

La récolte du lait

de la mécanisation à l'informatisation

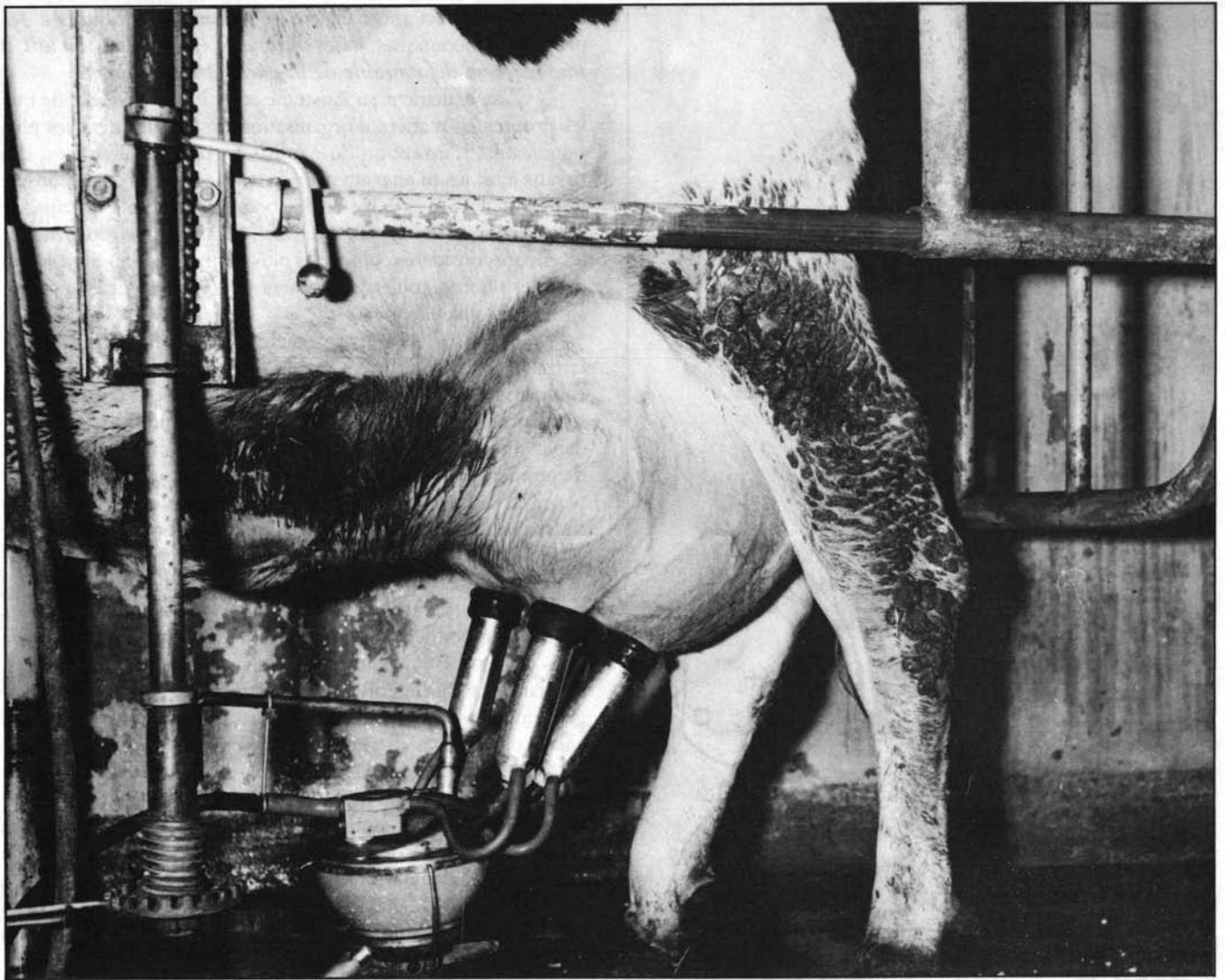
Jean-Bernard Montalescot

E NCORE largement pratiquée en France, il y a seulement vingt ans, la traite manuelle est universellement considérée comme une opération pénible et fastidieuse.

Si les études sur cet aspect sont rares, c'est sans doute que les spécialistes considèrent ce fait comme tellement évident qu'ils estiment ne pas avoir besoin d'y recourir pour souligner que la traite manuelle a disparu en grande partie à cause de l'incompatibilité de cette tâche avec la législation sociale sur le repos hebdomadaire et les congés payés, et que la main-d'œuvre familiale, presque toujours féminine, répugne de plus en plus « à ce travail fatigant, astreignant, s'effectuant souvent dans de mauvaises conditions hygiéniques¹ ».

Aussi n'est-il pas surprenant que l'enquête statistique effectuée en 1980 sur les troupeaux de vaches laitières français fasse ressortir que moins de 8 % du lait collecté provenait alors de traite manuelle, mais pour encore 25 % des exploitations ayant généralement moins de 10 vaches².

Opération contraignante, la traite a suscité de tout temps des innovations. La première aide mécanique connue pour faciliter la traite remonte aux environs de 380 années avant J.-C., où les Egyptiens utilisèrent des pailles de froment en les introduisant dans les trayons. Des tubes à traire furent bien plus tard, vers 1836, utilisés avec un récipient en Angleterre et très vite aban-



donnés à cause des maladies qu'ils causaient. A partir de 1870, les tentatives furent faites grâce à des dispositifs dont le principal objectif était d'imiter le geste du trayeur. Les masseurs à rouleaux conçus à cet effet, relativement inoffensifs pour le pis, exigeaient une fabrication et une manipulation difficiles. On a dû également y renoncer très vite. L'appareil à pression fut également vite abandonné ; car « l'effort demandé pour s'en servir était apparemment aussi fatigant pour l'opérateur qu'il était alarmant pour la vache³ ».

L'effort de recherche fut d'autant plus important que les performances des premières machines s'avèrent très vite bonnes ; le professeur Whittlestone, du Centre de recherches agronomiques de Ruakura en Nouvelle-Zélande, cite un essai de trois semaines, effectué en 1890, qui laissait déjà espérer une augmentation de production de près de 3 %.

La nécessité de traire rapidement et sans peine un maximum d'animaux devenait bien un objectif à atteindre et c'est parallèlement au milieu du XIX^e siècle que les appareils à succion, utilisant le vide en imitant la succion du veau sur les trayons, ont été jugés plus pratiques. Le premier appareil de ce type ou machine de Hodges, englobant les 4 trayons dans une cloche, fut créé en 1851.

Dès lors, les innovations et perfectionnements se portèrent dans cette voie :

- en 1878, Anna Baldwin, une femme de Newark dans le

New Jersey, breveta une machine à succion simple ;

- en 1889, Murchland's, constructeur écossais, réalisa la première machine qui connut un développement important, néanmoins un ouvrier créait le vide, grâce à une pompe à main, alors que trois autres manipulaient les seaux à traire. L'inflammation et le mauvais traitement infligé aux trayons se traduisaient par une « *mauvaise traite* » ;

- en 1895, Shields, de Glasgow, essaya de résoudre le problème de la dilatation des trayons en utilisant un vide alternatif : le premier pulsateur était né ;

- en 1902 et 1903, le dernier pas important concernant l'évolution des principes de la traite mécanique fut franchi par Hulbert et Park, d'une part, et, un an plus tard, par Gillies qui brevetèrent un système de gobelet trayeur à double paroi utilisant une conduite flexible en caoutchouc et une chambre de pulsation dans laquelle le vide variait alternativement de 0 à 37,5 cm de mercure.

