

Le point sur la robotisation de la traite 15 ans après l'apparition des premiers systèmes dans les fermes

P. BILLON (1), D. POMIÈS (2)

(1) Institut de l'Élevage, B.P. 85225 - 35652 Le Rheu cedex

(2) INRA, Unité de Recherches sur les Herbivores - 63122 Saint-Genès Champanelle

RESUME - Les premiers robots de traite commerciaux sont apparus en Europe au début des années 1990. Depuis, ils se sont développés de façon exponentielle de par le monde. Cinq constructeurs se partagent actuellement le marché, avec des machines mono ou multi stalles, pouvant être utilisés pour traire des troupeaux de 40 à plusieurs centaines de vaches. L'achat d'un robot est un investissement coûteux, mais ce sont plus des critères sociaux (amélioration de la qualité de vie) qu'économiques qui poussent les éleveurs à s'équiper. De fait, malgré l'augmentation de la fréquence de traite, le robot ne permet pas d'accroître sensiblement la production laitière. La composition et les principaux paramètres de qualité du lait (TB, TP, germes, cellules, cryoscopie) sont très peu modifiés par le passage à la traite robotisée lorsque l'installation est bien conçue et fonctionne correctement. Seules les teneurs en acides gras libres et en spores butyriques peuvent être sensiblement dégradées. De même, le bien-être des vaches semble peu affecté par la mise en place d'un robot. L'identification en temps réel du lait de vaches atteintes de mammite et son élimination constitue actuellement le principal problème des robots, mais des améliorations sensibles sont en cours au niveau des capteurs de détection. Une bonne fréquentation du robot (2,8 à 3 fois par jour) a longtemps été l'objectif principal des éleveurs, les poussant à adopter des stratégies contraignantes pour leurs animaux ou pour eux-mêmes, mais des études récentes et l'utilisation de portes de présélection ont permis de moins se focaliser sur cet aspect. Par contre, la combinaison "robot de traite et pâturage" pose encore de nombreux problèmes d'organisation aux éleveurs, entraînant une diminution du temps d'accès à la pâture, une irrégularité de fréquentation des stalles et/ou une baisse de la fréquence de traite, mais, *a priori*, sans pénalisation de la production.

Robotic milking 15 years after its first implementation on commercial farms

P. BILLON (1), D. POMIÈS (2)

(1) Institut de l'Élevage, B.P. 85225 - 35652 Le Rheu cedex

SUMMARY - The first commercial milking robots appeared in Europe at the beginning of the 1990's. They have increased exponentially worldwide since that time. Five manufacturers hold the market, with single or multi-box machines that can milk herds from 40 to hundreds of cows. Although robots are very expensive, some farmers decide to buy one in order to improve their quality of life rather than for economic reasons. In fact, the increase of milking frequency does not substantially increase milk production. Milk composition and the main criteria for milk quality (fat and protein contents, total bacterial count, somatic cell count, freezing point) are not (or slightly) modified by robotic milking. Free fatty acids and butyric count may be increased by robotic milking, but without any consequence on cheese quality. Cow welfare does not seem to be affected by robotic milking. At the present, the "on-line" identification of milk from cows affected by mastitis and its elimination remains the major problem for robotic milking. However, sensors are currently being developed to overcome this problem. In the past, "three milkings a day" has been the main objective of robot owners, leading to constraining strategies both for animals and themselves. Fortunately, recent studies and the use of selection gates allow farmers not to focus on this point. The combination of robotic milking and pasture causes a lot of organisational problems to farmers: it can result in a decrease in the access time to pasture, irregular intervals between visits to the robot, and/or a reduction in milking frequency, but without a significant decrease in milk production.

INTRODUCTION

Introduites sur le marché européen au début des années 1990, les installations de traite robotisées ont vraiment commencé à se développer presque 10 ans plus tard, vers 1999. On dénombrait alors environ 500 fermes équipées de tels dispositifs (De Koning et Rodenburg, 2004), ce qui restait malgré tout très modeste. A partir de cette date, la croissance est devenue exponentielle et le robot de traite s'est répandu dans le monde entier : Europe bien entendu, mais aussi Amérique du nord, Japon et même Océanie. Cependant, plus de 80 % des installations robotisées sont localisées en Europe du nord-ouest, là où la taille des troupeaux est particulièrement adaptée à ce type de machine et où la main d'œuvre dans les élevages reste rare et chère. Plus étonnant, actuellement en Suède et au Danemark, pratiquement la moitié des éleveurs désirant renouveler leur salle de traite optent pour un système robotisé. Aux Pays Bas, cette proportion est de 25 à 30 %. De Koning (2006, communication personnelle) estime qu'aujourd'hui environ 4000 fermes dans le monde sont équipées de robots.

En France, l'évolution a été pratiquement identique. De 15 à 20 fermes équipées à la fin des années 1990, nous sommes passés à 350 fin 2003, pour arriver à environ 700 fin 2006. Nos observations montrent que 2005 a connu une augmentation importante du nombre des robots et, aux dires des constructeurs, 2006 devrait être exceptionnelle. D'après eux, dans 50 % environ des projets de nouvelle installation ou de forte rénovation de l'installation de traite, l'achat du robot est évoqué et demande à être chiffré. C'est dire l'intérêt des éleveurs pour ces machines qui sont devenues, dans leur esprit, une alternative réaliste à la traite conventionnelle, malgré les imperfections manifestes qui ont entaché les premières implantations et le problème économique lié à un investissement très élevé, susceptible de mettre en péril la pérennité de l'exploitation.

Si l'intérêt des éleveurs pour la traite robotisée reste important, voire se renforce, c'est que la demande pour limiter l'astreinte de la traite ne faiblit pas, que l'intérêt pour les nouvelles technologies augmente et que les matériels ont réalisé de substantiels progrès en fiabilité et en efficacité.

Enfin, l'offre des constructeurs est devenue plus conséquente, donc la concurrence plus rude, ce qui en général profite au consommateur.

Il existe actuellement en France cinq constructeurs qui proposent des robots, soit uni-stalle (ou mono-box) (Delaval, Lely et Packo-Fullwood), destinés à la traite de troupeaux n'excédant pas 65-70 vaches, soit multi-boxes (RMS et Insentec-Christensen), destinés à traire jusqu'à 220 vaches selon le nombre de stalles (de 1 à 5).

Les principes fondamentaux de fonctionnement des robots n'ont guère changé depuis leur apparition, mais de nombreuses fonctions et composants ont été améliorés dans leur efficacité et leur fiabilité. Sur les nouveaux modèles, la détection des trayons dans l'espace se fait maintenant grâce à plusieurs rayons lasers, ou un seul couplé à une caméra numérique. Les bras "poseurs" sont positionnés différemment et ont gagné en efficacité et en rapidité de pose des manchons trayeurs. Si le nettoyage des trayons reste uniforme quel que soit le niveau des souillures présentes sur les mamelles, des réglages plus fins, quartier par quartier, sont maintenant possibles.

