commerciale. Il est donc prévu transférer la technologie vers un partenaire.

Afin d'accroître la disponibilité du système de traitement de l'air, il serait intéressant de tester la technologie pour d'autres applications telles que :

- les émissions d'odeur provenant de procédés de bioséchage;
- d'autres sources fixes d'ammoniac (NH_3) comme le séchage des fumiers;
- des composés gazeux solubles dans l'eau, par exemple le sulfure d'hydrogène (H_2S);
- la production d'engrais azoté liquide.

13 ANALYSE DES COÛTS ET BÉNÉFICES DE L'IMPLANTATION D'UNE UNITÉ DE TRAITEMENT DE L'AIR

POINTS SAILLANTS

Cette activité visait à évaluer le potentiel de rentabilité d'un investissement dans des unités de traitement de l'air (UTA) pour les entreprises agricoles porcines. L'approche méthodologique a consisté à évaluer le ratio bénéfices-coûts en utilisant le simulateur *Simul-SRRP* développé par le Centre de développement du porc du Québec (CDPQ). Ce simulateur permet d'estimer les coûts et les bénéfices de la réduction de l'incidence du syndrome reproducteur et respiratoire porcin (SRRP) en fonction de différents scénarios. Dans la présente analyse, le scénario retenu fut celui d'une zone de production comprenant 25 bâtiments d'engraissement de 2 000 places-porcs (p.p.) chacun, pour un total de 50 000 p.p. dans la zone.

L'analyse économique concernant l'implantation de l'UTA sur des entreprises porcines a permis de constater que l'UTA devrait être intégrée aux nouvelles constructions de bâtiments porcins si on souhaite maximiser le potentiel de rentabilité. En effet, lorsqu'elle serait intégrée aux nouvelles constructions, l'UTA exigerait beaucoup moins d'équipements propres à son installation. Les équipements de ventilation sont un bon exemple. Ainsi, l'intégration de l'UTA dans une nouvelle construction exigerait seulement le milieu de traitement et les matériaux relatifs à la gestion de l'eau. L'investissement prévu se chiffre alors à 200 000 \$ pour une porcherie de 2 000 p.p.

Dans ce cas, les UTA peuvent présenter de la rentabilité pour faire passer le statut des porcheries de la zone de SRRP⁺ à SRRP⁻ en autant qu'il y a un niveau suffisant de porcheries au statut SRRP⁺. Toutefois, la technologie des UTA, à son coût actuel, ne se rentabilise pas pour faire disparaître le statut SRRP⁺⁺ dans une zone donnée. Dans ce contexte, des travaux futurs sont nécessaires pour réduire le coût de fabrication des UTA.

L'analyse économique a permis de conclure que l'UTA offre un potentiel de rentabilité dans des zones de production où la présence du syndrome reproducteur et respiratoire porcin (SRRP) est avérée.

L'UTA pourra offrir éventuellement d'autres bénéfices que ceux à la ferme. En effet, en réduisant les odeurs d'origine agricole, les UTA pourraient contribuer à une hausse de la valeur foncière des résidences et ainsi faire croître les revenus fiscaux pour les municipalités.

14 OBJECTIFS/RÉSULTATS

Introduction et objectifs de l'analyse

Cette activité visait à évaluer le potentiel de rentabilité d'un investissement dans des unités de traitement de l'air (UTA) pour les entreprises agricoles porcines. Plus précisément, les objectifs spécifiques étaient les suivants :

- Évaluer les coûts privés pour les entreprises agricoles porcines qui investissent dans des unités de traitement de l'air (UTA).
- Évaluer les bénéfices privés et publics à la suite de l'implantation d'UTA sur les entreprises porcines ciblées.
- Réaliser une analyse coûts-bénéfices sur l'implantation d'UTA afin de fournir de l'information économique sur les conditions favorables à l'adoption d'UTA sur les entreprises porcines visées et les bénéfices potentiels pour ces entreprises de même que celles non-ciblées.