Ce fut ensuite l'apparition des différentes grandes marques, connues de nos jours, de machines à traire, qui ont d'ailleurs adopté le principe de la traite par dépression avec gobelets à manchon déformable. Mais il faut noter que le développement pratique de la traite mécanique précéda la connaissance de la physiologie de l'éjection du lait. Les difficultés d'alors pour traire

Une traite mécanique.

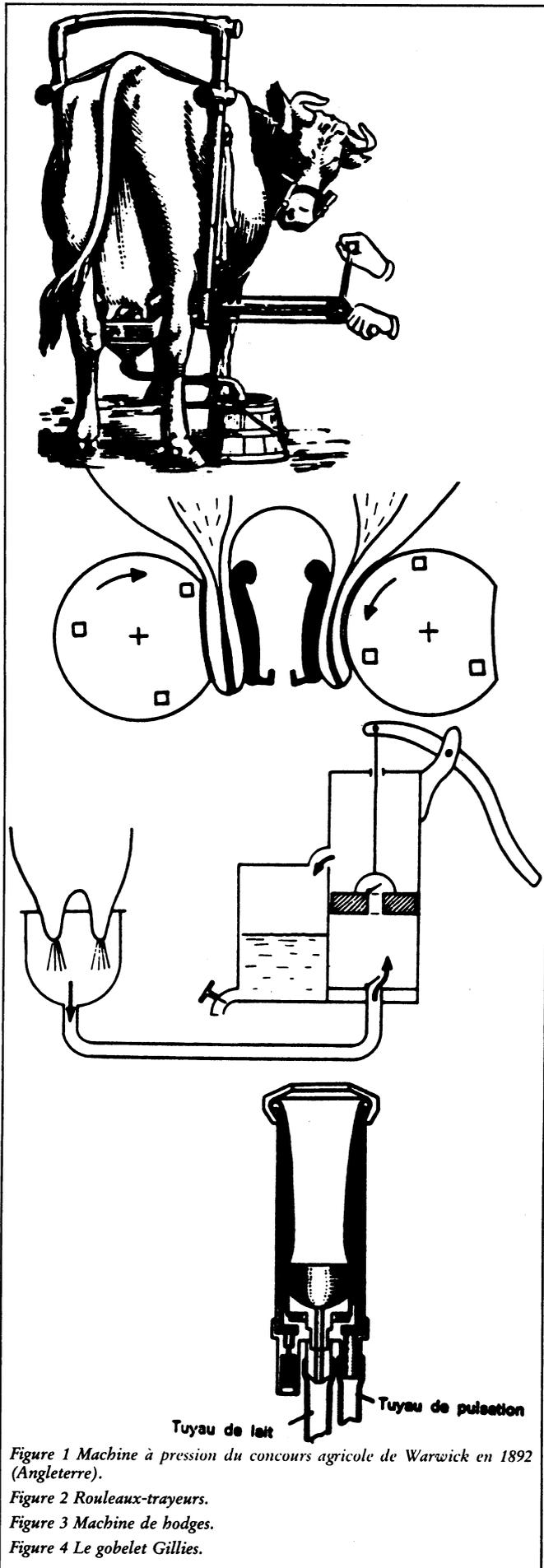


Figure 1 Machine à pression du concours agricole de Warwick en 1892 (Angleterre).

Figure 2 Rouleaux-trayeurs.

Figure 3 Machine de Hodges.

Figure 4 Le gobelet Gillies.

les vaches correctement étaient généralement attribuées à des problèmes mécaniques. « Ces difficultés étaient dues, en fait, à une réaction défavorable de la vache à la machine. »

C'est également en Australie et en Nouvelle-Zélande que les progrès en matière d'organisation du travail furent les plus significatifs. L'invention du « releaser » permit l'utilisation des tuyaux à lait jusqu'au conteneur de stockage, supprimant ainsi le transport des seaux à lait et des pots trayeurs. Elle permit, de plus, la conception de salles de traite, notamment en épis, modèles encore considérés comme les plus performants aujourd'hui et dont les photographies paraissaient déjà en 1916 dans la presse spécialisée australienne.

Depuis soixante-dix ans, où les principes fondamentaux de la traite mécanique furent établis, l'évolution des matériels et équipements est très liée au progrès et inventions dans d'autres secteurs industriels. C'est le cas, notamment, pour l'acier inoxydable qui a permis l'amélioration des conditions de transport et d'entretien des installations. Les caoutchoucs synthétiques ont permis la réalisation de manchons dont la souplesse, l'élasticité, la résistance au nettoyage, etc., peuvent être contrôlées avec une meilleure adaptation de leur forme aux différentes espèces animales, voire des variations liées aux races et aux espèces. Les plastiques, non seulement permettent la production de pièces à bas prix, mais répondent aux critères de qualités physiques ou chimiques exigées : PVC pour les pièces courantes, polycarbonates, résistant aux chocs, polysulfane, résistant aux chocs et nettoyages acides ou basiques et à la température, plastiques composites alliant des qualités de résistance, légèreté, etc.

Plus récemment depuis dix ans, l'électronique et la micro-informatique représentent de nouveaux moyens, tant en matière de mécanisation, par un meilleur contrôle de fonctionnement de l'équipement de récolte du lait, que par une aide au suivi et à la gestion de l'élevage laitier.

Créé en 1972 au Cemagref, le premier système de gestion complète de troupeau laitier sur micro-ordinateur associait des commandes centralisées par poste de traite, y compris l'identification automatique des animaux et le contrôle de leur production laitière, et permettait l'alimentation par programmation automatique des rations de concentré.

La première commercialisation en 1976 des micro-ordinateurs spécifiques à l'alimentation des vaches laitières marque, sans doute, une nouvelle étape dans la réalisation de nouveaux équipements nécessaires à l'éleveur de cette fin de siècle, comme en témoignent les 2 000 installations réalisées à ce jour en France.