1. LES ASPECTS SOCIAUX ECONOMIQUES

L'arrivée d'un robot de traite dans une exploitation laitière n'est jamais neutre car elle influence non seulement le travail de la traite, mais aussi les autres travaux d'astreinte et la vie de famille. Le choix et la motivation de l'éleveur donnent aussi des idées sur les attentes vis à vis du robot. En règle générale, les motivations d'achat des éleveurs sont des deux ordres : sociales pour plus des 2/3 d'entre eux et économiques pour 1/3 (Veyssset *et al.*, 2001 ; Meskens et Mathijs, 2002). Les principales attentes peuvent se résumer ainsi : un travail moins pénible, moins répétitif et laissant plus de temps libre. On peut aussi noter pour certains éleveurs une attirance pour tout ce qui touche aux techniques de pointe et une certaine fierté vis à vis de leur entourage et de leurs voisins. Les raisons économiques, même si elles sont moins nombreuses, sont également importantes et diverses : améliorer la conduite du troupeau, ne plus avoir de salariés et même, dans certains cas, permettre de développer une autre activité professionnelle.

Il a été mis en évidence un gain moyen de près de 20 % du temps d'astreinte total journalier de l'atelier laitier, ce qui correspond à 2 minutes par vache et par jour. Ce chiffre moyen cache cependant des différences importantes (-7 à +33 %). En effet, parmi les éleveurs enquêtés, certains ont employé ce temps à une autre activité (par exemple, un autre atelier d'élevage). Si l'on ne tient pas compte des ces élevages, le gain moyen est légèrement supérieur à 21 % (Mathijs, 2004). Ce gain correspond à environ 2 heures par jour pour un troupeau de 60 vaches avec un robot mono-box. Il a aussi été évalué par simulation à partir d'une enquête "à dire d'éleveurs" à 2,5 heures par jour (Veyssset *et al.*, 2001). Ces chiffres sont certainement un peu optimistes, bien que l'on puisse les retrouver chez certains possesseurs de robots. D'après Meskens et Mathijs, (2002), leur santé physique semble s'être améliorée pour plus de la moitié des éleveurs,

mais les effets du robot sur la santé psychique ou l'amélioration du sommeil sont plus discutables, même si l'on note quelques sentiments de mieux-être de ce côté là. Il reste en effet 20 à 25 % de réponses négatives, à rapprocher des cas où l'élevage est encore en phase de démarrage, ou quand des dysfonctionnements importants du robot ont été constatés.

Par contre, la grande majorité des éleveurs reconnaissent que le temps gagné et la suppression de l'astreinte de la traite leur permettent de passer plus de temps avec leur famille (83,7 %) et constatent une meilleure qualité de vie (68,9 %). Pour certains, ce temps gagné permet aussi d'avoir d'autres activités (sport, culture, etc.), également facteurs d'amélioration de la qualité de vie (62,1 %). Sur le plan de la qualité de vie, les attentes vis-à-vis du robot sont donc majoritairement satisfaites.

2. LES ACQUIS TECHNIQUES DES ROBOTS

2.1. ROBOTS ET PRODUCTION LAITIÈRE

Historiquement, en traite conventionnelle, il a toujours été admis que le passage de 2 à 3 traites par jour permettait un gain de production laitière. Il est par exemple compris entre 10 et 15 % pour Ipema et Benders (1992) ou entre 6 et 25 % pour Erdman et Varner (1995). Il semble qu'il en soit différemment pour les robots, même si des données non publiées du NRS (contrôle laitier néerlandais) font mention d'un gain moyen de 11,4 % de lait pour les éleveurs passant de 2 t/j (traites par jour) en traite conventionnelle à 2,8 t/j en moyenne au robot, mais sans analyser la part précise de l'augmentation du nombre de traites parmi les autres facteurs. En effet, des observations de terrain montrent que dans bien des cas le passage au robot, qui sert aussi de distributeur automatique de concentrés, entraîne une augmentation assez sensible de l'ingestion de ces aliments, qui pourrait expliquer en grande partie l'augmentation de la production. Dans des conditions normales, il semble plutôt raisonnable de compter sur une augmentation moyenne comprise entre 3 et 5 % (Veyssset *et al.*, 2001 ; Van der Vorst et Ouweltjes, 2003), même si ces derniers citent une fourchette comprise entre -16 % et +35 %. Enfin, Billon et Tournaire (2002), travaillant sur des lactations de plus de 200 jours avant (2 t/j) et après l'arrivée du robot (2,8 t/j en moyenne) n'ont pas mis en évidence de différence significative de production de lait (-0,7 %). Il semble donc bien que l'augmentation réelle de production de lait au robot due uniquement à l'augmentation du nombre de traites journalières soit relativement faible, en particulier à cause des différences d'intervalles de traite et des échecs de pose des manchons trayeurs qui s'accompagnent d'une perte de lait (élimination des premiers jets, lavage) (Pomiès et Lefevre, 2001).

2.2. ROBOTS ET QUALITE DU LAIT

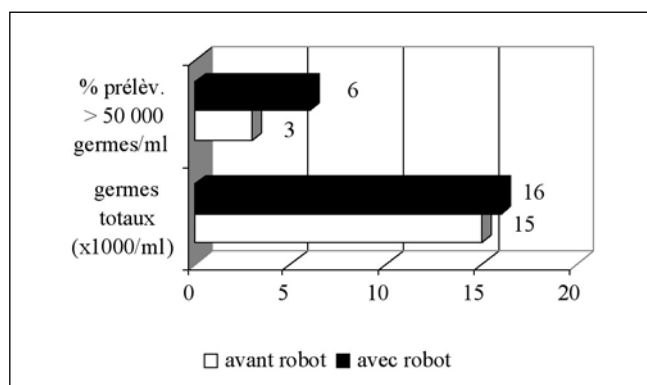
2.2.1. Composition du lait

En règle générale la traite robotisée entraîne une légère chute du taux butyreux, de l'ordre de 0,2 à 0,8 g/l, essentiellement due à l'accroissement de la fréquence de traite (Jellema, 1986 ; Klei *et al.*, 1997 ; Ipema et Schuiling, 1992 ; Billon et Tournaire, 2002). Pour le taux protéique la baisse est négligeable. De fait, compte tenu des grandes variations individuelles entre animaux, on ne peut pas dire que la traite robotisée pénalise vraiment la composition du lait.

