

POUVEZ-VOUS VOUS PAYER UN ROBOT DE TRAITE?

Doris PELLERIN, Ph.D., agronome
Professeur en sciences animales
Agri-Gestion Laval, Université Laval, Québec

Conférence préparée avec la collaboration de :

Muriel BLIN, étudiante en agronomie
Patrick MEUNIER, étudiant en économie et gestion agroalimentaires
Édouard LAPEZE, étudiant en économie et gestion agroalimentaires

Raymond LEVALLOIS, agronome
Professeur en économie et gestion agroalimentaires,

Agri-Gestion Laval, Université Laval, Québec



INTRODUCTION

Au Québec seulement, environ 20 millions d'heures sont passées à la traite des vaches chaque année. Cette activité oblige les gestionnaires des fermes laitières à des horaires très astreignants. En ce sens, la venue d'un équipement permettant d'effectuer cette tâche de façon relativement fiable constitue un avancement technologique considérable. Cependant, il n'est pas évident que « avantage technologique » soit toujours synonyme « d'avantage économique ». Par conséquent, même si bon nombre de trayeurs sont disposés à se faire remplacer par un robot, une question doit être examinée : peuvent-ils se le payer ? C'est ce que suggèrent d'étudier les auteurs de ce texte.

Il est toujours hasardeux d'essayer d'évaluer la rentabilité d'une technologie qui en est à ses débuts. Des visites chez trois fermes québécoises et quelques fermes ontariennes à l'hiver 2001 nous ont permis de nous faire une idée de la courte expérience québécoise et ontarienne. Par ailleurs, la littérature disponible sur la traite robotisée, en particulier les présentations à ce symposium de nos collègues d'outre-mer, nous aura permis de profiter de la plus longue expertise européenne sur le sujet.

Le présent texte propose une démarche en trois temps. Après avoir évalué ce que coûte la robotisation, nous tenterons de voir ce qu'elle peut changer ou, autrement dit, quels seront les impacts de la traite robotisée. Finalement, plusieurs simulations permettront de préciser quel genre d'entreprise peut plus facilement rentabiliser ce type d'équipement.

QU'EST-CE QUE ÇA COÛTE?

La première question à examiner lors de l'analyse d'un nouvel investissement est la suivante : « qu'est-ce que ça coûte ? ». Même si plusieurs réponses peuvent être données, c'est habituellement la question la plus facile à élucider. Il suffit de connaître les coûts reliés au financement de l'investissement (amortissement ou remboursement en capital et intérêts) puis les coûts d'opération (entretien, électricité, etc.).

Le coût du robot

La capacité du robot varie principalement selon qu'il soit à stalle unique ou à stalles multiples (tableau 1). Habituellement, une stalle peut permettre la traite de 50 à 70 vaches, pour un objectif de 150 à 180 traites par jour (Dussault et Leblanc, 2001).

L'investissement se situe autour de 250 000 \$ pour la première stalle et de 180 000 à 225 000 \$ pour la seconde (tableau 2). Ce prix reste très supérieur aux

Tableau 1. Capacité des robots de traite disponibles au Québec

Fabricant	Capacité du robot
DeLaval	Système à stalle unique ➤ environ 60 vaches par unité ou 1 800 à 2 200 litres/j
Bou-Matic	Système à stalle unique ➤ 50 à 60 vaches/unité ou 2 000 litres/j ou 150 à 170 traites/j
Lely	Système à stalle unique ➤ 60 à 70 vaches par unité ou 180 à 200 traites par jour
Prolion	Système à stalles multiples ➤ Une stalle : 60 vaches ➤ Deux stalles : 90 vaches ➤ Trois stalles : 120 vaches ➤ Quatre stalles : 150 vaches
Westfalia Surge	Système à stalles multiples ➤ Une stalle : 50 à 55 vaches ➤ Deux stalles : 100 vaches ➤ Trois stalles : 135 vaches ➤ Quatre stalles : 160 vaches

Adapté de Dussault et Leblanc (2001)

prix des salles de traite pour une même taille de troupeau. Selon les auteurs, l'amortissement est calculé sur des périodes allant de 7 à 15 ans (Cooper 1999; Arendzen et van Scheppingen, 2000; Prugnard *et al.*, 2000; Beauregard, 2000; Rodenburg, 2001). Il semble que la durée de vie prévue d'un robot de traite soit légèrement inférieure à celle d'une salle de traite (Cooper, 1999). Nous croyons raisonnable d'amortir le robot de traite sur 12 ans alors que l'équipement de la salle de traite sera amorti sur 15 ans.

Les adaptations aux bâtiments

L'espace requis dépend du type de robot et du nombre de stalles. La surface nécessaire pour un robot à stalle unique est d'environ 42 à 55 m² alors qu'un robot à stalles multiples occuperait de 75 à 80 m² (Prugnard *et al.*, 2000; Rodenburg, 2001). L'espace requis pour un robot est donc largement inférieur à celui nécessaire pour une salle de traite (200 à 300 m²). L'utilisation d'un robot demande cependant la présence d'une stabulation libre, ce qui nécessitera des adaptations supplémentaires à 95 % des fermes du Québec. On peut compter environ 3 200 \$ par vache (ou de 1 500 \$ à 5 500 \$ selon les situations rencontrées) pour le passage de la stabulation entravée à la stabulation libre. Les coûts de construction et d'adaptation aux bâti-

Tableau 2. Comparaison entre les coûts de l'équipement, ceux des bâtiments et les coûts annuels d'entretien d'un robot de traite et d'une salle de traite selon la taille du troupeau

	60 vaches		120 vaches		250 vaches	
	Robot	Salle de traite	Robot	Salle de traite	Robot	Salle de traite
Équipement de traite ¹ (\$)	250 000	100 000	475 000	140 000	925 000	200 000
Bâtiment (\$)	15 000	72 000	25 000	100 000	40 000	110 000
Entretien (\$/an)	5 000	2 500	10 000	4 500	12 500	6 000

¹ Valeur des équipements en salle de traite, fournie par Y. Choinière.
Adapté de Beauregard (2000) et Rodenberg (2001)

ments peuvent varier considérablement d'une entreprise à l'autre en fonction de la situation de départ et des options choisies. En général, les coûts en bâtiments associés à l'utilisation d'un robot seront beaucoup moins élevés que ceux associés à la construction d'une salle de traite (tableau 2).

Les frais de mise en route

Le passage à la traite robotisée amène des changements importants pour les vaches comme pour le vacher et peut ainsi causer un stress important aux deux (Hogeveen *et al.*, 2001). Il y a donc une nécessaire période d'adaptation qu'il est capital de considérer dans les coûts associés à l'introduction d'un robot. Ces coûts supplémentaires sont de deux ordres : liés au temps supplémentaire lors du démarrage du robot et à la réforme des vaches inadaptées à la traite robotisée.