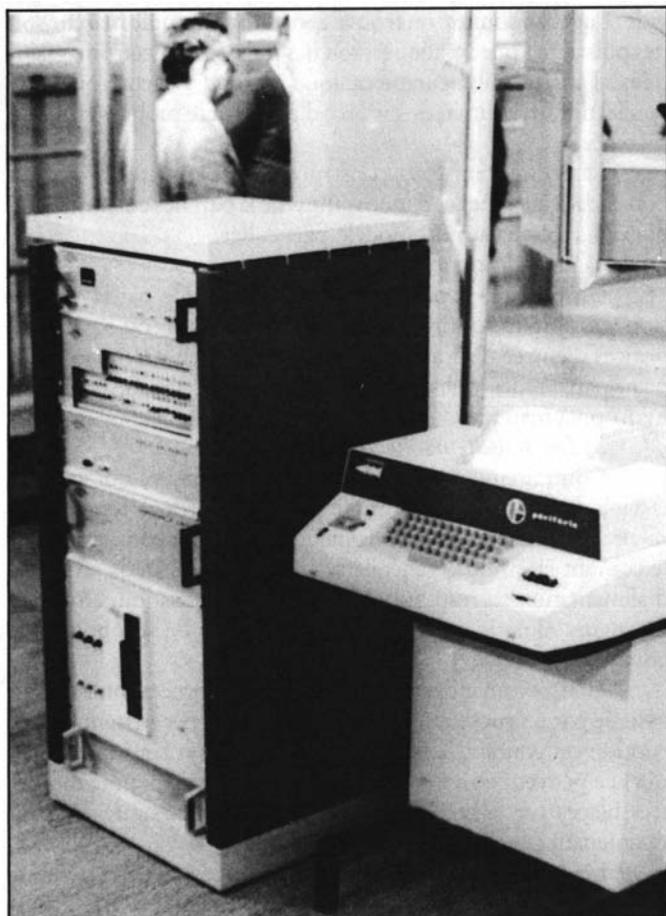
Ce panorama historique montre bien que les premières idées de reproduire les gestes de l'homme furent rapidement abandonnées au profit de nouvelles techniques bénéficiant largement des progrès et innovations réalisés dans d'autres secteurs industriels. Parmi les plus significatifs, notons la production du vide au XIX^e siècle et l'électronique aujourd'hui.

CONCEPTION D'UNE MACHINE A TRAIRE

Principes de base de la traite mécanique

Une machine à traire, au cœur d'une installation de traite mécanique, doit répondre à un certain nombre d'objectifs soit :

- assurer les conditions optimales de la sécrétion lactée grâce à une bonne stimulation et à une adaptation correcte de la machine à la physiologie de l'animal ;
- assurer une vidange complète de la mamelle dans un temps ne dépassant pas six minutes environ (durée de produc-



tion de l'ocytocine pour les bovins) ;

- permettre un nettoyage facile des différents organes mécaniques afin d'obtenir une bonne qualité du lait ;
- enfin, améliorer les rendements et les conditions de travail des vachers, une séance de traite ne devant pas normalement dépasser une heure, quelle que soit l'importance du troupeau.

Le principe mis en œuvre sur les machines à traire actuelles consiste à appliquer un vide sur les trayons de l'animal pour en extraire le lait. L'application du vide s'effectue grâce à des gobelets-trayeurs qui, par ailleurs, assurent un massage à une cadence définie, suivant le type d'animal, par un système de pulsation. Très schématiquement, ces matériels comportent deux circuits principaux : un circuit à vide et un circuit à lait ; éventuellement, un troisième circuit assure l'arrivée des solutions de lavage.

Classification des machines à traire

Les machines à traire peuvent être classées suivant différents types en fonction du mode de réception du lait issu du faisceau-trayeur appliqué au pis de l'animal.

Machine à traire avec pot-trayeur

Le lait s'écoule du faisceau-trayeur dans un récipient mobile proche, posé au sol ou suspendu, branché sur le système de vide. Ce dispositif, rare aujourd'hui, peut satisfaire à la traite mécanisée de 10 vaches environ.

Machine à traire avec « lactoduc » ou « transfert »

Ce type d'installation est celui qui se développe le plus actuellement en France. Le lait s'écoule du faisceau-trayeur dans un « lactoduc », canalisation spécialisée soit en ligne haute, soit en ligne basse qui le transporte, en général sous vide partiel, jusqu'à un conteneur fixe placé à l'écart, et plus couramment en laiterie. Des boccas de contrôle de la quantité de lait produite par vache ou des compteurs à lait peuvent être montés sur cette canalisation, à chaque poste de traite.

Machine à traire avec circuit indépendant

Pour éviter les fluctuations de vide dues au transport du lait dans les canalisations (fluctuations très atténuées dans les canalisations basses), ce dispositif permet de séparer le lait de l'air, après les gobelets-trayeurs, au niveau d'une griffe spéciale, puis de l'évacuer dans une canalisation séparée vers un conteneur à la pression atmosphérique.

Description et fonctionnement des différents organes des machines à traire

Le faisceau-trayeur

C'est l'ensemble des composants d'une machine à traire correspondant à un poste de traite et comprenant quatre gobelets-trayeurs, une griffe à lait, un distributeur, ainsi que des tuyaux à lait et de pulsation.

1. Les gobelets-trayeurs

Ils constituent les organes de la machine à traire appliqués au pis de l'animal et composés, chacun, d'un étui rigide à l'intérieur duquel est adapté un manchon souple, appelé manchon-trayeur.

Chaque trayon du pis est donc inséré dans un manchon-trayeur soumis en permanence à l'action du vide partiel (38 cm de mercure⁵ pour les bovins) de la machine à traire et comportant un orifice inférieur d'évacuation du lait. Entre le manchon (caoutchouc) et la paroi rigide (acier inoxydable) du gobelet s'instaure un espace annulaire, dit « chambre de pulsation », relié au pulsateur et soumis de façon discontinue à l'action du vide partiel. Lorsque la pression atmosphérique est rétablie à l'intérieur de cet espace, il y a interruption de l'écoulement du lait et massage du trayon. Deux phases s'instaurent donc successivement :

Phase 1 - Succion : le vide est appliqué en (2) et (3) et le manchon garde sa forme cylindrique. Il y a extraction du lait en (3).

Phase 2 - Massage : le vide reste appliqué en (6) et la pression atmosphérique en (2), grâce au pulsateur. Le manchon en caoutchouc épouse la forme du trayon et s'obture ; puis le cycle recommence.

2. Manchon-trayeur

Monté dans l'étui rigide et composé de caoutchouc synthétique moulé, il possède une embouchure à la partie supérieure, pour permettre le passage du trayon, un corps, et un tuyau court à lait à la partie inférieure, relié à la griffe. Un tuyau court à lait, séparé du manchon, est de moins en moins utilisé car, s'il constitue alors un viseur individuel intéressant, et il est, dans ce cas, en plexiglas, il présente d'autres inconvénients, comme un nettoyage difficile au niveau du raccordement.

En définitive, le manchon-trayeur doit répondre à un certain nombre d'exigences :

- sa qualité doit permettre une bonne résistance aux produits de nettoyage, au lait et au vieillissement, pour éviter les craquelures ;

- sa conception doit permettre son adaptation sur des types différents de mamelles et sa souplesse doit rester stable, son extension étant elle-même réglable. Il s'agit là d'un organe important, aussi bien pour sa forme garantissant son adaptation à différentes races, que pour ses qualités physiques ou chimiques, garantissant ses qualités mécaniques dans le temps, voire sa capacité de nettoyage. L'INRA, avec son laboratoire spécialisé à Rennes, en a défini et contrôlé les principaux critères.

Un système de gestion complète des troupeaux laitiers. CEMAGREF 1972.

3. La griffe à lait

C'est un organe intermédiaire collectant le lait qui s'écoule des trayons d'un même pis et assurant la liaison entre les manchons-trayeurs (éventuellement, les tuyaux courts à lait) et le tuyau long à lait monté sur le pot, un récipient de contrôle ou le lactoduc. Certaines griffes à lait importées de Nouvelle-Zélande disposent aujourd'hui de cloisons, isolent les différents quartiers, afin de limiter les problèmes de « *reverse flow* », ce qui peut contribuer à lutter plus efficacement contre les mammites.