2.2.2. Qualité bactériologique du lait

Bien que la traite robotisée utilise en grande partie les mêmes technologies que les installations conventionnelles, on a pu remarquer que la qualité bactériologique du lait traité avec des robots était souvent affectée, comparée aux résultats observés avant l'arrivée du robot dans les mêmes exploitations (Klungel *et al.*, 2000 ; Justesen et Rasmussen, 2000 ; Van der Host et Hogeveen, 2000 ; Pomiès et Bony, 2000 ; De Koning *et al.*, 2004). Cependant, dans la plupart des cas, cette détérioration est passagère et tout revient pratiquement à l'identique dans les 6 à 8 mois qui suivent l'introduction du robot. De Koning *et al.* (2004) ont mis en évidence un effet âge du robot, montrant ainsi que le temps permettait à la fois de se rendre compte des problèmes et aux constructeurs de mettre au point des technologies nouvelles afin d'essayer de les résoudre. Billon et Tournaire (2002) n'ont pas trouvé d'évolution négative du critère "germes totaux" moyen, mais un doublement significatif du nombre de prélèvements supérieurs à 50 000 germes totaux /ml sur une année (figure 1).

Figure 1 : évolution de la qualité bactériologique du lait avant et après l'arrivée du robot (d'après Billon et Tournaire, 2002)



La qualité bactériologique du lait dépend à la fois du nettoyage de l'installation de traite et de l'efficacité du nettoyage des trayons avant la traite. Les problèmes rencontrés sur ce dernier point ont au moins deux causes principales : la première est qu'un robot ne sait pas distinguer le degré de salissure de la peau des trayons et donc les nettoie de façon uniforme ; la seconde dépend à la fois du type de technologie de nettoyage des trayons (donc du type de robot) et de l'élevage. Knappstein *et al.* (2004), comparant 6 systèmes de nettoyage des trayons, ont montré non seulement des différences évidentes entre marques, mais aussi des résultats variables d'une ferme à l'autre pour un même système.

Le nettoyage de la partie "machine à traire" est réalisé, selon les marques, soit par un automate classique, soit à l'aide d'un système à eau bouillante. Selon les modèles et le nombre de stalles, il dure de 37 à 130 min/j et consomme entre 284 et 495 l/j d'eau (Schuiling, 2004).

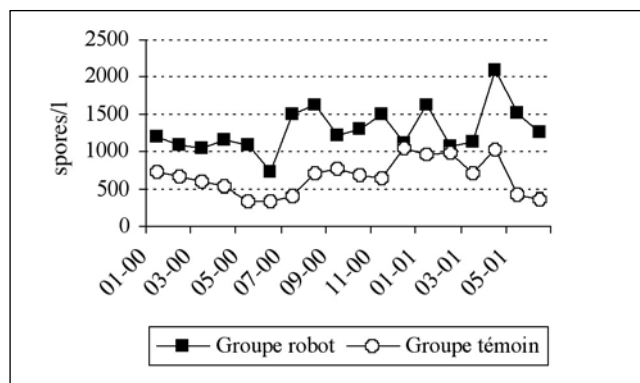
Des études particulières ont été menées dans le but d'optimiser le nombre quotidien de nettoyages complets de la machine à traire, dans le respect des exigences de qualité du lait (Verheij, 1992 ; Schuiling, 2004). Lorsque trois nettoyages par jour sont réalisés au lieu des deux traditionnels, les résultats sont significativement meilleurs pour les germes totaux, mais aussi pour les germes spécifiques du type coliformes, thermorésistants et même

psychrotrophes. Cependant, même avec deux nettoyages, les résultats se situent, en règle générale, bien en deçà des limites autorisées pour le paiement du lait. Trois nettoyages pourraient donc être plutôt conseillés dans des conditions spécifiques : périodes chaudes à risque ou grande distance entre la pompe à lait et la cuve de réfrigération par exemple.

2.2.3. Spores butyriques

Le critère "spores butyriques" ne semblant pas fondamental dans les pays d'Europe du nord, peu de travaux ont été réalisés sur ce sujet. Les études françaises (Pomiès et Lefeuvre, 2001 ; Billon et Tournaire, 2002) ont montré une réelle dégradation du nombre de spores butyriques dans le lait (respectivement +59 et +30 %), variable selon les années et la façon dont les ensilages ont été réalisés. La figure 2 montre ainsi l'évolution sur 18 mois du nombre de spores entre des installations robotisées et un groupe de fermes aux caractéristiques identiques en traite conventionnelle.

Figure 2 : évolution durant 18 mois des spores butyriques dans les installations robotisées en comparaison avec un groupe témoin (d'après Billon et Tournaire, 2002)



La contamination initiale des trayons entre fermes est apparue souvent comme ayant une incidence plus importante que le système de nettoyage lui-même. Ceci a été au moins partiellement confirmé par Melin *et al.* (2004) qui ont mis en évidence l'efficacité, sur les spores butyriques, d'un système de nettoyage des trayons avec un gobelet spécifique, obtenant même des résultats meilleurs qu'avec un classique nettoyage manuel.

2.2.4. Acides gras libres et lipolyse du lait

L'augmentation de la lipolyse du lait avec la traite robotisée constitue certainement l'une des conséquences majeures de l'introduction de cette technologie dans les fermes. Cependant, avant l'arrivée des robots, il avait déjà été observé une augmentation de la lipolyse consécutive au passage de 2 traites à 3 traites par jour dans des installations conventionnelles (Jellema, 1986 ; Ipema et Schuiling, 1992 ; Svennersten-Sjaunja *et al.*, 2002). Avec l'arrivée de la traite automatisée, ce problème a rapidement été de nouveau signalé (Klungel *et al.*, 2000 ; Pomiès et Bony, 2000 ; Van der Vorst et Koning, 2002). Billon et Tournaire (2002) ont chiffré cette augmentation moyenne à 39 % dans des exploitations venant d'acquérir un robot et ont constaté un niveau toujours supérieur par rapport à un groupe témoin d'exploitations identiques (figure 3).

Slaghuis *et al.* (2004) ont mis en évidence que la cause principale de cette lipolyse était la réduction de l'intervalle moyen entre traites, résultant de l'augmentation de la fréquence de traite (tableau 1).

Cependant, il ne faut pas oublier que certains modèles de robots laissent entrer de l'air dans les canalisations de lait en plus grande quantité que la norme ne le prévoit. C'est aussi un facteur d'augmentation des AGL du lait, parfois conjugué à un effet "animal" ou à un problème d'alimentation.