La période d'adaptation de l'éleveur et des animaux au robot de traite est plus ou moins longue (2 à 6 mois) et elle est souvent difficile. La difficulté vient principalement de l'apprentissage des vaches. Il est nécessaire qu'elles s'habituent à passer dans le robot. L'idéal est de commencer leur apprentissage deux semaines avant la mise en route du robot. Durant cette période, l'éleveur doit surveiller le robot en permanence (Juan, 1999). Ensuite, au début, il faudra aussi les pousser pour qu'elles aillent se faire traire.

Nous avons évalué à environ 500 heures le temps supplémentaire requis, soit 16 heures de plus par jour les trois premières semaines et 8 heures de plus les trois suivantes. Plus le troupeau sera âgé et issu d'une stabulation entravée, plus la période d'adaptation sera longue (Rodenburg, 2001). L'introduction d'une salle de traite nécessite aussi une période d'adaptation qu'on peut estimer à une cinquantaine d'heures. Cependant, le coût horaire dans le cas du robot risque d'être plus élevé, car on doit avoir des quarts de nuit et faire appel aux techniciens spécialisés.

Enfin, avant d'investir, l'éleveur doit prendre en compte le fait qu'il devra réformer entre 5 à 15 % du troupeau pour cause de pis incompatibles avec le fonction-

nement du robot (Juan, 2000). En effet, le volume du pis, l'écartement des trayons, la profondeur du sillon, le déséquilibre entre les quartiers sont autant de causes d'incompatibilité avec le robot. Le taux de réforme le plus fréquent est toutefois de 5 % lorsque les vaches sont bien classées (Juan, 1999). Une bonne partie des réformes viendront des vaches qui ne pourront s'habituer à la stabulation libre. Nous avons donc considéré que l'introduction du robot obligera la réforme de 5 % du troupeau alors que seulement 3 % aurait été requis lors de l'introduction d'une salle de traite. Ainsi, les troupeaux qui possèdent déjà une stabulation libre peuvent s'attendre à des coûts d'adaptation inférieurs.

Les frais annuels d'utilisation

Parmi les frais annuels d'utilisation, on trouve les frais associés au service de maintenance, à l'électricité et à l'eau supplémentaire, aux concentrés en plus ainsi qu'aux assurances.

Des coûts annuels de maintenance doivent être ajoutés au prix de départ du robot : environ 5 000 \$ pour le premier robot et 2 500 \$ pour le second. Ce service donne accès à un technicien 24 heures sur 24 dans un délai raisonnable (environ 1 heure).

Il semble que les coûts énergétiques soient aussi augmentés. Des enquêtes auprès d'utilisateurs européens montrent que l'électricité nécessaire pour la traite pourrait être augmentée de 2,5 à 3 centimes par litre dans leurs conditions. L'augmentation du temps de fonctionnement de la pompe à vide (Artmann et Bolhsen, 2000) et le chauffage de l'eau supplémentaire (Gobin, 2001) seraient les deux principaux facteurs expliquant cette hausse.

Généralement, la distribution de concentrés par le robot pour favoriser la fréquentation des vaches amènera aussi un coût supplémentaire en ce qui concerne l'alimentation. Cette hausse sera très variable d'une ferme à l'autre, en fonction du système d'alimentation de départ et du choix du concentré offert par le robot. Il est donc difficile d'évaluer l'ampleur de cette hausse que nous avons tout de même estimée à 0,25 \$/hl. Lors de

la planification des installations, il est cependant important de considérer que la consommation de concentrés d'une vache dans le robot aura un effet sur sa consommation subséquente de fourrages (Morita *et al.*, 1996).

QU'EST-CE QUE ÇA CHANGE?

Après avoir précisé les coûts associés à la possession d'un robot, tentons maintenant d'en cerner les principaux impacts sur les produits et les charges d'une entreprise.

L'impact sur la main-d'œuvre

Les trois raisons principales pour lesquelles des éleveurs acceptent d'investir dans un robot sont : 1) la simplification des tâches; 2) la suppression de la répétitivité du travail; et 3) la volonté de s'affranchir des horaires contraignants liés à la traite des vaches. Un autre avantage indéniable associé à la robotisation de la traite est l'économie de main-d'œuvre qui devrait y être associée. Il y a peu de données qui nous permettent d'évaluer cette économie de façon précise. Les gestionnaires des fermes que nous avons rencontrés au Québec l'ont estimée à environ 50 % du temps passé à la traite. Rodenburg (2001) mentionne des économies de 15 à 30 % dans les fermes de l'Ontario, mais il ne précise pas s'il s'agit du temps de traite ou de l'ensemble du temps passé avec les vaches. Un modèle développé par Cooper (1999) évalue la baisse possible jusqu'à 2,6 heures/jour pour 125 vaches. Un modèle plus récent montre des économies de main-d'œuvre de 30 % comparées à une salle de traite 2 x 5 Herringbone (Schick *et al.*, 2000 cité par Hogeveen *et al.*, 2001).

Chose certaine, le facteur temps varie considérablement d'une ferme à l'autre. Une étude de Artman et Bohlsen (2000) chez des utilisateurs allemands montre que le temps requis avec un robot de traite représente de 54 à 127 % du temps nécessaire avec une salle de traite. Les principales causes de ces variations sont le niveau de réforme des vaches inaptes et la gestion du système. Les auteurs estiment qu'un système bien géré et fonctionnel peut faire économiser environ les deux tiers du temps nécessaire avec une salle de traite. Ce taux d'économie correspond à celui calculé (61 à 73 %) par Prunghard *et al.* (2000) dans sa caractérisation d'une quarantaine d'exploitations françaises équipées de robot de traite.

La variation importante montre que, comme pour les autres systèmes de traite, l'efficacité du travail peut être améliorée considérablement par une bonne gestion (van't Land *et al.*, 2000). Le temps consacré à la traite ne semble relié ni au nombre de robots, ni à la taille du troupeau (Prunghard *et al.*, 2000; van't Land *et al.*, 2000).

S'il n'est pas toujours diminué autant qu'on le souhaiterait, le travail de l'éleveur est fortement modifié. Au lieu du travail physique durant la traite, le vacher devra plutôt utiliser son temps pour nettoyer le robot et son environnement, faire passer les vaches qui n'ont pas été traitées et assurer le soin de certaines vaches en fonction de listes de vaches à surveiller fournies par le système. Ainsi, le travail est beaucoup moins contraignant et permet un horaire plus flexible (Hogeveen *et al.*, 2001).