4. Le décrochage automatique du faisceau-trayeur

C'est l'ensemble des quatre gobelets-trayeurs qui s'adaptent à un pis.

Dans les installations modernes et, en particulier, pour répondre à un souci de rentabilité des salles de traite, on a mis en place, après 1968, des dispositifs de « *décrochage* » automatique des gobelets-trayeurs. On devrait dire en fait, à une exception près, qu'il s'agit d'une « *dépose automatique du faisceau-trayeur* ».

Il est à noter que ce mode de décrochage implique deux opérations bien distinctes, l'indication de fin de traite et l'enlèvement des gobelets-trayeurs, auxquelles correspondent deux catégories d'appareils :

a. Les indicateurs de fin de la traite dont la mesure de débit à 0,2 kg/mm est généralement utilisée pour une visualisation sur la commande d'un vérin de dépose.

b. Les dispositifs de décrochage proprement dits : à partir du signal de l'indicateur de fin de traite, une électrovanne — commandée par un circuit électronique — assure la mise sous vide du vérin, lequel est relié à la griffe par une corde qui la remonte lors de son déplacement. La coupure du vide est alors réalisée selon différentes techniques, dont la plus courante consiste à utiliser une soupape qui s'ouvre lors de la traction du vérin, provoquant ainsi une entrée d'air importante dans la griffe qui possède un robinet à fermeture automatique.

Le système de pulsation

C'est du système de pulsation que dépend essentiellement le succès de la traite mécanique et le pulsateur reste l'un des organes le plus complexe d'une installation de traite mécanique. Le rôle du système de pulsation est d'assurer une pulsation de la pression d'air au niveau du manchon-trayeur, dans l'espace annulaire, grâce au pulsateur et éventuellement à un générateur indépendant de pulsations.

On définit par « *générateur de pulsations* » un mécanisme actionnant le ou les pulsateurs et incorporé à un pulsateur ou en commandant plusieurs (cas des pulsateurs électromagnétiques à commande électronique), le pulsateur produisant, quant à lui, les changements cycliques de pression dans la chambre de pulsation du gobelet-trayeur.

Un pulsateur est donc caractérisé (norme AFNOR U 36-000 d'octobre 1975) par son rapport de pulsation qui est la durée des phases d'augmentation du vide et de vide maximal, exprimée en pourcentage du cycle total de pulsations et enregistrée dans la chambre de pulsation.

Ce rapport s'exprime sous la forme :

$$\frac{a + b}{a + b + c + d} \times 100$$

La fréquence de pulsation, quant à elle, est le nombre de cycles de pulsations par minute. Elle varie de 50 à 180 selon les animaux.

Les pulsateurs

Il existe actuellement deux types principaux de pulsateur. En effet, alors que les systèmes à clapets à billes actionnés par le

vide sont abandonnés, on trouve généralement sur le marché soit des pulsateurs pneumatiques, soit des pulsateurs électromagnétiques ; l'ancien pulsateur mécanique à tiroirs a encore quelques applications très limitées sur les salles de traite mobiles très bon marché.

La conception et la construction des pulsateurs ont fait l'objet de recherches et d'innovations de la part des constructeurs qui ont créé chacun un modèle particulier.

a) Les pulsateurs pneumatiques

Un pulsateur pneumatique est commandé par la dépression ; un système de tiroirs ou de soupapes dégage ou obstrue les orifices d'entrée d'air atmosphérique et d'air en dépression. Les principaux types utilisés aujourd'hui sont à piston, tiroirs ou hydropneumatiques.

b) Les pulsateurs électromagnétiques

Contrairement aux pulsateurs pneumatiques qui utilisent le vide de l'installation de traite pour assurer leur fonctionnement, les pulsateurs électromagnétiques utilisent comme énergie le courant électrique (généralement 12 V continu). Sa séquence d'alimentation correspond à la fréquence de pulsation. On devra distinguer alors le pulsateur proprement dit de son boîtier de commande.

Une commande, électronique couramment utilisée, est assurée par un rupteur à thyristor et un relais permettant l'interruption du courant. Les rapports de pulsation ainsi que la fréquence peuvent être modifiés en agissant sur deux potentiomètres placés sur le boîtier. Des modèles à circuits intégrés sont maintenant plus généralement utilisés.

Les commandes centralisées de la pulsation permettent de répartir la consommation du vide à chaque poste par la commande en cascade des pulsateurs.

Ce type de pulsateurs n'a pas l'inertie mécanique des pulsateurs précédents et il a l'avantage d'une grande régularité et d'une bonne insensibilité à la poussière et à l'humidité ; il permet une fréquence de pulsation plus importante, solution intéressante pour les brebis par exemple.

Suivant quelques constructeurs, une commande particulière des pulsateurs permet d'assurer la stimulation des animaux.

Plusieurs systèmes, sur le marché, assurent une stimulation automatique grâce au dispositif de pulsation, notamment en faisant varier la dépression dans la chambre annulaire des gobelets-trayeurs pendant la première phase d'écoulement du lait ; de la pose à un débit d'environ 0,2 kg/mn.