Méthodologie

La méthodologie a surtout consisté en l'utilisation du simulateur *Simul-SRRP* pour évaluer la ratio bénéfices-coûts associé aux UTA. Ce simulateur permet d'anticiper les bénéfices de la réduction, voir l'éradication, de l'incidence du SRRP dans une zone géographique donnée. Le scénario de base retenu dans cette analyse est une zone comprenant 25 engraissements de 2 000 p.p., pour un total de 50 000 p.p. Trois scénarios spécifiques sont retenus :

- a) 25 000 p.p. au statut SRRP faible (SRRP⁻) et 25 000 p.p. au statut SRRP modéré (SRRP⁺)
- b) 10 000 p.p. au statut SRRP⁻ et 40 000 p.p. au statut SRRP⁺
- c) 50 000 p.p. au statut SRRP⁺

Produits livrables et résultats attendus

Le produit livrable était l'analyse coûts-bénéfices de l'utilisation d'UTA dans le contexte de la production porcine. Les résultats attendus étaient le ratio bénéfices-coûts selon différents scénarios.

Résultats obtenus

A. COÛTS DE FABRICATION DU PROTOTYPE EXPÉRIMENTAL

Le coût de fabrication du prototype expérimental a été évalué en incluant le coût des matériaux et de la main-d'œuvre. Le résultat de cette évaluation est présenté au tableau 1. Il s'agit de l'évaluation du coût de fabrication pour une UTA détachée du bâtiment agricole dans l'éventualité où l'UTA serait annexée à ce bâtiment plutôt qu'intégrée. Évidemment, ce coût est sûrement de loin supérieur à un coût de fabrication en contexte commercial. Par ailleurs, en fonction des besoins de ventilation selon les saisons, il fut établi qu'il faudrait 15 UTA pour une porcherie de 2 000 p.p. Dans ce contexte, même si les coûts de fabrication étaient coupés de moitié en contexte commercial, l'investissement nécessaire se chiffrait à 1,5 millions de dollars (M \$) ($\approx 100\,000\ \$/\text{UTA} \times 15\ \text{UTA}/\text{porcherie}$) pour une seule porcherie de 2 000 p.p. Il est alors évident que le potentiel de rentabilité serait inexistant, surtout dans le contexte où un bâtiment pour engraissement porcin était évalué en 2016 à près de 400 000 \$ (ÉPQ – GCAQ, 2016) pour un bâtiment existant.

Tableau 1. Coût de fabrication du prototype d'UTA expérimental.

Salaires	Gestion	10 000 \$
	Ingénierie	50 000 \$
	Techniciens	37 500 \$
	Ouvriers	27 500 \$
	Sous-total	125 000 \$
Matériaux	Conteneurs	12 500 \$
	Milieu filtrant	6 000 \$
	Ventilation	4 500 \$
	Gestion de l'eau	7 000 \$
	Instrumentation	3 500 \$
	Divers	22 000 \$
	Sous-total	55 500 \$
Services	Installation	3 500 \$
	Électricité et eau	13 500 \$
	Sous-total	17 000 \$
Autre	Déplacements	5 000 \$
	Sac d'eau usée	15 000 \$
	Sous-total	20 000 \$
TOTAL		217 500 \$

B. COÛTS DE FABRICATION INTÉGRÉE À DES BÂTIMENTS NEUFS

Si les UTA sont intégrés lors de la construction d'un bâtiment neuf, l'investissement par p.p. peut être réduit de beaucoup. En fait, si l'on retient seulement les coûts associés au milieu filtrant (6 000 \$/UTA) et à la gestion de l'eau (7 000 \$/UTA), l'investissement s'élève pratiquement à 200 000 \$ par porcherie, soit 100 \$/p.p. Quant aux coûts d'opération, ils sont difficiles à évaluer mais une certaine estimation peut être faite. D'abord, dans le protocole expérimental, la consommation d'énergie s'est élevée à quelque 126 000 kilowattheures (kwh) par année. Au tarif de 0,09 \$/kwh (<http://www.hydroquebec.com/residentiel/espace-clients/compte-et-facture/comprendre-facture/tarifs-residentiels-electricite/tarif-d.html>), le coût énergétique est de 11 340 \$/porcherie ou 5,67 \$/p.p. Il est raisonnable de faire l'hypothèse que les coûts énergétiques couvrent au moins la moitié des coûts opérationnels. Ainsi, des coûts opérationnels de 10 \$/p.p./année sont retenus.