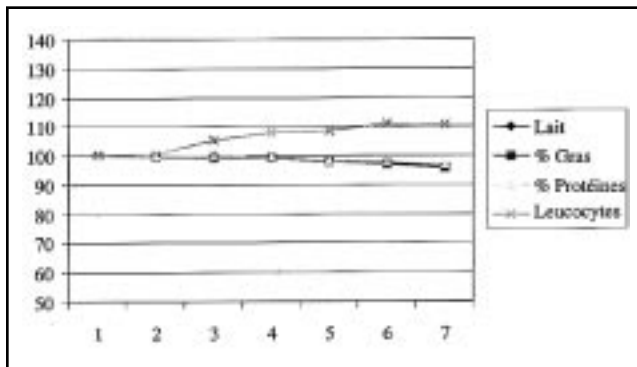
Cependant, un des inconvénients liés au robot de traite est la panne qui peut arriver de jour comme de nuit. En effet, l'éleveur est susceptible d'être appelé à tout moment grâce à un système d'alarme reliant le robot à un téléphone cellulaire ou à un téléavertisseur. Certaines personnes sont stressées par la peur de la panne ou par le fait que les vaches ne passent pas dans le robot. Avant, quand le travail était fini, il était fini... En vitesse de croisière, le nombre d'alarmes oscille entre une fois par semaine et une fois par mois (Juan, 1999). Par exemple, des bris de senseurs peuvent intervenir lorsqu'ils sont sales. Ce genre de panne peut facilement être diminué (Hogeveen *et al.*, 2001) par un bon entretien.

L'impact sur la production et la composition du lait

Un autre aspect important de la traite robotisée est la possibilité d'augmenter le nombre de traites par vache par jour (Hogeveen *et al.*, 2001). L'augmentation de la fréquence de traite de deux à trois fois par jour a permis des hausses de production de 5 à 25 % (Hogeveen *et al.*, 2001). Cependant, il semble que l'impact de l'augmentation du nombre de traites avec un robot ne soit pas si important. Selon Hogeveen *et al.* (2001), des données issues des troupeaux laitiers hollandais montrent une hausse de la production par vache de 11,4 % chez les fermes dont les vaches étaient préalablement traitées deux fois par jour.

Les résultats peuvent toutefois se faire attendre. En effet, des 40 exploitations françaises sondées par Prunghard *et al.* (2000), seulement 20 % ont noté une augmentation de la productivité dans les six premiers mois, 40 % dans la première année. Les gains de productivité enregistrés ont été de 3 % en moyenne la première année et de 9 % après 2 ans. La courte expérience des troupeaux ontariens et québécois donne des résultats comparables. Ainsi, il n'y a eu, en moyenne, aucune augmentation de la production par vache dans les mois suivant l'introduction des robots de traite tant dans les troupeaux québécois (figure 1) que dans les troupeaux ontariens (figure 2). Certains troupeaux ont même connu des baisses de productivité. On peut considérer ce phénomène comme normal compte tenu de la nouveauté de cette technologie au Québec. Le même phénomène a été observé au début des années 1980 lorsque les premiers troupeaux québécois ont introduit la ration totale mélangée (Pellerin, 1985).

Figure 1. Évolution de la production et de la composition du lait dans 4 troupeaux québécois à la suite de l'introduction de robots de traite (source : PATLQ)



En résumé, on peut s'attendre à une hausse de la production, mais à moyen terme seulement. Nous avons évalué cette hausse à environ 5 % par rapport à un troupeau trait deux fois par jour dans un système conventionnel. Toutefois, l'augmentation de la productivité engendre une hausse des charges variables telles que l'insémination, les frais de remplacement et les frais vétérinaires (Levallois *et al.*, 1998).

Pour ce qui est de la composition du lait, les figures 1 et 2 montrent une légère tendance à la baisse du pourcentage de gras du lait dans les fermes québécoises et ontariennes à la suite de l'introduction du robot. En ce qui concerne le pourcentage de protéines, la tendance est moins évidente, les troupeaux québécois ayant connu une légère baisse alors que le pourcentage de protéines s'est maintenu dans les troupeaux ontariens. Ces données sont trop préliminaires pour conclure sur l'effet à moyen terme des robots sur la composition du lait. Il faut noter cependant que des baisses du pourcentage de gras et du pourcentage de protéines ont été notées avec l'augmentation du nombre de traites (Hogeveen *et al.*, 2001).

L'impact sur la qualité du lait

Habituellement, l'augmentation du nombre de traites favorise une diminution du nombre de cellules somatiques et une meilleure santé du pis (Klei *et al.*, 1997 cité par Hogeveen *et al.*, 2001). Il semble qu'il n'en soit pas ainsi avec les robots de traite. L'accès volontaire au robot entraîne des intervalles irréguliers entre les traites. Les intervalles très longs de même que les intervalles très courts entre les traites peuvent augmenter le risque d'infection intra-mammaires (Hogeveen *et al.*, 2001). Aussi, puisqu'il n'y a pas de trayeurs, la détection des mammites est tributaire du suivi fait à partir des informations obtenues par le robot sur l'évolution de la productivité ou sur la conductivité du lait.

Même si plusieurs troupeaux peuvent maintenir un lait de qualité, il faut s'attendre à une légère augmentation

Figure 2. Évolution de la production et de la composition du lait dans 4 troupeaux ontariens à la suite de l'introduction de robots de traite

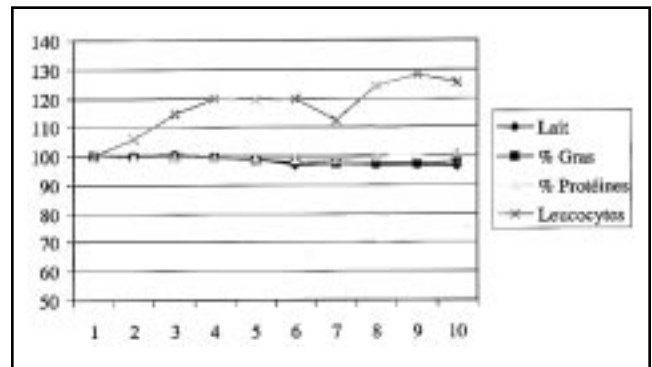


Tableau 3. Points à surveiller en priorité lors de l'introduction d'un robot selon 14 utilisateurs français

Point à surveiller	Nombre de répondants sur 14
Cellules somatiques	14
Germes	8
Butyriques	7
Nombre de traites	9
Robot lui-même	10
Alimentation	5
Sa propre santé	4

Adapté de Juan (1999)

du nombre de leucocytes dans le lait, comme le montre la tendance observée dans les troupeaux québécois (figure 1) et ontariens (figure 2). C'est d'ailleurs le principal point à surveiller lors de l'introduction d'un robot si l'on en croit les utilisateurs français (tableau 3). Bien entendu, les chances que cette hausse de cellules somatiques se traduise par une pénalité dépendent grandement du niveau de leucocytes initial du troupeau. Un troupeau avec un niveau de leucocytes inférieur à 200 000 aura peu de chances de voir ce niveau monter à plus de 400 000 et ainsi d'être pénalisé, alors qu'un troupeau dont le niveau de leucocytes flirte déjà avec le seuil de pénalité aura plus de risque. Nous avons évalué ce risque à un mois de plus par année (environ 8 %).