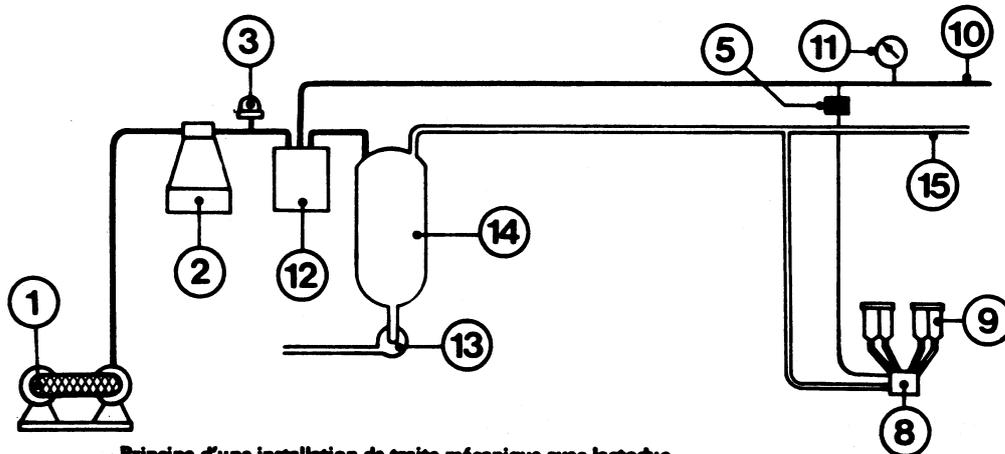
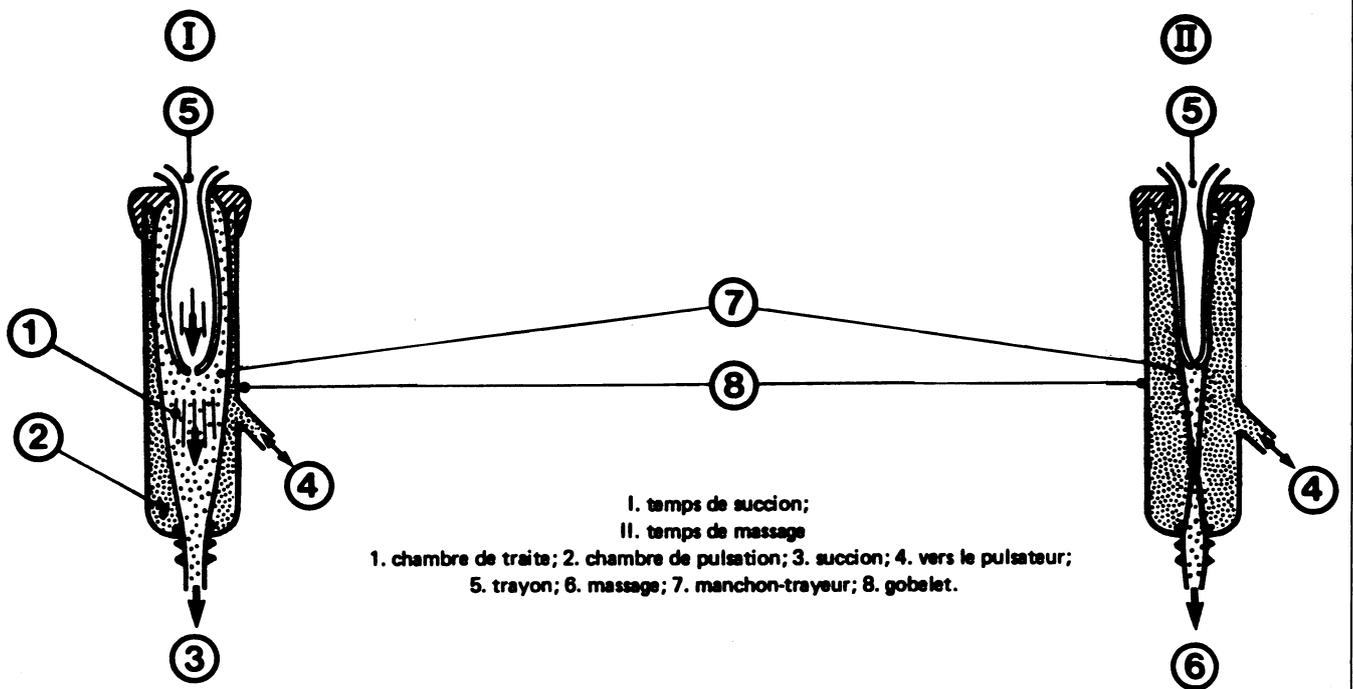
Le circuit de vide

La production du vide est assurée par une pompe, plus précisément à palettes. D'un entretien plus délicat, les pompes à pistons ont en effet été pratiquement abandonnées.

Ces pompes sont entraînées en installations fixes par des moteurs électroniques triphasés. Un moteur de 2 ch en salle de traite ligne haute permet l'entraînement d'une pompe d'un débit de 600 l/mn d'air atmosphérique, débit nécessaire pour cinq postes de traite. Des dispositifs permettant l'entraînement de secours en cas de défaillance de la source normale de puissance sont livrés en option à la demande de l'utilisateur. Il s'agit, le plus souvent, de dispositifs d'entraînement à partir de la prise de force d'un tracteur, associés parfois à une génératrice de courant ou à une batterie d'accumulateurs (cas des pulsateurs électromagnétiques).

Dans les installations mobiles qui trouvent une utilisation rationnelle en zone de montagne, il est encore fréquent de trouver des groupes à vide commandés par moteur thermique à essence.

L'intercepteur de vide est un récipient situé sur la canalisa-



Principe d'une installation de traite mécanique avec lactoduc
 1. pompe à vide; 2. intercepteur; 3. régulateur; 4. robinet de prise; 5. pulsateur; 6. pot-trayeur;
 7. tuyau à vide; 8. griffe à lait; 9. gobelet-trayeur; 10. canalisation à vide; 11. indicateur de vide;
 12. piège sanitaire; 13. pompe à lait; 14. chambre de réception; 15. lactoduc.

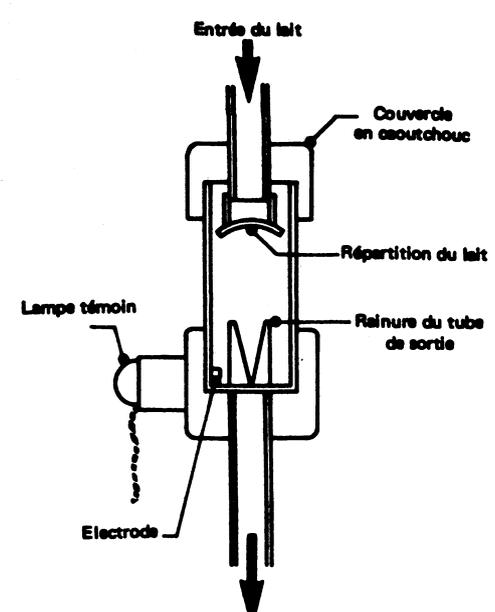
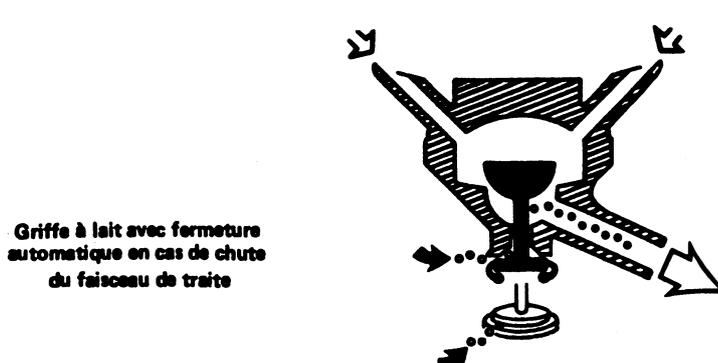


Figure 5 Coupe d'un gobelet trayeur actuel.
 Figure 6 Principe d'une installation de traite avec lactoduc.
 Figure 7 Griffe à lait.
 Figure 8 Indicateur de fin de traite.