Figure 3 : évolution durant 18 mois de la lipolyse dans les installations robotisées comparée avec un groupe témoin (d'après Billon et Tournaire, 2002)

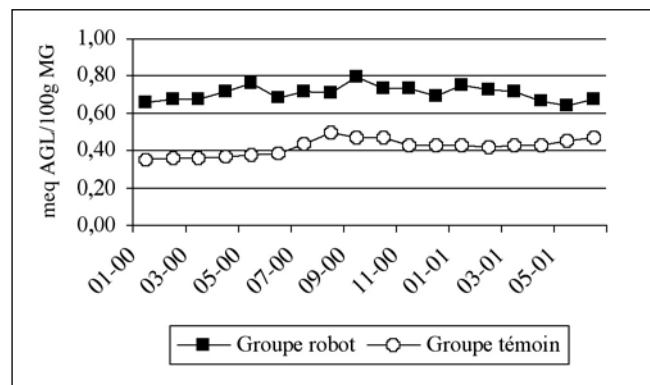


Tableau 1 : influence de la fréquence de traite sur la teneur en AGL des laits traités au robot (meq AGL/100g MG) (d'après Slaghuis *et al.*, 2004)

Traites (/j)	6	3	2
Stockage 0 h	0,20 ^a	0,19 ^{ab}	0,15 ^b
Stockage 24 h	1,23 ^a	0,71 ^b	0,42 ^c
Différence (= lipolyse)	0,97 ^a	0,49 ^b	0,25 ^c

Les valeurs suivies de lettres différentes dans chaque lignes sont significativement différentes (p<0,05)

2.2.5. Cryoscopie du lait

Les robots de traite possédant de nombreuses phases de nettoyage (rinçage de gobelets après chaque vache, lavage court après la traite des vaches sous antibiotiques ou en phase colostrale, etc.) et parfois des imperfections de drainage, certains auteurs ont signalé une augmentation du point de congélation du lait (Klungel *et al.*, 2000 ; Van der Vorst et Hogeveen, 2000 ; De Koning et Rodenburg, 2004). *A contrario*, Pomiès et Bony (2000) et Billon et Tournaire (2002), n'ont pas mis en évidence d'influence de la traite robotisée sur le mouillage du lait. Ils concluent que si l'installation est suffisamment bien drainée, ce qui relève de l'art de l'installateur, l'influence du robot sur la cryoscopie du lait doit être négligeable.

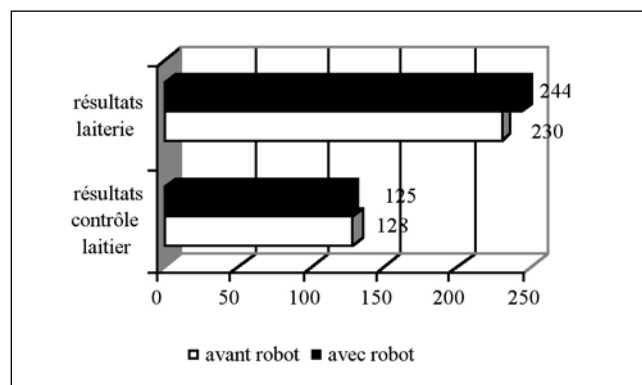
2.2.6. Santé des animaux

De nombreuses études se sont penchées, en priorité, sur l'influence de la traite robotisée sur la concentration en cellules somatiques (CCS) du lait (Van der Vorst et Hogeveen, 2000 ; Berglund *et al.*, 2002 ; Rasmussen *et al.*, 2002 ; Poelarends *et al.*, 2004). La tendance générale est une dégradation de la CCS dans les 6-8 mois qui suivent la mise en route du robot et un retour à la situation antérieure, voire une amélioration par la suite, à condition que le robot fonctionne bien et que l'éleveur se donne les moyens de bien gérer le troupeau sur ce plan. Par contre, Pomiès et Lefevre (2001) avaient plutôt noté une tendance à l'amélioration de la CCS des vaches traitées 3 fois/j au robot par rapport à celles traitées 2 fois/j en salle de traite. Enfin Billon et Tournaire (2002), sur 46 exploitations, n'ont pas trouvé de différences de CCS moyenne entre les résultats du contrôle laitier (animaux individuels) et les résultats de la laiterie

(tank), avant et après la mise en route de l'installation robotisée (figure 4). Cependant, l'analyse plus fine de la population montre que les élevages avec les plus hautes CCS avant l'arrivée du robot ont vu leurs résultats se dégrader, alors que ceux qui avaient régulièrement des résultats corrects ne subissaient aucune influence, voire constataient une légère amélioration. Ceci concorde avec les résultats de Zeconi *et al.* (2004) qui ne mesurent pas de différence de CCS si le troupeau est sain, mais observent une augmentation progressive significative dans un troupeau infecté par *Staphylococcus aureus*.

En Europe, dans les 5 à 10 % de cas où l'implantation d'un robot a été un échec, le nombre de cellules somatiques et de mammites cliniques a en général considérablement augmenté, jusqu'à atteindre des niveaux non acceptables pour l'éleveur. Si ces échecs sont souvent liés à des problèmes d'installation du robot, il semble aussi exister des disparités de réactions entre les animaux d'un même troupeau lors du passage à la traite robotisée. Ainsi, l'étude de Poelarends *et al.* (2004) a mis en évidence que l'augmentation de CCS la plus importante était observée pour les vaches de moins de 60 jours de lactation, ainsi que pour les 2^e et 3^e lactations. Par contre aucune différence n'était remarquée pour les primipares et pour les animaux les plus âgés. Ces auteurs concluent donc qu'une attention particulière doit être apportée aux vaches fraîches vêlées lors de l'introduction du robot.

Figure 4 : Evolution de la concentration en cellules somatiques moyenne (x1000/ml) (d'après Billon et Tournaire, 2002)



Hillerton *et al.* (2004), étudiant l'arrivée de robots dans une quinzaine de fermes en Angleterre, aux Pays-Bas et au Danemark, n'ont pas mis en évidence de variation de l'état corporel des vaches due à la traite robotisée, pourvu que les animaux continuent à être bien alimentés. Par contre, lorsque l'introduction d'un robot s'accompagne d'un temps de stabulation plus long, ce qui signifie moins (ou plus du tout) de sorties au pâturage, le nombre de boiteries augmente. Dans ces élevages, on a également observé une légère augmentation de l'intervalle vêlage-vêlage (+10 jours). Par contre, Billon et Tournaire (2002) ont rapporté, à dire d'éleveur et sur environ 1/4 des exploitations enquêtées, une légère amélioration de la fécondité, due semble-t-il à l'utilisation de systèmes de mesure de l'activité des vaches en stabulation (podomètres) et à une meilleure surveillance des chaleurs, rendue possible par le temps dégagé par l'absence de la traite en salle.

L'état des trayons est également un critère important de la santé des vaches et d'un éventuel effet néfaste de la traite.

Dans les 15 fermes des Pays-Bas évoquées précédemment, Neijenhuis *et al.* (2004) ont noté l'état des trayons avant l'arrivée du robot, 1 à 2 mois plus tard et 1 an après. Ils enregistrent une diminution de l'hyperkératose et une amélioration générale de l'état des trayons, sauf pour les vaches ayant des intervalles de traite inférieurs à 4 heures.