L'impact sur les coûts de reproduction

Il n'y a pas beaucoup de données concernant l'impact de robots sur l'efficacité de la reproduction. Des résultats préliminaires semblent indiquer qu'il n'y aurait pas de changements (Kruip *et al.*, 2000). Toutefois, à une

hausse de production est généralement associée une diminution de l'efficacité reproductive. On peut donc s'attendre à une hausse des coûts de reproduction et de santé si l'introduction du robot se traduit par une hausse de la productivité.

Le système de détection de l'activité des vaches est disponible sur certains modèles. Un collier emmagasine les données des activités de la journée et les transmet à l'ordinateur lors de la traite. Après analyse, ce dernier peut fournir de l'information sur les vaches qui ont été plus actives qu'à la normale. On peut penser que cet outil permettra d'améliorer l'intervalle entre les vêlages dans les fermes où la détection des chaleurs pose problèmes. Le passage à la stabulation libre pourra aussi faciliter la détection des chaleurs dans ces mêmes fermes. Une diminution de l'intervalle entre les vêlages pourra alors se traduire par une amélioration du bénéfice de 3 à 4 \$ par vache par jour.

L'impact sur le nombre de logettes nécessaires

En répartissant les traites sur toute la journée, l'introduction d'un robot de traite devrait diminuer le nombre de logettes nécessaires. On sait déjà qu'avec une salle de traite, il est possible d'avoir 5 à 10 % moins de logettes que de vaches. En changeant la routine des vaches, on peut penser pouvoir diminuer le nombre de logettes d'un 5 % supplémentaire. Aucun auteur ne discute cependant de cet aspect. Les études avec les robots ayant été menées dans des pays sous gestion de l'offre, il est possible que la taille de la stabulation n'ait pas été la principale limite.

L'impact sur le taux de réforme

Après l'introduction d'un robot, il est probable que les raisons d'élimination des vaches changent. On croit cependant que ce changement ne devrait pas augmenter le taux de réforme (Hogeveen *et al.*, 2001). La conformation du pis devrait prendre de l'importance, ce qui peut augmenter la valeur des vaches avec des pis et des membres bien conformés.

Les autres avantages et inconvénients

L'introduction d'un robot de traite dans une exploitation agricole peut aussi avoir d'autres effets plus difficiles à chiffrer. Ainsi, le robot de traite peut améliorer le bien-être de la vache, du moins la perception que s'en font les consommateurs. La possibilité de traire lorsque l'animal en a envie permet de respecter son rythme biologique. La vache serait alors plus proche d'un système naturel dans lequel le veau tète la vache plusieurs fois par jour. Les fréquences de traites élevées seraient

bénéfiques à la santé du pis en début de lactation. Selon les éleveurs interrogés, ce dernier est moins tendu, moins sollicité et finalement moins congestionné (Juan, 1999; Juan, 2000). Ainsi, une carrière plus longue peut être envisagée pour les fortes laitières. D'autre part, l'allègement du pis améliore le confort en position couchée. Enfin, le robot de traite évite les bousculades dans l'aire d'attente, car les vaches peuvent aller au robot quand elles le désirent.

Les relations familiales et sociales des travailleurs peuvent aussi être considérablement améliorées, ceux-ci n'étant plus soumis à l'horaire dicté par l'heure de la traite.

Comme inconvénient, le robot de traite complique un peu plus l'alimentation des animaux. Plusieurs fermes ont dû revenir à une moulée pour compléter la ration totale mélangée. Il est aussi plus difficile de faire plusieurs groupes d'alimentation avec un seul robot.

POUR QUI EST-CE RENTABLE?

Comme on l'a vu précédemment, les coûts sont élevés. Est-ce que les économies de main-d'œuvre et les gains de productivité seront suffisants pour rentabiliser ce genre d'équipement ? C'est ce que nous tenterons d'évaluer dans les lignes qui suivent.

Hypothèses de base

Comme toute étude de rentabilité, le résultat de l'analyse dépendra en grande partie des hypothèses à la base du calcul. Dans un premier temps, nous avons comparé l'impact économique de l'introduction d'un robot ou d'une salle de traite dans des fermes à stabulation entravée de trois tailles différentes (50, 100 et 200 vaches). Le détail apparaît à l'annexe 1 mais les principales hypothèses de base apparaissent au tableau 4.

La main-d'œuvre a été comptabilisée à 10 \$ de l'heure, excepté pour la mise en route du robot où le taux horaire est de 15 \$. Le quota nécessaire pour couvrir l'augmentation de productivité de 5 % a été acquis au prix de 23 500 \$/kg-j de matière grasse.

Les principaux résultats apparaissent au tableau 5. Le budget complet est présenté à l'annexe 2. Première constatation : les marges sont négatives tant pour le robot (-38 031 \$) que pour la salle de traite (-32 441 \$), et ce, que l'on considère le travail ou non. Le solde de trésorerie est encore plus négatif, car il inclut le financement du quota supplémentaire. Ce résultat est relativement normal compte tenu que les machineries et équipements sont des actifs improductifs. Mais peut-on qualifier d'improductif un actif qui fonctionne 24 heures par jour, 365 jours par année ? L'équipement de traite est probablement le plus productif des actifs non pro-

Tableau 4. Facteurs associés à l'introduction d'un robot et d'une salle de traite dans un troupeau gardé en stabulation entravée et produisant 8 000 litres/vache/an

Facteur	Robot	Salle de traite
Diminution de la main-d'œuvre de traite (%)	50,0	5,0
Hausse de production (%)	5,0	0,0
Hausse des coûts d'électricité (%)	50,0	0,0
Hausse des coûts d'alimentation (\$/hl)	0,25	0,00
Diminution de l'intervalle entre les vêlages (j)	10,0	5,0
Hausse du lait pénalisé (% du lait livré)	8,0	0,0

Tableau 5. Principaux résultats de l'analyse de rentabilité de l'introduction d'un robot ou d'une salle de traite selon trois tailles de troupeau