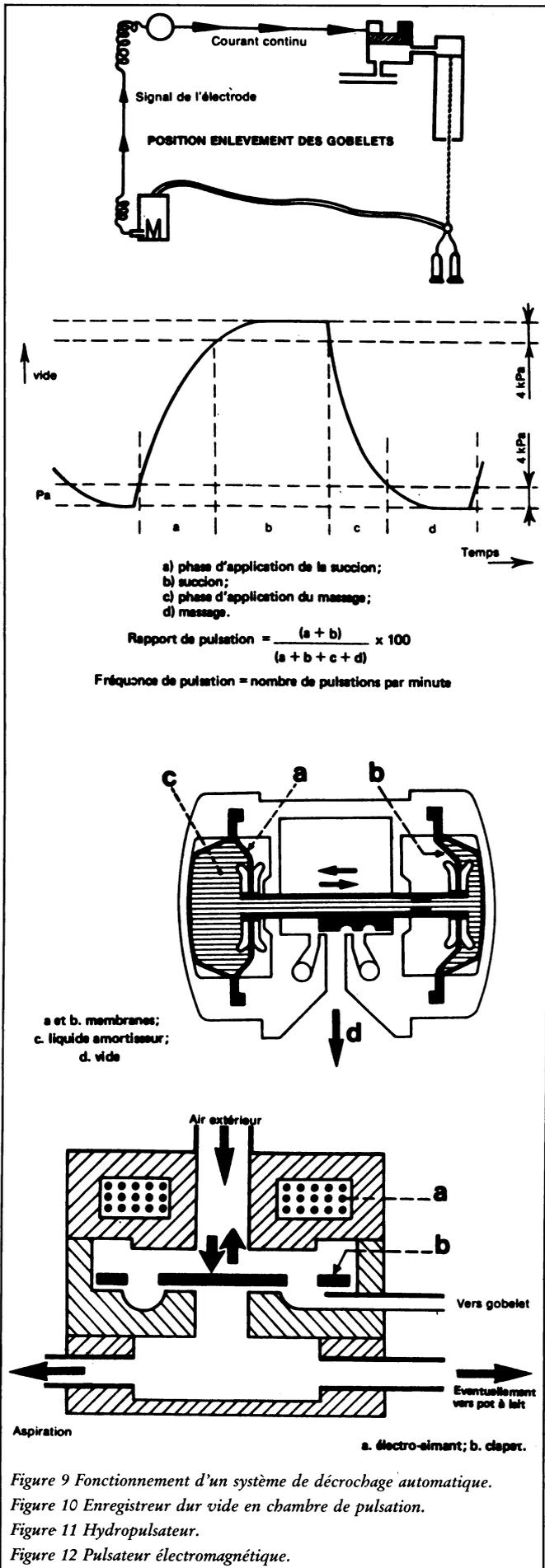


Figure 9 Fonctionnement d'un système de décrochage automatique.

Figure 10 Enregistreur du vide en chambre de pulsation.

Figure 11 Hydro-pulsateur.

Figure 12 Pulsateur électromagnétique.

tion à air, immédiatement en amont de la pompe à vide, pour empêcher les liquides ou corps étrangers aspirés d'atteindre cet organe.

Un régulateur de vide enfin peut être défini comme une soupape automatique permettant de maintenir le vide à un niveau constant dans l'installation, quel que soit le niveau de consommation. Les principes les plus utilisés jusqu'à présent sont la régulation à contrepoids, celle à ressort, et plus récemment les régulateurs à piston différentiels asservis.

Ce dernier dispose d'un système de régulation situé en amont de la ligne de vide et un système de contrôle par une prise de vide situé en aval de cette même ligne.

Il se compose :

- d'un enregistreur de vide qui envoie, par un conduit spécial, une information au régulateur ;
- d'un régulateur de vide qui, recevant l'information, ajuste le niveau de vide par variation d'admission d'air dans la canalisation ;
- d'un indicateur de capacité placé en série avec le régulateur de vide et qui indique le débit d'air qui le traverse.

Le circuit d'air se compose, en outre, d'un indicateur de vide de canalisation, résistant à l'oxydation, galvanisé, d'une valve de drainage pour évacuer l'eau de condensation des circuits et d'un piège sanitaire pour éviter les contaminations dues aux passages accidentels de lait d'un circuit à l'autre.

Le circuit de lait

L'installation à lait est l'ensemble des composants d'une machine à traire sans pot-trayeur comprenant le ou les lactoducs, les récipients de contrôle ou compteurs à lait, la chambre de réception et l'extracteur de lait (pompe ou releaser).

On dira d'une installation à lait qu'elle est en ligne haute lorsque les lactoducs de traite ou de transfert se situent, pendant la traite, au-dessus du niveau des faisceaux-trayeurs (soit environ 10 à 50 cm au-dessus des animaux dans le cas des bovins).

Au contraire, une installation à lait est dite en ligne basse lorsque des lactoducs de traite ou de transfert se situent au-dessous du niveau des faisceaux-trayeurs, pendant la traite. Les lactoducs sont alors placés sous le plancher des stalles, côté fosse de traite.

1. Lactoduc de traite

Cette tuyauterie a pour rôle de transporter le lait, pendant la traite, jusqu'à la chambre de réception. Ce lactoduc fournit le vide permettant l'extraction du lait des trayons. La griffe à lait y est raccordée par l'intermédiaire d'un robinet sur la canalisation et du tuyau long à lait.

2. Les systèmes de contrôle de la production

Parmi les différentes possibilités, deux systèmes sont couramment utilisés. Il s'agit des récipients de contrôle sur chaque poste de traite pouvant être remplacés aujourd'hui par des compteurs à lait électroniques et des compteurs employés pour un contrôle mensuel, par les contrôleurs laitiers de l'Institut technique de l'élevage bovin.

a) Récipient de contrôle

C'est un bocal gradué, généralement en verre, qui retient et permet de mesurer par lecture directe, la totalité du lait de chaque animal. Il est encombrant, fragile, et son prix reste encore élevé ; mais il permet, à chaque poste, d'avoir une réserve importante de vide facilitant la stabilité du vide. Une version à servocommande assure la prise d'un échantillon.

b) Les compteurs à lait

Raccordés entre la griffe à lait et le lactoduc de traite, ces appareils peuvent être utilisés mensuellement sur chaque poste de traite par les contrôleurs laitiers qui transcrivent la production