2.2.7. Transformation fromagère du lait

Bien que, comme nous venons de le voir, des différences existent entre les laits issus d'installations robotisées et conventionnelles, les travaux italiens sur des fromages à affinage long du type *Grana Padano* n'ont pas mis en évidence de modifications des *process* de fabrication ou de qualité des fromages (Pirlo *et al.*, 2004 ; Giangiacomo, 2004). Le robot reste pourtant interdit dans de grandes filières fromagères AOC, soit parce qu'il ne permet pas de respecter le cahier des charges (mélange du lait de plusieurs traites), soit pour des craintes en terme d'image (réduction du pâturage) ou en terme de qualité du lait (spores butyriques), ce qui semble justifié pour des animaux nourris à l'ensilage et dont le lait sert à la fabrication de fromages à pâte pressée cuite.

2.3. ROBOTS ET LAITS ANORMAUX

La directive européenne 89/362/EEC de 1989 stipule qu'*avant la traite d'une vache le trayeur doit inspecter l'apparence de son lait, et que s'il détecte la moindre anomalie ce lait ne doit pas être commercialisé*. A l'évidence cela n'est pas réalisé avec un robot de traite. Il apparaît donc nécessaire d'équiper les robots de dispositifs suffisamment précis pour écarter du tank d'éventuels laits anormaux. Cela se fait déjà par simple programmation du logiciel du robot, quand l'éleveur sait que l'animal est malade, sous antibiotiques ou en phase colostrale. C'est évidemment plus difficile quand survient un accident soudain, par définition non prévu, comme par exemple une mammitte. L'absence de définition des laits "anormaux" au niveau européen a finalement conduit un groupe d'experts internationaux à en proposer une, basée sur la présence de grumeaux dans le lait. Ceci revient à privilégier les problèmes provenant de vaches ayant des mammites cliniques et/ou sub-cliniques, qui sont bien entendu la principale source d'anomalies. Cependant, les systèmes actuels mesurant la conductivité du lait ne sont pas suffisamment précis pour servir de signal et écarter en temps réel ces laits anormaux, avant leur arrivée dans le tank (Rasmussen, 2004). Une augmentation de la sensibilité des dispositifs est nécessaire (afin de réduire la non prise en compte des laits anormaux), mais elle se fait en général au détriment de leur spécificité (pourcentage de laits normaux considérés comme tels). Ceci conduit à l'élimination trop importante de laits propres à la consommation, situation difficilement acceptable par les éleveurs. De nouveaux capteurs sont donc actuellement en cours de développement afin d'améliorer la détection des infections mammaires, et susceptibles de fournir en temps réel les indications nécessaires pour écarter le lait du tank. Des capteurs de conductivité de nouvelle génération, avec amélioration des algorithmes de calculs (logique floue), s'affranchissant des facteurs de variations externes (stade de lactation, intervalle entre traites, température, matière grasse, dépôt sur les capteurs) ont été mis au point. L'un d'eux, en Nouvelle-Zélande, a montré une sensibilité de 92 % et une spécificité de 95 % ; monté sur 4 robots au Danemark, la sensibilité est descendue à 80 % avec une spécificité de 93 % (Mein *et al.*, 2004).

D'autres principes que la conductivité sont également étudiés. L'un d'entre eux, mis au point en Nouvelle-Zélande, est basé sur la réaction entre un tensioactif anionique et l'ADN des protéines des cellules somatiques, comme le fait le test CMT (*California Mastitis Test*) bien connu des éleveurs (Whyte *et al.*, 2004^a). C'est en fait un CMT automatique, *on-line*, qui devrait permettre une bonne précision et dont les premiers résultats en laboratoire et sur robot sont très encourageants. D'autres capteurs sont en préparation pour la détection des grumeaux dans le lait par caméra (Maassen-Francke *et al.*, 2004), ou des bio-capteurs analysant la LDH (lactate déshydrogénase) ou l'amyloïde A (MAA), substances dont la variation soudaine dans le lait marque le déclenchement d'une infection bien avant l'arrivée des cellules somatiques (Chagunda *et al.*, 2005 ; Petersen *et al.*, 2005). Il existe également sur le marché au moins un appareil dont le principe de fonctionnement est très voisin de celui du Fossomatic qui permet de compter les cellules dans le lait avec une très bonne précision, qui pourrait s'adapter aux robots (Billon *et al.*, 2005) Enfin, on peut signaler que l'analyse optique du sang dans le lait fait toujours l'objet de développements (Whyte *et al.*, 2004^b), avec de très bons résultats (sensibilité de 100 % et spécificité de 99,6 %).

2.4. CIRCULATION DES ANIMAUX ET FREQUENTATION DU ROBOT

Ces deux notions fondamentales ont largement été étudiées, par les constructeurs puis par les chercheurs (Ketelaar-de Lauwere *et al.*, 1998 ; Hogeveen *et al.*, 1998 ; De Koning et Oweltjes, 2000 ; Ipema et Stefanowska, 2000 ; Harms *et al.*, 2002 ; Thune *et al.*, 2002 ; Munksgaard *et al.*, 2002). La circulation des animaux conditionne en effet la fréquentation du robot. Durant les années 1992-2003, tous les raisonnements étaient centrés sur la façon "d'optimiser" le robot, pour un objectif de 3 traites par jour par vache (t/j/vl). Deux types de circulation à l'intérieur de la stabulation étaient préconisés, dépendant le plus souvent de la politique du constructeur.

Le premier type de circulation est dite "dirigée" : une vache doit impérativement passer par le robot si elle veut se déplacer de l'aire de couchage à l'aire d'alimentation. Ce type de circulation, qui oblige à créer une aire d'attente pour 8 à 10 vaches avant le robot, peut perturber les animaux de rangs hiérarchiques les moins élevés qui attendent leur tour en présence de dominants. Cependant, il limite le nombre de vaches à "pousser", c'est-à-dire à aller rechercher dans la stabulation en fin de journée pour éviter de trop grands intervalles de traite.

Au contraire, la circulation "libre" laisse aux vaches un libre accès au robot, comme à n'importe quel endroit de la stabulation. Ce type de circulation est réputé meilleur pour le bien-être des animaux : les files d'attente devant le robot sont pratiquement inexistantes, mais il y a plus de vache à "pousser". Depuis peu sont arrivées sur le marché des portes de sélection (ou de tri) qui possèdent un système d'identification relié au logiciel du robot. Ce dernier est donc capable de savoir si une vache qui se présente devant cette porte doit ou non être traitée, et la dirige selon la réponse soit vers le robot soit vers l'aire d'alimentation. Ces portes fonctionnent également de façon efficace lorsque les animaux doivent être dirigés vers la pâture après une visite

au robot. On parle alors de circulation libre contrôlée, ou de circulation avec pré-sélection ou encore de circulation inversée. Ce dernier type limite les visites sans traite au robot et le nombre de vaches à "pousser", mais pas les files d'attente, sauf si l'on dispose de plusieurs portes permettant de mieux canaliser les animaux en amont du robot.