	50 vaches		100 vaches		200 vaches	
	Robot	Salle de traite	Robot	Salle de traite	Robot	Salle de traite
Total des améliorations (\$)	24 100	1 970	48 200	3 940	96 400	7 880
Total des détériorations (\$)	62 131	34 411	117 108	57 452	226 613	94 610
Marge avec travail inclus (\$)	-38 031	-32 441	-68 908	-53 512	-130 213	-86 730
Variation de la main-d'œuvre (heures)	1 095	110	2 190	219	4 380	438
Marge avec travail exclu (\$)	-48 981	-33 536	-90 808	-55 702	-174 013	-91 110
Amortissement et intérêts (\$)	50 790	31 161	97 114	51 902	189 312	87 110
Marge avant amortissement et intérêts (\$)	12 759	-1 280	28 206	-1 610	59 099	380
Annuités (\$)	58 693	34 865	112 557	58 173	219 774	97 768
Solde de trésorerie (\$)	-45 934	-36 145	-84 351	-59 783	-160 676	-97 388
Délai de récupération (ans)	—	—	—	—	—	—
Seuil de rentabilité (point mort) :						
- Main-d'œuvre (\$/année)	48 981	33 536	90 808	55 702	174 013	91 110
- Prix équipement traite (\$)	-40 680	-184 152	-51 686	-328 715	-70 259	-559 681

ductifs... Honnêtement, ce que ça signifie c'est que l'investissement est trop important pour être justifié si le système de traite n'est pas à remplacer. Dans la suite de ce dossier, nous considérons donc que le système de traite actuel est désuet et qu'il faut le remplacer.

Le tableau 6 présente la différence de marge et de solde de trésorerie calculée pour un robot par rapport à une salle de traite pour une dizaine de simulations. De la même façon, les tableaux 7 et 8 montrent les économies de main-d'œuvre et le prix du robot nécessaires pour atteindre le seuil de rentabilité.

Tableau 6. Différence de marges et de soldes de trésorerie entre un robot et une salle de traite

Hypothèse	50 vaches		100 vaches		200 vaches	
	Marge (\$)	Trésorerie (\$)	Marge (\$)	Trésorerie (\$)	Marge (\$)	Trésorerie (\$)
De base	-5 590	-9 789	-15 397	-24 568	-43 483	-63 288
Nombre maximal de vaches	-1 964	-7 070	-8 424	-19 339	-29 539	-52 829
Stabulation libre	-5 118	-9 400	-14 453	-23 789	-41 596	-61 730
Lait supplémentaire à l'exportation	-7 469	-8 113	-19 155	-21 216	-51 001	-56 584
Diminution de la main-d'œuvre de traite de 33 %	-9 313	-13 512	-22 843	-32 014	-58 375	-78 180
Diminution de la main-d'œuvre de traite de 66 %	-2 086	-6 285	-8 389	-17 560	-29 467	-49 272
Hausse de production de 10 %	-5 57	-8 311	-5 330	-21 612	-23 349	-57 376
Hausse de production de 0 %	-10 623	-11 267	-25 463	-27 524	-63 617	-69 200
Efficacité du robot à 100 vaches	-5 590	-9 789	16 541	9 476	20 392	4 800
Baisse de prix du robot de 25 %	2 587	-1 027	140	-7 920	-13 228	-30 868

Tableau 7. Économie de main-d'œuvre au seuil de rentabilité

Hypothèse	50 vaches	100 vaches	200 vaches
	vs salle de traite (\$)	vs salle de traite (\$)	vs salle de traite (\$)
De base	16 540	37 297	87 283
Nombre maximal de vaches	15 761	35 799	84 289
Stabulation libre	16 068	36 353	85 396
Lait supplémentaire à l'exportation	18 419	41 055	94 801
Diminution de la main-d'œuvre de traite de 33 %	16 540	37 297	87 283
Diminution de la main-d'œuvre de traite de 66 %	16 540	37 297	87 283
Hausse de production de 10 %	11 507	27 230	67 149
Hausse de production de 0 %	21 573	47 363	107 417
Efficacité du robot à 100 vaches	16 540	5 359	23 408
Baisse de prix du robot de 25 %	8 363	21 760	57 028

Que peut-on conclure des tableaux 6, 7 et 8 ? Premièrement, à partir du tableau 6, une marge négative ou un solde de trésorerie négatif est défavorable au robot. Ainsi, dans la situation de base, une entreprise de 50 vaches qui choisirait le robot devrait voir son bénéfice diminuer de 5 590 \$ de plus que si elle avait choisi une salle de traite, et sa trésorerie devrait être inférieure de 9 789 \$, à tout le moins durant le financement du quota. Ensuite, au tableau 7, on constate que le robot doit générer une économie de main-d'œuvre de 16 540 \$ supérieure à celle de la salle de traite pour obtenir la même marge. Finalement, pour obtenir des marges similaires dans la situation de base, le prix maximal que peut payer une entreprise de 50 vaches pour un robot est de 207 274 \$ par stalle (tableau 8). L'investissement pour le robot et le

bâtiment ne devrait pas être de plus de 50 274 \$ de plus que l'investissement pour la salle de traite et son bâtiment.

Ainsi, à première vue, les conditions actuelles semblent favoriser la salle de traite. À partir des tableaux 6, 7 et 8, regardons maintenant l'impact de différents facteurs sur la rentabilité de l'introduction d'un robot par rapport à une salle de traite.

L'impact de la taille du troupeau (50, 100, 200 vaches)

D'après des simulations de Veyssset *et al.* (2000), le robot semble plus adapté économiquement aux

Tableau 8. Coût du robot au seuil de rentabilité

Hypothèse	50 vaches		100 vaches		200 vaches	
	stalle (\$)	+ salle de traite (\$)	stalle (\$)	+ salle de traite (\$)	stalle (\$)	+ salle de traite (\$)
De base	207 274	50 274	178 660	142 320	148 162	322 647
Nombre maximal de vaches	234 985	77 985	205 305	195 610	174 807	429 228
Stabulation libre	210 879	53 879	182 265	149 529	151 767	337 066
Lait supplémentaire à l'exportation	192 909	35 909	164 295	113 589	133 797	265 186
Diminution de la main-d'œuvre de traite de 33 %	178 818	21 818	150 204	85 408	119 706	208 823
Diminution de la main-d'œuvre de traite de 66 %	234 056	77 056	205 442	195 884	174 944	429 776
Hausse de production de 10 %	245 746	88 746	217 132	219 264	186 634	476 536
Hausse de production de 0 %	168 802	11 802	140 188	65 375	109 690	168 758
Efficacité du robot à 100 vaches	207 274	50 274	188 214	161 428	157 716	360 864
Baisse de prix du robot de 25 %	207 274	50 274	178 660	142 320	148 162	322 647

exploitations de 50 à 60 vaches pour un quota de 400 000 à 500 000 litres de lait. Nos résultats confirment que, dans la structure de prix actuels, le robot est mieux adapté pour les plus petits troupeaux. En effet, l'écart entre les marges s'élargit avec la taille du troupeau (tableau 6). Les choses pourraient cependant changer si on connaissait une augmentation importante de l'efficacité des robots. Nous en reparlerons plus loin.