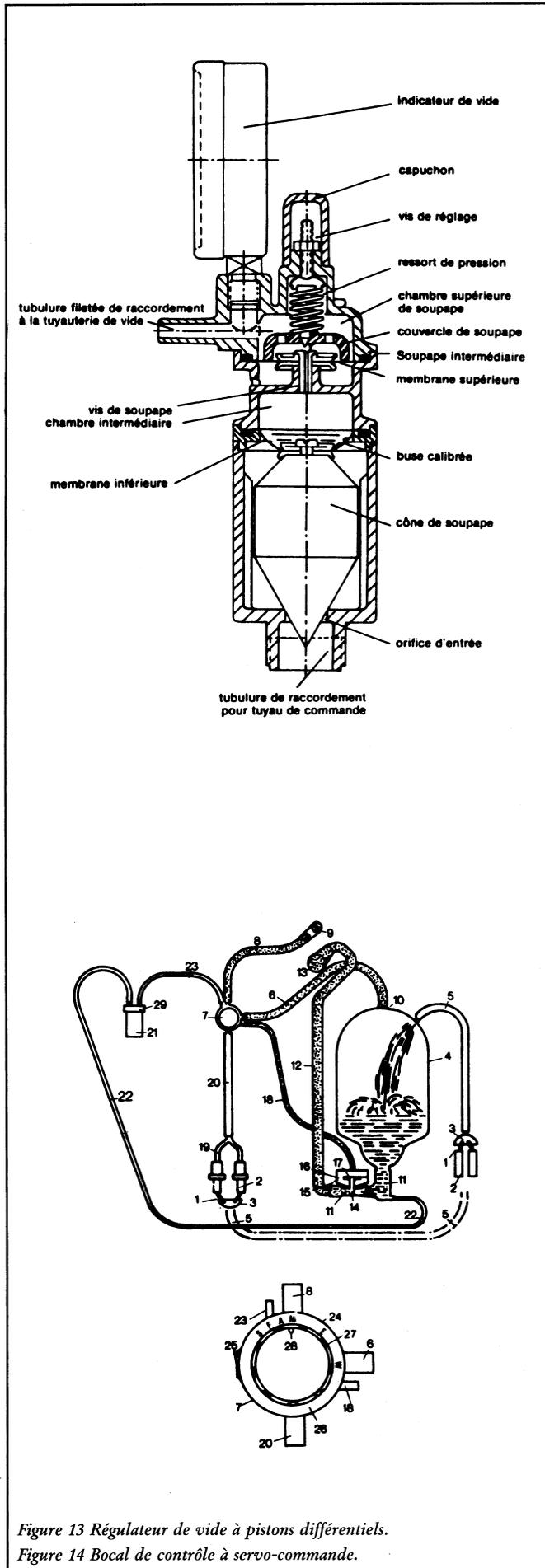


Figure 13 Régulateur de vide à pistons différentiels.
 Figure 14 Bocal de contrôle à servo-commande.

par lecture directe d'une éprouvette et assurent manuellement le prélèvement d'un échantillon destiné à l'analyse dans un laboratoire spécialisé.

Depuis quelques années, l'électronique aidant, des compteurs à poste fixe, en remplacement des bocaux de contrôle, sont proposés aux éleveurs. Parmi la quinzaine de solutions existantes, les quelques appareils qui connaissent aujourd'hui un succès commercial peuvent se classer en deux catégories : mesure du lait en continu et mesure en discontinu. C'est sans doute dans la première catégorie que les progrès les plus significatifs sont attendus aujourd'hui. En effet, le coût des appareils à comptage discontinu est un véritable frein à l'équipement des éleveurs. Il s'agit, généralement, d'assurer un dégazage du lait à la sortie de la griffe à lait, d'en isoler un volume de 100 à 500 cm³ puis de l'évacuer après avoir prélevé un certain pourcentage destiné à l'analyse en laboratoire. Ces compteurs disposent, en outre, d'un affichage digital des quantités de lait mesurées et d'une fonction de commande de décrochage du faisceau de traite. L'utilisation d'un clavier ou d'un dispositif d'identification des animaux permet, par ailleurs, de connecter ces appareils à un micro-ordinateur de gestion du troupeau laitier.

c) Chambre de réception et extraction de lait

Généralement placé près du piège sanitaire, ce récipient recueille le lait d'un ou de plusieurs lactoducs de traite et alimente soit l'extracteur de lait, soit la pompe extractrice en ligne basse.

En ligne haute l'extracteur, encore connu sous le nom anglais de « *releaser* », permet d'extraire le lait d'un circuit sous vide partiel et de le recueillir à la pression atmosphérique grâce à une écluse.

d) Pompe extractrice

Utilisée essentiellement dans les installations en ligne basse, cette pompe remplace l'extracteur de lait. Elle est située après la chambre de réception et évacue le lait à l'extérieur du système de vide de l'installation de traite. Les pompes le plus couramment employées sont du type centrifuge ; néanmoins, les pompes à membrane ont l'avantage de diminuer le brassage du lait et la cypolise.

CLASSIFICATION DES INSTALLATIONS ;
 VERS L'AUGMENTATION DE
 LA PRODUCTIVITÉ ET
 DE LA QUALITÉ DU LAIT

Un très grand nombre de types d'installation de traite ont été conçus depuis quelques décennies. On peut distinguer les installations fixes et les installations mobiles. Néanmoins, il serait superflu de décrire tous les systèmes, d'autant plus qu'aujourd'hui seules quelques techniques sont utilisées. Parmi elles, outre les traditionnelles installations en stabulation entravée, ou traite en étable, encore très utilisées dans l'ouest de la France et dans les pays les plus au nord de la C.E.E., ce sont bien les salles de traite en épi qui font l'objet de la plus grande vulgarisation, soit avec couloir central ou disposition en trigone et quadrilatère, pour les plus grands troupeaux. Le développement des salles de traite est étroitement lié à celui des techniques d'élevage en stabulation libre. Techniques qui présentent de nombreux avantages, notamment en facilitant la mécanisation de l'affouragement de la distribution des aliments à la récolte du lait. Les contraintes économiques et l'organisation plus rationnelles du travail dans ces installations y ont largement contribué.

Parmi elles, et malgré un investissement élevé, certaines

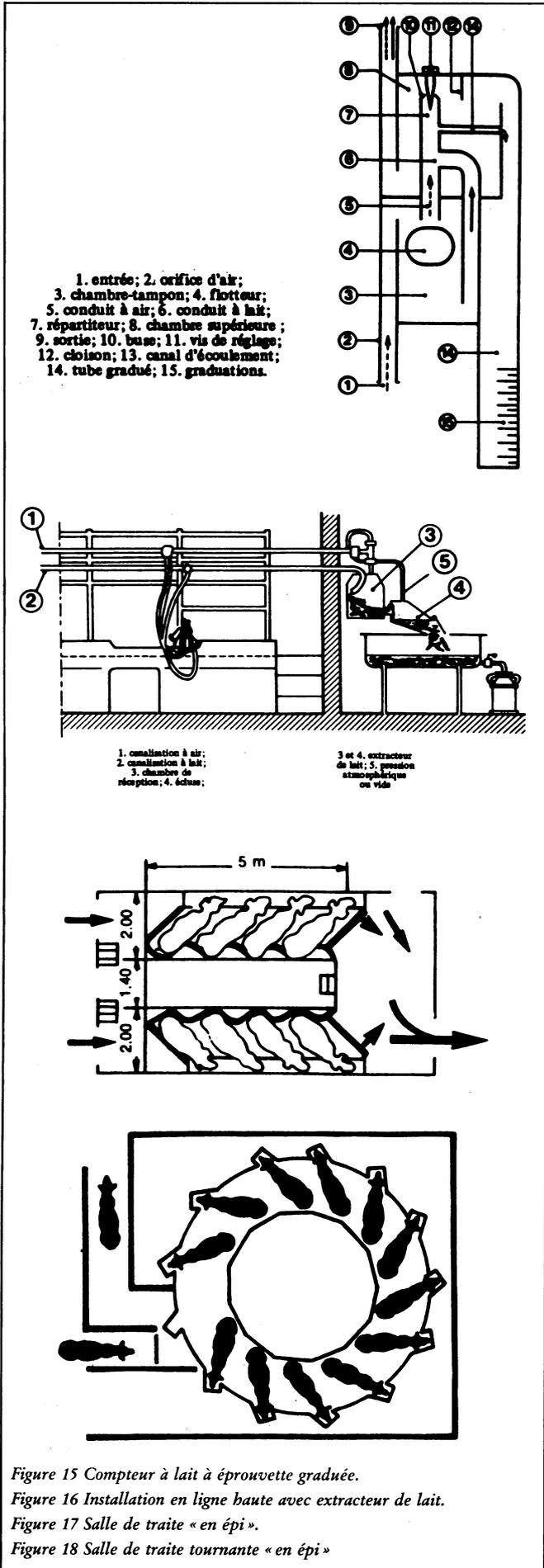


Figure 15 Compteur à lait à éprouvette graduée.