Des observations ont permis de s'apercevoir que les éleveurs se recréaient des contraintes en "poussant" leurs vaches vers le robot, craignant qu'une diminution du nombre de traites quotidiennes ne soit préjudiciable à la production laitière. Or, on a montré que la multiplication des visites entraînait surtout l'augmentation des temps non productifs, pendant lesquels le robot ne traite pas. Ajouté au fait que l'espérance d'un gain de productivité laitière est faible avec 3 t/j/vl, il est de plus en plus recommandé de baisser l'objectif de fréquentation à 2,3-2,5 t/j/vl. Dans ce cas, les vaches viennent moins souvent au robot mais y restent plus longtemps. De même, quand les intervalles de traite supérieurs à 12 heures sont rares et ne concernent que des vaches faibles productrices ou en fin de lactation, il semble plus judicieux de ne pas les "pousser" vers le robot, mais plutôt les laisser faire seules, quitte à ne réaliser que 3 traites en 48 heures par exemple. Sur ce sujet, il reste des études complémentaires à entreprendre afin de définir les critères de meilleure productivité des robots.

2.5. ROBOTS ET BIEN-ETRE ANIMAL

Le bien-être des vaches laitières dépend de nombreux facteurs tels que leurs conditions de vie et leur conduite (soins, logement, affouragement, abreuvement, traite) mais aussi des interrelations entre les animaux. L'arrivée d'un robot dans une exploitation laitière peut bouleverser tout ou partie de ces facteurs, se traduisant par de simples changements de comportement, une baisse de production, voire des maladies. Les études réalisées n'ont pas permis de mettre en évidence des effets négatifs très marqués de la traite robotisée sur le bien-être des vaches (Hopster *et al.*, 2000 ; Wiktorsson et Sorensen, 2004 ; Lexer *et al.*, 2004 ; Neuffer *et al.*, 2004), à l'exception de Wenzel *et al.* (2003) qui observent plus de mouvements, une fréquence cardiaque plus élevée et plus de cortisol au robot.

3. LES ROBOTS ET LE PATURAGE

Bien que les premières enquêtes françaises aient révélé que la traite robotisée entraînait une forte diminution du nombre d'élevages pratiquant le pâturage dit "vrai", c'est à dire avec au moins 20 ares par vaches, un temps de pâturage continu ou presque sur la journée et pas de distribution de fourrage conservé pendant cette période (Prugnard, 2000 ; Billon et Tournaire, 2002), de nombreuses études ultérieures (voir plus bas) ont montré que le pâturage restait possible avec un robot, pourvu que les zones de pâture soient facilement accessibles aux animaux à partir de la stabulation.

3.1. LES EXPERIENCES ETRANGERES

Il existe des différences importantes dans la notion même de pâturage entre les pays et les différentes études, qui se traduisent par des durées de pâturage très variables d'une ferme à l'autre selon la configuration de l'élevage et la conduite adoptée (Spörndly *et al.*, 2004 ; Munksgaard et Sondergaard, 2004 ; Van Dooren *et al.*, 2004 ; Krohn, 2004). Etrangement, aucune étude ne fait allusion à la surface de

pâturage par vache ou pour le troupeau, mais plutôt au temps passé en dehors de la stabulation, si bien qu'il reste toujours difficile d'avoir une idée sur la véritable conduite du troupeau durant cette période. Par exemple, les temps d'accès à la pâture varient de 5 à 24 h/j, ce qui est parfois très restreint. Au Danemark, où la durée de pâturage se situe entre 5,4 et 20,6 h/j, la fréquence de traite varie de 2,1 à 2,8 t/j. Une autre étude, menée aux Pays-Bas, a mis en évidence les chiffres suivants : 2,3 t/j/vl pour un accès au pâturage de 24 h/j et 2,5 t/j/vl pour un accès de 12 h/j (comparé à une moyenne de 2,8 t/j/vl en période hivernale). Une exception existe en Nouvelle-Zélande avec le projet "Greenfield", qui essaye d'adapter la traite robotisée au pâturage intégral néo-zélandais bien connu. Le dispositif, qui comprend deux robots, repose sur une zone de tri située au milieu des pâtures, dans laquelle se trouve l'abreuvoir. Un fois les vaches entrées dans cette unité de sélection, soit elles sont dirigées vers le robot (où elles reçoivent 1 kg d'orge), soit elles retournent vers la zone de pâturage. Les vaches sont autorisées à changer de pâture après 8 h du matin et après 20 h. Le troupeau est composé de 160 vaches qui pâturent 46 hectares d'herbe toute l'année. L'expérience montre que les vaches peuvent parcourir des distances allant jusqu'à 1,8 km aller-retour et que la fréquentation du robot est pratiquement constante nuit et jour, avec une baisse entre 2 et 6 h du matin. Ce projet a pour but essentiel de montrer que la traite robotisée peut aussi être adaptée à des conditions d'élevage très extensives et ne pas reposer sur un nombre de traites journalier élevé, puisque l'objectif est d'arriver à environ 1,3 t/j/vl avec un troupeau de 100-110 vaches et un seul robot (Woolford *et al.*, 2004).

Les effets de la distance entre la pâture et la stabulation sur la fréquentation et le nombre total de visites au robot ont largement été étudiés (Katelaar-de Lauwere *et al.*, 2000 ; Van Dooren *et al.*, 2002 et 2004). Il semble que l'effet de la distance soit limité jusqu'à 400-500 m, mais si l'on passe à 1 km, on diminue significativement le nombre de traite de 0,18 t/j/vl et on augmente le nombre de vaches à "pousser" de 14 % (Van Dooren *et al.*, 2002). Il faut souligner que toutes ces études ont été réalisées avec une part plus ou moins importante de fourrage conservé laissé à disposition des animaux dans la stabulation.

Enfin, s'il est souvent recommandé de ne laisser des abreuvoirs que dans la stabulation afin d'y attirer les vaches, Spörndly et Wredle (2002) ont montré que cela ne modifiait pas les quantités bues, la production laitière et la fréquentation du robot. Ces auteurs n'ont mis en évidence qu'une légère augmentation de la fréquentation du robot (+0,2 t/j/vl) pour les animaux abreuvés uniquement dans l'étable, quand ils devaient parcourir les plus longues distances en provenance de la pâture.