Comme tout actif devrait être utilisé à sa pleine capacité, la deuxième simulation compare des troupeaux de taille permettant d'optimiser le robot et la salle de traite (63, 125 et 250). L'utilisation du robot à sa pleine capacité permet de rapprocher les résultats obtenus par le robot de ceux de la salle de traite de 3 500 \$ par rapport à l'hypothèse de base.

L'impact du mode de stabulation

Dans la troisième simulation dont les résultats apparaissent aux tableaux 6, 7 et 8, la situation de départ comporte une stabulation libre au lieu d'une stabulation entravée comme dans l'hypothèse de base. La stabulation de départ aura un impact important sur le coût du passage au robot de traite. On peut s'attendre à une différence d'environ 12 500 \$ par année pour un troupeau de 50 vaches. Celle-ci n'aura cependant que peu d'effet dans la différence des marges obtenues entre un robot et une salle de traite (tableau 6).

L'impact du prix de vente du lait

Comme on pouvait s'y attendre, la vente du lait supplémentaire à l'exportation plutôt que l'investissement

dans le quota n'améliore pas la rentabilité du robot. À la limite, on constate une légère amélioration de la différence dans le solde de trésorerie (tableau 6).

L'impact de la diminution de la main-d'œuvre

L'hypothèse de base considère une réduction de la moitié du temps passé à traite. Comme on l'a vu précédemment, il peut y avoir des variations considérables dans cette diminution du temps. Deux simulations (33 % et 66 %) ont permis d'en chiffrer l'impact. L'augmentation à 66 % ou la diminution à 33 % de l'économie de temps par rapport à 50 % permet une variation de la marge d'environ 3 500 \$ (tableau 6). Une économie de 66 % du temps de traite n'est cependant pas suffisante pour permettre au robot d'obtenir des résultats équivalents à une salle de traite.

L'impact de l'augmentation de la productivité

Une augmentation de la productivité de 10 % au lieu de 5 % permet au robot d'avoir un impact sur la rentabilité comparable à celui d'une salle de traite (tableau 6). Il faut cependant être prudent avant de considérer que l'introduction d'un robot peut apporter ce genre de hausse de la productivité. Comme on l'a vu, une augmentation de plus de 5 % peut être considérée comme plus qu'optimiste.

L'impact de l'efficacité du robot

L'efficacité des robots est un des facteurs qui connaîtront probablement le plus d'amélioration au cours des prochaines années. Actuellement, le temps moyen de manutention est de plus de deux minutes par traite pour le robot alors qu'il est de quelques secondes pour un humain (De Koning et Ouweltjes, 2000). Aussi, en moyenne, pour 43 % des visites, les vaches n'ont pas été traitées par le robot compte tenu d'un intervalle trop court entre les traites (Artmann et Bohlsen, 2000).

On peut donc s'attendre, avec l'amélioration de la puissance des ordinateurs et le développement de meilleurs logiciels de reconnaissance du pis, à une diminution considérable du temps requis pour la pose et le retrait des unités de traite. Une amélioration de l'efficacité des robots à 100 vaches pour une stalle changerait complètement l'intérêt de ce genre d'équipement, en particulier pour les gros troupeaux. Avec une capacité de 100 vaches par stalle, la traite robotisée devient plus avantageuse que la salle de traite pour les troupeaux de 100 vaches et plus (tableau 6). Quelques années s'écouleront cependant avant que nous ayons des robots d'une telle efficacité.

L'impact du prix du robot

Le robot de traite est une nouvelle technologie : les fabricants doivent donc payer les frais reliés à la recherche. Le prix du robot s'en trouve encore élevé. On peut toutefois penser qu'il va baisser. Une réduction du prix de 25 % rend le robot plus intéressant que la salle de traite pour les troupeaux de 50 et 100 vaches. Une baisse de prix pourrait, dans certains cas, aider les éleveurs à rentabiliser leur investissement, comme le montrent les chiffres de prix du robot au point mort (tableau 8).

CONCLUSION

Le nombre d'utilisateurs de robots dans le monde est en constante augmentation et risque de connaître une hausse importante au Québec dans les prochaines années. Serez-vous du nombre ? Même si, comme pour toute nouvelle technologie, les utilisateurs n'ont pas toujours eu que des bonnes expériences, dans une enquête auprès de 16 utilisateurs français, 15 ont affirmé qu'ils n'auraient plus jamais de salle de traite sur leur exploitation; un seul a répondu qu'on ne sait jamais (Juan, 1999). Il faut cependant que les attentes ne soient pas trop élevées : on n'a pas encore trouvé le robot qui permettra de vous remplacer.

Avant d'acheter, il est important de faire faire un calcul de rentabilité en tenant compte de votre situation, car il y a autant de variations dans les résultats obtenus avec un robot qu'avec d'autres équipements comme les

salles de traite et les systèmes d'alimentation. De plus, les résultats varient beaucoup en fonction de la gestion qui sera faite du robot.

En général, les simulations présentées dans ce document montrent que le prix élevé du robot rend sa rentabilité plus difficile qu'une salle de traite dans la structure de prix actuelle. La situation pourrait cependant changer radicalement à moyen terme avec une baisse du prix des robots ou une hausse de leur capacité. Les producteurs laitiers québécois auront-ils sauté l'étape de la salle de traite ? En attendant de pouvoir vous payer un robot, pensez aux solutions de rechange comme le regroupement pour l'embauche de vachers, par exemple...

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier M. Marc Juan, journaliste spécialisé en machinerie à la revue PLM, pour les nombreux documents fournis, de même que les producteurs et les productrices qui ont accepté de les recevoir.

Cette étude a été financée par le Salon de l'Agriculteur de Saint-Hyacinthe et Agri-Gestion Laval.

BIBLIOGRAPHIE

Arendzen, I. et A.T.J. van Scheppingen, 2000. Economical Sensitivity of Four Main Parameters Defining the Room for Investment of Automatic Milking Systems on Dairy Farms (Abstract 14), (<http://www.pv.wageningen-ur.nl/index.asp?/english/onderzoek/projecten/roboticmilking/arendzen.asp>).

Armstrong, D.V., J.F. Smith et M.J. Gamroth, 1994. Milking Parlor Performance in the United States. Proceedings of the Third International Dairy Housing Conference, 2-5 February 1994, Orlando, Florida.