C. RATIO BÉNÉFICES-COÛTS DE DIFFÉRENTS SCÉNARIOS

Le ratio bénéfices-coûts est évalué pour les scénarios spécifiques a) à c) et selon les coûts d'investissement à l'échelle commerciale et les coûts d'opération annuels présentés précédemment. De plus, un taux de prêt de 4 % est utilisé, soit la moyenne de 2017 du taux d'intérêt des prêts aux entreprises par les institutions financières + 1 %.

▪ Scénario a)

Lorsque l'ensemble de la zone contient 25 000 p.p. SRRP⁻ et 25 000 p.p. SSRP⁺, le coût total d'investissement est de 5 M\$ tandis que les coûts totaux annuels sont de 1 116 455 \$ (22,33 \$/p.p.). Dans ce scénario, même si toutes les entreprises de la zone passaient au statut SRRP⁻, les bénéfices sont négatifs (-33 981 \$), de même que le ratio bénéfices-coûts, à -0,03. Par ailleurs, dans ce scénario, le bénéfice est encore plus faible pour éliminer le statut d'impact élevé du SRRP (SRRP⁺⁺) à -694 519 \$. Dans ce cas, le ratio bénéfices-coûts se chiffre à -0,6. C'est donc dire que les UTA ne peuvent pas être rentabilisés si une zone présente une incidence insuffisante de SRRP⁺ et/ou de SRRP⁺⁺.

▪ Scénario b)

Dans ce deuxième scénario, la zone se caractérise par 10 000 p.p. SRRP⁻ et 40 000 p.p. SSRP⁺. Le coût total d'investissement et les dépenses annuelles sont les mêmes pour tous les scénarios évidemment, mais, cette fois, les bénéfices sont bien meilleurs. Comparativement au scénario a), ils passent de -33 981 \$ à 615 503 \$ pour l'ensemble de la zone. Le ratio bénéfices-coûts passe évidemment en zone positive – à 0,6 – et le délai de récupération est de 8 ans. Bien que le bénéfice soit positif dans ce scénario, il est insuffisant pour couvrir tous les coûts et, dans ce contexte, le délai de récupération est relativement long en regard de la durée de vie des installations d'UTA. En effet, on estime cette durée de vie de 10 à 15 ans et un délai de récupération de 8 ans paraît risqué. Par ailleurs, dans ce scénario, les bénéfices associés à l'éradication du statut SRRP⁺⁺ sont toujours négatifs à -441 357 \$ pour l'ensemble de la zone (ratio b/c = -0,4).

- Scénario c)

Pour une zone où aucune des 50 000 p.p. n'a le statut SRRP⁻ le bénéfice de 1 048 492 \$ couvre pratiquement les coûts annuels de l'implantation des UTA pour la zone. Le délai de récupération de l'investissement devient alors acceptable à 4,8 ans. Par contre, dans ce scénario, il n'est toujours pas possible de tirer un bénéfice positif à l'éradication du statut SRRP⁺⁺ (ratio b/c = -0,2).
- Analyse de sensibilité

La simulation a été poussée à un certain extrême pour vérifier s'il y avait un niveau de p.p. pour une zone où le statut SRRP⁺⁺ pourrait être éradiqué. Même pour une zone de 1 000 000 p.p., ce qui est très peu vraisemblable comme hypothèse de zone, le ratio bénéfices-coûts demeure négatif à -0,2. Cela signifie qu'au coût actuel de fabrication et d'opération des UTA, cette technologie ne présente pas présentement l'efficacité suffisante pour effacer le statut SRRP⁺⁺, quelle que soit l'ampleur de la zone.