3.2. LE CAS FRANCAIS

Une enquête réalisée dans 25 fermes du Grand Ouest de la France a montré que les éleveurs équipés de robots pratiquent le pâturage avec un certain succès (Fromont, 2004). Toutefois, il leur faut accepter une baisse de la fréquence de traite de l'ordre de 0,5 t/j/vl par rapport à la période hivernale. Cela n'entraîne pas de diminution de la production laitière, puisqu'il a été observé au contraire un effet significativement positif (+1 kg/vl/j) dû au pâturage lui-même, ce qui est un phénomène bien connu. Cela prouve

seulement que la combinaison robot-pâturage ne perturbe pas la production laitière. Aucune pratique particulière ne s'est signalée par des résultats exceptionnels en terme de fréquence de traite ou de production laitière. Toutefois, pour maintenir un rythme de deux traites quotidiennes, l'aménagement des accès aux prairies et de la circulation entre le bâtiment et la pâture est nécessaire. L'étude a aussi montré une légère diminution de la fréquentation (-0,2 t/j/vl) quand la distance à parcourir est supérieure à 600 m, mais sans effet sur la production de lait. La localisation de l'eau à la pâture ou uniquement dans la stabulation ne modifie pas la fréquence de traite. Quant à la fréquence de recherche des animaux à la pâture pour les "pousser" vers la stabulation, elle ne semble jouer qu'un rôle marginal sur la fréquentation. Concernant le travail, les tâches à réaliser quotidiennement au pâturage par les éleveurs ne sont ni plus ni moins importantes que celles rencontrées en stabulation ; elles sont simplement de nature différente. Néanmoins, beaucoup d'éleveurs perdent en flexibilité du travail, en s'imposant des contraintes horaires pour la recherche des animaux dans les pâtures.

Rappelons enfin que dans la majorité des cas, la complémentation fourragère occupe encore une place importante dans la ration (50 %). Toutefois, la fermeture du silo pratiquée par quelques élevages entraîne une légère diminution de la fréquentation (-0,3 t/j/vl) tandis que le pâturage illimité (24 h sur 24) donne de meilleurs résultats (+0,3 t/j/vl) que le pâturage restreint.

4. UN PEU D'ECONOMIE

L'achat d'une installation de traite robotisée n'est pas une chose anodine sur le plan économique. Il est vrai que si l'on compare son prix avec celui d'une salle de traite destinée à traire le même nombre de vaches en 1 heure (par exemple une salle de traite épi 2x6 postes pour 60 vaches), équipée de toutes les technologies présentes sur le robot et d'un DAC, l'écart de prix se réduit considérablement mais reste en faveur de la salle de traite. Une simulation de Veysset *et al.* (2001) a montré que ce différentiel pouvait même devenir favorable au robot en cas de suppression de la main d'œuvre salariée qui réalise la traite et d'une augmentation de production laitière de 10 %. Cependant, cette simulation ne tient pas compte du prix toujours élevé du contrat d'entretien maintenant rendu pratiquement obligatoire, de celui des pièces détachées et des coûts de déplacement des techniciens de maintenance. De plus, il faut signaler que la suppression de main d'œuvre salariée, outre son aspect social négatif, reporte en général le travail qui n'est pas fait par le robot sur le chef d'exploitation ou le responsable de l'élevage, ce qui va à l'encontre du but recherché. Enfin, comme nous l'avons déjà évoqué, l'augmentation de la production laitière retenue dans la simulation n'est pas formellement démontrée et semble plutôt liée à un changement du mode de distribution du concentré et/ou une augmentation des quantités distribuées, ce qui renchérit le prix de revient du litre de lait. Pour limiter cette dérive, il convient avant tout de bien maîtriser le système fourrager en privilégiant autant que faire se peut l'herbe au détriment des fourrages conservés, toujours plus chers à produire. Cependant, comme nous l'avons vu précédemment, l'achat d'un robot se fait moins sur des critères économiques que pour des raisons de "confort". L'annuité générale générée par un robot étant

d'environ 1,5 à 2 fois celle d'une installation classique, c'est le prix à payer pour la levée de l'astreinte de la traite biquotidienne toute l'année. Si la conduite du troupeau reste identique, cela représente environ 0,03 à 0,04 € par litre de lait pendant 10 ans (durée d'amortissement retenue), pour un quota de 540 000 litres. Reste à savoir si la situation économique des exploitations le permet.

CONCLUSION

En France, comme dans le reste de l'Europe, le robot de traite s'implante peu à peu dans les exploitations laitières pour remplacer une main d'œuvre qualifiée de plus en plus difficile à trouver, mais surtout pour répondre aux aspirations fortes des éleveurs à une meilleure qualité de vie. Une diminution du prix des machines et une confirmation de leur fiabilité pourrait permettre aux élevages de taille familiale, les plus concernés par le problème d'astreinte de traite, de s'équiper en nombre.

Mais l'avenir du robot passe aussi par les progrès techniques à réaliser dans la détection des laits anormaux et par le maintien, voire le renforcement, de son utilisation avec des vaches au pâturage, afin de ne pas nuire à l'image de qualité du produit et de bien être des animaux qu'ont, de la filière laitière, les consommateurs.

Berglund I., Petterson G., Svennersten-Sjaunja K., 2002. *Livest. Prod. Sci.*, 78, 115-124

Billon P., Tournaire F., 2002. Rapport Institut de l'Elevage, Journées techniques des 8, 12 et 14 mars 2002, 17-31

Billon P., Roussel P., Gaudin V. et Huneau T., 2005. Comptes rendus Institut de l'Elevage n°140531014, 24p.

Chagunda M.G.G., Larsen T., Bjerring M., Ingvarsten K.L., 2005. *Mastitis in dairy production: current knowledge and future solutions.* Wageningen Academic Publisher, 445-448

De Koning K., Oweltjes W., 2000. *Robotic Milking. Proc Intern. Symp. Wageningen Pub.*, 38-46

De Koning K., Rodenburg J., 2004. *Automatic milking, a better understanding.* Wageningen Academic Publisher, 27-37

De Koning K., Slaghuis B., van der Vorst Y., 2004. *Automatic milking, a better understanding.* Wageningen Academic Publisher, 311-320

Erdman R.A., Varner M., 1995. *J. Dairy Sci.*, 78, 1199-1203

Fromont G., 2004. Mémoire de fin d'études, ENITA de Clermont-Ferrand, 60p

Giangiacomo R., Cattaneo T.M.P., Contarini G., Abeni F., Cozani G., 2004. *Automatic milking, a better understanding.* Wageningen Academic Publisher, 364

Harms J., Wendl G., Schön H., 2002. *Proc. of the first North American Conference on Robotic Milking.* Wageningen Pers, II8-II14

Hillerton J.E., Dearing J., Dale J., Poelarends J.J., Neijenhuis F., Sampimon O.C., Miltenburg J.D.H.M., Fossing C., 2004. *Automatic milking, a better understanding.* Wageningen Academic Publisher, 125-134

Hogeveen H., van Lent A.J.H., Jagtenberg C.J., 1998. *Proc. of the fourth Intern. Dairy Housing Conference,* St Louis, Missouri, 80-87

Hopster H., Bruckmaier R.M., Van der Werf J.T.N., Korte S.M., Macuhova J., G. Korte-Bouws G., van Reenen C.G., 2002. *J. Dairy Sci.*, 85, 3206-3216.