Artmann, R. et E. Bohlsen, 2000. Results from the Implementation of Automatic Milking System (AMS) - Multi-box Facilities (Abstract 16), (<http://www.pv.wageningen-ur.nl/index.asp?/english/onderzoek/projecten/roboticmilking/artmann.asp>).

Ballandonne, Jean-Claude, 1999. Le robot de traite perce en Europe. Le Producteur de lait québécois, mai : 58-60.

Beauregard, Guy, 2000. Rentable, le robot ?, Le Bulletin des agriculteurs, décembre : 45-47.

Cooper, Keith, 2001. Milking by Robots : Simulating the Robotic Milking Farm, OR Topics, Operational Research Society, March 26th, 9 p. (<http://www.orsoc.org.uk/about/topic/insight/milk.htm>)

- Cooper, K., 1999. Milking by Robots - Simulating the Robotic Milking Farm. *OR Insight* 12 (1) 2-7.
- Cooper, K. et D. J. Parsons, 1999. An Economic Analysis of Automatic Milking Using a Simulation Model. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 73 (3) 311-321.
- Davis Misty, A., 2000. Take a Glimpse at Robotic Milking, May 25th, p. 395.
- De Koning, K et W. Ouweltjes, 2000. Maximizing the Capacity of an Automatic Milking System, p. 38-46, in : H. Hogeveen et A. Meijering (editors), *Robotic Milking*. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.
- Frost, A. R., T. T. Mottram, C. J. Allen, R. P. White, 1999. Influence of Milking Interval on the Total Bacterial Count in a Simulated Automatic Milking System. *Journal of Dairy Research* 66 : 125-129.
- Gobin, Bertrand, 2001. Le club robot Denzo et ses 500 vaches, *PLM*, janvier : 74-76.
- Hogeveen, H., Y. Van der Vorst, K. de Koning et B. Slaghuis, 2001. A. Concepts and Implications of Automatic Milking, *Symposium sur les bovins laitiers*.
- Juan, M., 2000. Robot ou salle de traite ? La mamelle écartelée... *PLM*, juin : 60-61.
- Juan, M., 1999. Robots de traite : faut-il investir aujourd'hui ?, *PLM*, janvier, p. 8-11.
- Kruip T.A., J. Stefanwska, W. Ouweltjes, 2000. Robot Milking and Effect on Reproduction in Dairy Cows : a Preliminary Study. *Anim. Reprod. Sci.* Jul. 2; 60-61 : 443-447.
- Leroy, Didier, 2000. Robot de traite : à chacun de prendre ses responsabilités, *PLM*, septembre : 12-15.
- Mongeon, Mario. Robot de traite ou traite automatisée ?, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales, Ontario, 7 p.
- Morita, S., S. Devir, C.C. Ketelaar-de Lauwere, A.C. Smits, H. Hogeveen et J.H.M. Metz, 1996. Effects of Concentrate Intake on Subsequent Roughage Intake and Eating Behaviour of Cows in an Automatic Milking System. *Journal of Dairy Science* 79 : 1572-1580.
- Prugnard, Éric, 2000. Le robot de traite : pour qui ? pourquoi ?, Mémoire de fin d'étude avec INRA Clermont-FD-ENITA et ONILAIT, septembre.
- Reinemann, Douglas J., 2001. Prospects for Robotic Milking in Wisconsin, Alfa Laval Agri Presents Voluntary Milking System, 11 janvier, 5 p.
- Reinemann, Douglas J., 1993. Know What it Cost to Milk your Cows, *Hoard's Dairyman*, September 10th, p. 640.
- Rodenburg, J., 2001. The « Top Ten » Questions Laymen Ask About Robotic Milking. OMAFRA.
- Schukken, H., Henk Hogeveen et Ben J., Sminck, 1999. Robot Milking and Milk Quality : Experiences from the Netherlands, National Mastitis Council, Regional Meeting Proceedings, p. 64-69.
- Stoneman, D., 199 ? . Robots fail milking test.
- van 't Land, A., C. van Lenteren, C. Bouwmans, E. van Schooten, P. Hink, D.J. Gravesteyn, 2000. Effects of Husbandry Systems on the Efficiency and Optimization of Robotic Milking Performance and Management (Abstract 13), <http://www.pv.wageningen-ur.nl/index.asp?/english/onderzoek/projecten/robot-icmilking/land.asp>.
- Veysset P., P. Wallet et E. Prugnard, 2001. Le robot de traite : pour qui ? pourquoi ? Caractérisation des exploitations équipées, simulations économiques et éléments de réflexion avant investissement. *INRA Prod. Anim.*, 14 : 51-61.

Annexe 1. Données de base pour le calcul de rentabilité de l'introduction d'un robot ou d'une salle de traite selon trois tailles de troupeau

		50 vaches		100 vaches		200 vaches	
	Initiale	Robot	Salle de traite	Robot	Salle de traite	Robot	Salle de traite
Hypothèse							
Diminution de la main-d'œuvre de traite (%)		50,0	5,0	50,0	5,0	50,0	5,0
Hausse de production (%)		5,0	0,0	5,0	0,0	5,0	0,0
Hausse des coûts d'électricité (%)		50,0	0,0	50,0	0,0	50,0	0,0
Hausse des coûts alimentation (\$/hl)		0,25	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00
Diminution de l'intervalle entre vêlages (j)		10,0	5,0	10,0	5,0	10,0	5,0
Hausse lait pénalis (% du lait livré)		8,0	0,0	8,0	0,0	8,0	0,0
Troupeau							
Production (litres/vache/an)	8 000	8 400	8 000	8 400	8 000	8 400	8 000
Intervalle entre les vêlages (j)	410	400	405	400	405	400	405
Nombre moyen vaches en lactation	47,9	46,6	47,3	46,6	47,3	46,6	47,3
Coût net du remplacement (\$)	1 500	600	0	1 200	0	2 400	0
Prix du lait							
Prix net du lait (\$/hl)	57						
Prix net extérieur quota (\$/hl)	27						
Pourcentage livré intra-quota	100						
Pénalité (\$/hl)	1						
Main-d'œuvre							
Main-d'œuvre de traite (h/vache/an)	43,8	21,9	41,6	21,9	41,6	21,9	41,6
Coût horaire (\$)	10,00						
Autres frais variables							
Frais de santé (\$/vache/an)	110	128	110	128	110	128	110
Frais reproduction (\$/vache/an)	100	114	100	114	100	114	100
Frais reproduction (\$/j intervalle vêlages)	3,50	1750	875	3 500	1 750	7 000	3 500
Frais alimentation (\$/hl)	12,00	12,25	12,00	12,25	12,00	12,25	12,00
Quota							
Prix du quota (\$/kg-j)	23 500	51 507	0	103 014	0	206 027	0
Amortissement (années)	0						
Intérêt quota (%)	8						
Financement (années)	10						
Équipement de traite							
Coût de l'équipement de traite (\$)		250 000	100 000	475 000	140 000	925 000	200 000
Adaptation-réformes (%)		5	3	5	3	5	3
Adaptation-Temps (h)		504	56	504	56	504	56
Adaptation-Taux horaire (\$/h)		15,00	10,00	15,00	10,00	15,00	10,00
Adaptation (\$)		11 310	2 810	15 060	5 060	22 560	9 560
Amortissement (années)		12,0	15,0	12,0	15,0	12,0	15,0
Intérêt équipement (%)		8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Entretien/réparation (\$/an)		5 000	2 500	7 500	4 500	12 500	6 000
Électricité traite (\$/vache/an)	30	45	30	45	30	45	30
Assurances (\$/100 \$ d'actifs)	0,75	1 875	750	3563	1 050	6 938	1 500