D. DISCUSSION

Cette analyse a permis d'évaluer le potentiel de rentabilité de l'implantation des UTA en production porcine. Il fut d'abord constaté que les UTA devraient être intégrées dans la construction des bâtiments neufs plutôt que d'être annexées à l'extérieur des bâtiments existants. Aussi, les UTA peuvent présenter de la rentabilité pour faire passer le statut des porcheries de la zone de SRRP⁺ à SRRP⁻ en autant qu'il y a un niveau suffisant de porcheries au statut SRRP⁺ (≈ 50 000 p.p.). Toutefois, la technologie des UTA, à son coût actuel, ne se rentabilise pas pour faire disparaître le statut SRRP⁺⁺ dans une zone donnée. Dans ce contexte, des travaux futurs sont nécessaires pour réduire le coût de fabrication des UTA. Cela dit, il est possible que la mise à l'échelle commerciale permettrait de plus grandes économies d'échelle que ce qui a été émis comme hypothèse dans la présente analyse. De futurs travaux en collaboration avec un fabricant industriel permettraient de vérifier cette possibilité.

Finalement, il était prévu initialement que l'analyse économique dans ce projet considérerait aussi des bénéfices publics associés à l'implantation des UTA. Ces bénéfices pourraient se traduire, entre autres, par des gains au niveau de la valeur foncière des résidences et des revenus fiscaux pour les municipalités dans le cas où les UTA feraient réduire significativement les odeurs relatives aux élevages porcins. Malheureusement, il n'a pas été possible de réaliser cette partie de l'analyse car les données nécessaires pour y arriver n'étaient pas disponibles au moment de réaliser l'analyse économique.

15 ENJEUX

Tel que mentionné précédemment, la partie de l'analyse économique qui était prévue initialement et qui touchait les bénéfices publics potentiels des UTA n'a pas pu être complétée, par manque de ressources humaines dans l'équipe de recherche en économie de l'IRDA. Toutefois, au moment de livrer le présent rapport, ces travaux étaient en cours. On espère que les résultats seront prêts dans la première moitié de 2019. Alors, ces résultats pourront être combinés aux résultats du présent projet comme des travaux futurs.

16 LEÇONS APPRISES

L'analyse économique dans ce projet a permis d'apprendre à utiliser le simulateur *Simul-SRRP* développé par le CDPQ. Cet apprentissage pourra être mis à profit dans des travaux futurs à l'IRDA sur le traitement de l'air des élevages porcins.

17 POSSIBILITÉS FUTURES CONNEXES

Une analyse future sera d'approfondir l'analyse coûts-bénéfices d'une UTA intégrée à un nouveau bâtiment. Il sera important de préciser la mise à l'échelle commerciale de l'intégration des UTA aux nouveaux bâtiments porcins. De plus, il faudra chercher à réduire les coûts de fabrication si l'on veut rendre la technologie efficace pour éradiquer le statut SRRP⁺⁺ dans une zone donnée.

L'analyse économique s'est concentrée sur les gains potentiels des UTA à limiter la transmission du SRRP entre les bâtiments d'élevage dans une zone donnée. Or, les UTA pourraient aussi avoir ces mêmes gains potentiels relativement à d'autres maladies. Enfin, il sera judicieux d'intégrer dans l'analyse les bénéfices publics que pourraient procurer les UTA. Ainsi, l'analyse économique sera plus complète.

RÉFÉRENCES

Éleveurs de porcs du Québec (ÉPQ) – Groupes-conseils agricoles du Québec (GCAQ). 2016. Étude sur les coûts de production du porc et du porcelet – Rapport de l'étude de coût de production. ÉPQ-GCAQ, 32 pages.

Godbout, S. et S.P. Lemay. 2007. Les activités de recherche sur les odeurs et la cohabitation à l'IRDA. Journée sur la gestion des gaz et des odeurs en production porcine. IRDA, FPPQ, CDPQ.

Martinez, J. et A-M. Pourcher. 2008. Cohabiter avec la production porcine: mythes et réalités. Forum sur la cohabitation en production porcine. Forum sur la cohabitation porcine. CRAAQ.

Pomar, C., L. Masse et S. P. Lemay. 2008. Vers une production porcine durable. Forum sur la cohabitation porcine. CRAAQ.