Ipema A.H., Benders E., 1992. *Proc Intern. Symp. on prospects for Automatic Milking.* EAAP Publications 65, 244-252

Ipema A.H., Schuiling E., 1992. *Proc Intern. Symp. on prospects for Automatic Milking.* EAAP Publications 65, 491-496

Ipema A.H., Stefanowska J., 2000. *Robotic Milking. Proc Intern. Symp. Wageningen Pub.*, 62-63

- Jellema A., 1986. *Milchwissenschaft*, 41, 553-558
- Justesen P., Rasmussen M.D., 2000. *Robotic Milking. Proc Intern. Symp. Wageningen Pub.*, 83-88
- Ketelaar-de Lauwere C.C., Hendricks M.M.W.B., Metz J.H.M., Schouten W.G.P., 1998. *Appl. Anim. Behaviour Sci.*, 56 (1), 13-28
- Katelaar-de Lauwere C.C., Ipema A.H., van Ouwerkerk E.N.J., Hendricks M.M.W.B., Metz J.H.M., Noordhuizen J.P.T.M., Schouten W.G.P., 2000. *Appl. Anim. Behaviour Sci.*, 64 (2), 91-109
- Klei L.R., Lynch J.M., Barbano D.M., Oltenacu P.A., Lednor A.J., Bandler D.K., 1997. *J. Dairy Sci.*, 80, 427-436
- Klungel, G.H., Salghuis, B., Hogeveen, H., 2000. *J. Dairy Sci.*, 83, 1998-2003
- Knapstein K., Roth N., Slaghuis B., Ferwerda-Van Zonneveld R., Walte H-G., Reichmuth J., 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 83-93
- Krohn C., 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 304
- Lexer D., Hagen K., Palme R., Troxler J., Waiblinger S., 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 389-393
- Maassen-Francke B., Wiethoff M., Suhr O., Clemens C., Knoll, A., 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 251
- Mathijs E., 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 46-55
- Mein G.A., Sherlock R.A., Claycomb R.W., 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 252-253
- Melin M., Wiktorsson H., Christianson A., 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 117
- Meskens L., Mathijs E., 2002. *EU Project Automatic milking (QLK5-2000-310006) deliverable D2*, 16p
- Munksgaard L., Rushen J., De Pasillé A.M., Krohn C.C., 2000. *Proc. of the first North American Conference on Robotic Milking. Wageningen Pers*, II51-II55
- Munksgaard L., Sondergaard M., 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 286-291
- Neijenhuis F., Bos K., Sampimon O.C., Poelarends J.J., Hillerton J.E., Fossing C., Dearing J. 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 141-147
- Neuffer I., Hauser R., Gygas L., Kaufmann C., Weschler B., 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 394-399
- Petersen H.H., Gardner I.A., Rossitto P., Larsen H.D., Heegaard P.M.H., 2005. *Mastitis in dairy production: current knowledge and future solutions. Wageningen Academic Publisher*, 473-476
- Pirlo G., Bertoni G., Giangiacomo R., 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 335-340
- Poelarends J.J., Sampimon O.C., Neijenhuis F., Miltenburg J.D.H.M., Hillerton J.E., Dearing J., Fossing C., 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 148-154
- Pomiès D., Bony J., 2000. *Robotic Milking. Proc Intern. Symp. Wageningen Pub.*, 122-123
- Pomiès D., Lefeuvre N., 2001. 8^{èmes} Renc. Rech. Rum., 263
- Prugnard E., 2000. Mémoire de fin d'études, ENITA de Clermont-Ferrand, 81p
- Rasmussen M.D., Bjerring M., Justensen P., Jepsen L., 2002. *J. Dairy Sci.*, 85, 2869-2878
- Rasmussen M.D., 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 189-197
- Schuiling E., 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 94-100
- Slaghuis B.A., Bos K., de Jong O., Tudos A.J., te Giffel M.C., de Koning K., 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 341-347
- Spörndly E., Wredle E., 2002. *Proc. of the first North American Conference on Robotic Milking. Wageningen Pers*, III76-III77
- Spörndly E., Krohn C., van Dooren H.J., Wiktorsson H., 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 263-272
- Svennersten-Sjaunja K., Persson S., Wiktorsson H., 2002. *Proc. of the first North American Conference on Robotic Milking. Wageningen Pers*, V43-V48
- Thune R.O., Berggren A.M., Gravas L., Wiktorsson H., 2002. *Proc. of the first North American Conference on Robotic Milking. Wageningen Pers*, II45-II 48
- Van der Vorst Y., Hogeveen H., 2000. *Robotic Milking. Proc Intern. Symp. Wageningen Pub.*, 73-82
- Van der Vorst Y., Ouweltjes W., 2003. *Report 28. Research Institute for animal husbandry. The Netherlands*
- Van Dooren H.J., Spörndly E., Wiktorsson H., 2002. *EU project Automatic milking (QLK5-2000-310006) deliverable D25*, 28p
- Van Dooren H.J., Heutinck L.F.M., Biewenga G., Zonderland J.L., 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 292-297
- Verheij J.G.P., 1992. *Proc Intern. Symp. on prospects for Automatic Milking. EAAP Publications* 65, 175-178
- Veysset P., Wallet P., Prugnard E., 2001. *INRA Prod. Anim.*, 14 (1), 51-61
- Wenzel C., Schönreiter-Fischer S., Unshelm J., 2003. *Livest. Prod. Sci.*, 83, 237-246
- Whyte D.S., Orchard R.G., Cross P., Frietsch T., Claycomb R.W., Mein G.A., 2004a. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 235-240
- Whyte D.S., Orchard R.G., Cross P., Wilson A., Claycomb R.W., Mein G.A., 2004b. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 241-242
- Wiktorsson H., Sorensen J.T., 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 371-381
- Woolford M.W., Claycomb R.W., Jago J., Davis K., Ohnstad I., Wieliczko R., Copeman P.J.A., Bright K., 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 280-285
- Zecconi A., Piccinini R., Casirani G., Binda E., Migliorati L., 2004. *Automatic milking, a better understanding. Wageningen Academic Publisher*, 161-167