Annexe 1. Données de base pour le calcul de rentabilité de l'introduction d'un robot ou d'une salle de traite selon trois tailles de troupeau (suite)

		50 vaches		100 vaches		200 vaches	
	Initiale	Robot	Salle de traite	Robot	Salle de traite	Robot	Salle de traite
Bâtiments							
Utilisation de stabulation libre (%)		110	105	110	105	110	105
Stabulation libre (\$/vache)	3 200	145 455	152 381	290 909	304 762	581 818	609 524
Bâtiments-équipement de traite		15 000	72 000	25 000	100 000	40 000	110 000
Amortissement (années)		20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Intérêt bâtiment (%)		8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Annuités (\$/an)							
Stabulation libre		14 815	15 520	29 630	31 041	59 259	62 081
Équipement de traite							
+ mise en route		34 675	12 011	65 029	16 947	125 736	24 483
Bâtiment équipement de traite		1 528	7 333	2 546	10 185	4 074	11 204
Quota		7 676	0	15 352	0	30 704	0
Investissement total (\$)		463 271	327 191	908 983	549 822	1 775 406	929 084

Annexe 2. Budget partiel et rentabilité de l'introduction d'un robot ou d'une salle de traite selon trois tailles de troupeau

		50 vaches		100 vaches		200 vaches	
		Robot	Salle de traite	Robot	Salle de traite	Robot	Salle de traite
Produits en plus							
Lait en +		11 400	0	22 800	0	45 600	0
Charges en moins							
Main-d'œuvre de traite		10 950	1 095	21 900	2 190	43 800	4 380
Frais reproduction (meilleur suivi)		1 750	875	3 500	1 750	7 000	3 500
Total des améliorations		24 100	1 970	48 200	3 940	96 400	7 880
Produits en moins							
Pénalité qualité du lait		336	0	672	0	1 344	0
Charges en plus							
Entretien/réparation équipement		5 000	2 500	7 500	4 500	12 500	6 000
Électricité (équipement traite)		750	0	1 500	0	3 000	0
Assurance (équipement traite)		1 875	750	3 563	1 050	6 938	1 500
Remplacement net (production)		600	0	1 200	0	2 400	0
Frais vétérinaires (production)		880	0	1 760	0	3 520	0
Frais reproduction (production)		700	0	1 400	0	2 800	0
Frais d'alimentation (production + DAC)		1 200	0	2 400	0	4 800	0
Amortissements							
Équipement traite et adaptation		21 776	6 854	40 838	9 671	78 963	13 971
Bâtiment équipement traite		750	3 600	1 250	5 000	2 000	5 500
Stabulation libre		7 273	7 619	14 545	15 238	29 091	30 476
Quota		0	0	0	0	0	0
Intérêts							
Équipement traite et adaptation		10 452	4 112	19 602	5 802	37 902	8 382
Bâtiment équipement traite		600	2 880	1 000	4 000	1 600	4 400
Stabulation libre		5 818	6 095	11 636	12 190	23 273	24 381
Quota		4 121	0	8 241	0	16 482	0
Total détériorations		62 131	34 411	117 108	57 452	226 613	94 610
Marge travail inclus		-38 031	-32 441	-68 908	-53 512	-130 213	-86 730

Annexe 2. Budget partiel et rentabilité de l'introduction d'un robot ou d'une salle de traite selon trois tailles de troupeau (suite)

	50 vaches		100 vaches		200 vaches	
	Robot	Salle de traite	Robot	Salle de traite	Robot	Salle de traite
Variation de la main-d'oeuvre (h)	1 095	110	2 190	219	4 380	438
Marge travail exclus	-48 981	-33 536	-90 808	-55 702	-174 013	-91 110
Amortissement et intérêts	50 790	31 161	97 114	51 902	189 312	87 110
Marge avant amortissement et intérêts	12 759	-1 280	28 206	-1 610	59 099	380
Annuités	58 693	34 865	112 557	58 173	219 774	97 768
Solde de trésorerie	-45 934	-36 145	-84 351	-59 783	-160 676	-97 388
Délai de récupération (ans)	-57	-23	-74	-23	-88	-25
Seuil de rentabilité (point mort)						
Main-d'œuvre (\$/année)	48 981	33 536	90 808	55 702	174 013	91 110
Main-d'œuvre (\$/h)	44,73	306,26	41,46	254,35	39,73	208,01
Prix équipement traite (\$)	-40 680	-184 152	-51 686	-328 715	-70 259	-559 681
Robot vs salle de traite						
Main-d'œuvre (\$/année)	16 540	—	37 297	—	87 283	—
Main-d'œuvre (\$/h)	15,67	—	17,81	—	21,03	—
Prix du robot (\$/stalle)	207 274	—	178 660	—	148 162	—
Prix du robot, bâtiment						
(% salle de traite)	129	—	159	—	204	—
Prix du robot, bâtiment						
(\$ de plus que la salle de traite)	50 274		142 320		322 647	

Annexe 3. Données de la figure 1 (Québec)

Contrôle	Lait	% Gras	% Protéines	Leucocytes
1	100	100	100	100
2	100	100	100	101
3	100	99	100	105
4	100	99	100	108
5	98	98	98	108
6	97	97	98	111
7	96	96	97	111

Annexe 4. Données de la figure 2 (Ontario)

Contrôle	Lait	% Gras	% Protéines	Leucocytes
1	100	100	100	100
2	100	100	100	106
3	100	100	100	114
4	100	99	100	120
5	99	99	99	119
6	97	98	99	120
7	97	98	99	112
8	97	98	100	124
9	97	98	100	128
10	96	98	101	126