Figure 16 Installation en ligne haute avec extracteur de lait.

Figure 17 Salle de traite « en épi ».

Figure 18 Salle de traite tournante « en épi »

structures mobiles, et notamment tournantes, ont connu un certain succès, à la suite de la création des premiers rotolactors vers les années 60. C'est le cas du « *roto-épi* » ou « *rotoherringbone* » qui en possède les principales caractéristiques, mais il ne fonctionne qu'en continu.

Le principal avantage du système est de pouvoir placer plus d'animaux sur une surface relativement réduite : le diamètre extérieur des « *roto-épîs* » de 12 stalles — la gamme des « *rotos-épîs* » s'étend de 12 à 28 stalles, suivant les constructeurs — est d'environ 7 à 7,50 m, soit sensiblement celui d'un « *roto-tandem* » (plateau tournant avec disposition des animaux les uns derrière les autres) de 8 places. On peut donc s'attendre, en général, à des cadences de traite supérieures à celles obtenues avec des stalles de traite rotatives en tandem.

Pour le « *roto-radial* » ou « *turn-style* », et contrairement à l'habitude, les opérateurs sont placés à l'extérieur. Ils travaillent à environ 80 cm au-dessous de la plate-forme, de sorte qu'ils n'ont pas à se baisser.

Les vaches entrent directement sur le plateau et se placent radialement, la tête vers le centre. Leur position permet au trayeur de poser les gobelets entre les pattes postérieures. La traite achevée, les gobelets sont décrochés soit par un deuxième trayeur, soit par un système automatique de décrochage. Atteignant le niveau de la sortie, la vache quitte la plate-forme à reculons, se retourne et sort du plateau.

Des doseurs-distributeurs automatiques effectuent la distribution des aliments.

Les systèmes roto-radiaux peuvent comporter 15 à 50 stalles (Nouvelle-Zélande) ; en France, jusqu'à présent, ils en ont 20 à 30. Les modèles à 20 stalles, conçus pour des troupeaux de 200 à 300 vaches, atteignent un rendement de l'ordre de 150 à 160 vaches à l'heure. Les modèles à 30 stalles, destinés en général aux très grands troupeaux, permettent de traire jusqu'à 240 bêtes à l'heure. Avec le décrochage automatique des gobelets, la présence de deux trayeurs semble suffire : le premier opérateur se place au point d'entrée et prépare l'animal ; le deuxième tire le premier lait et pose les gobelets. Si l'on veut atteindre le rendement de 240 vaches à l'heure (120 bêtes par heure et par vacher), le travail de chaque homme sur une vache doit s'effectuer en 15 secondes et cette vache ne doit pas rester plus de 6 minutes et 45 secondes sur le plateau !

Pour en revenir aux conditions françaises, l'augmentation de la productivité est aussi liée aux modifications des structures sociales et économiques de l'exploitation. L'éleveur laitier aujourd'hui avec 50 laitières est un homme seul, sans aucune main-d'œuvre salariée. On conçoit mieux, dans ces conditions, l'intérêt des automatismes permettant de diminuer les charges en main-d'œuvre et la pénibilité du travail dans les salles de traite automatisées et l'intérêt de ceux participant, grâce aux programmeurs de nettoyage des installations et des systèmes de stockage, au maintien optimal de la qualité.

À la recherche de nouveaux moyens permettant d'optimiser le coût de production, avec des quotas de production imposés, l'éleveur, aujourd'hui, est potentiellement à l'écoute de tout procédé nouveau, aussi bien en matière d'aide à la production qu'en matière de recherche de nouvelles voies de commercialisation.

Les recherches entreprises en France dans ce domaine, relatives à la transformation des produits laitiers à la ferme (ultra-filtration à l'INRA, stérilisation à très haute température au Cemagref), en sont quelques exemples.

LES PRINCIPALES RECHERCHES EUROPÉENNES ET LE RECOURS AUX NOUVELLES TECHNOLOGIES DE L'ÉLECTRONIQUE ET DE LA MICRO-INFORMATIQUE

Comme l'industriel, l'agriculteur – et donc, le producteur de lait dans l'ensemble que nous allons étudier – se voit souvent proposer, depuis quelques années, des systèmes de « *contrôle* » de plus en plus automatisés. Très vite, devant l'importance des problèmes à traiter, les dispositifs d'automatisation électronique en logique câblée ont fait place à de nouvelles technologies, comme celle du microprocesseur ou de la micro-informatique.

Dès la première moitié de la décennie en cours, on pressent donc qu'il n'est guère de secteurs de la mécanisation agricole susceptibles d'échapper à ces nouvelles technologies. D'ailleurs, pourquoi en serait-il autrement dans la mesure où seules ces techniques permettent de répondre rationnellement et économiquement à des problèmes, certes connus sur le plan agronomique et étudiés expérimentalement, mais dont les solutions étaient inapplicables sur une exploitation réelle avec les moyens classiques ?

On peut sans doute distinguer deux types de matériels micro-informatiques qui ne manqueront pas d'être très généralement utilisés en agriculture ou en mécanisation agricole d'ici les dix prochaines années :

- les matériels spécifiques de commande ou de contrôle de procédure, fixes ou mobiles, à programme figé ;
- les matériels polyvalents, programmables, de calcul ou de gestion.

Au début de la mécanisation, le secteur de la production laitière était déjà au tout premier plan et si les progrès technologiques y ont été relativement lents par la suite, c'est néanmoins dans ce secteur que les nouvelles technologies de l'électronique et de la micro-informatique ont trouvé leurs premières applications.

L'électronique et la micro-informatique dans les élevages laitiers

Dans les élevages laitiers, les tâches des vachers pendant la traite mettent très largement à l'épreuve leur capacité de mémoire, dans le cas des grands troupeaux, à partir de 80 à 100 vaches en lactation. Or, dans l'exemple le plus « *défavorable* » des salles de traite à haute productivité, un vacher peut traire 120 vaches à l'heure ; il ne dispose donc que de 30 secondes par vache pour accomplir de nombreuses tâches, comme la surveillance de l'entrée des animaux, la préparation de la mamelle, éventuellement, leur alimentation en concentrés⁶, la dépose des gobelets, la vérification de la quantité de lait produite, etc.

Une première étape franchie a donc été l'automatisation de toutes ces opérations, à l'exception de la pose des gobelets, opérations pour la plupart très contraignantes pendant la traite. Lors de cette première étape, les travaux ont surtout porté sur l'amélioration de l'efficacité et de la fiabilité des matériels, liée aux connaissances physiologiques, en vue d'une meilleure adaptation de la machine à l'animal : à de très rares exceptions près, il n'existe plus aujourd'hui de différences sensibles entre les divers systèmes de machines à traire au niveau de l'efficacité et de la fiabilité.

Plus tard, les aspects liés à la productivité du travail ont pris une grande importance, notamment pour les grands troupeaux, et des salles de traite entièrement automatisées ont été conçues.

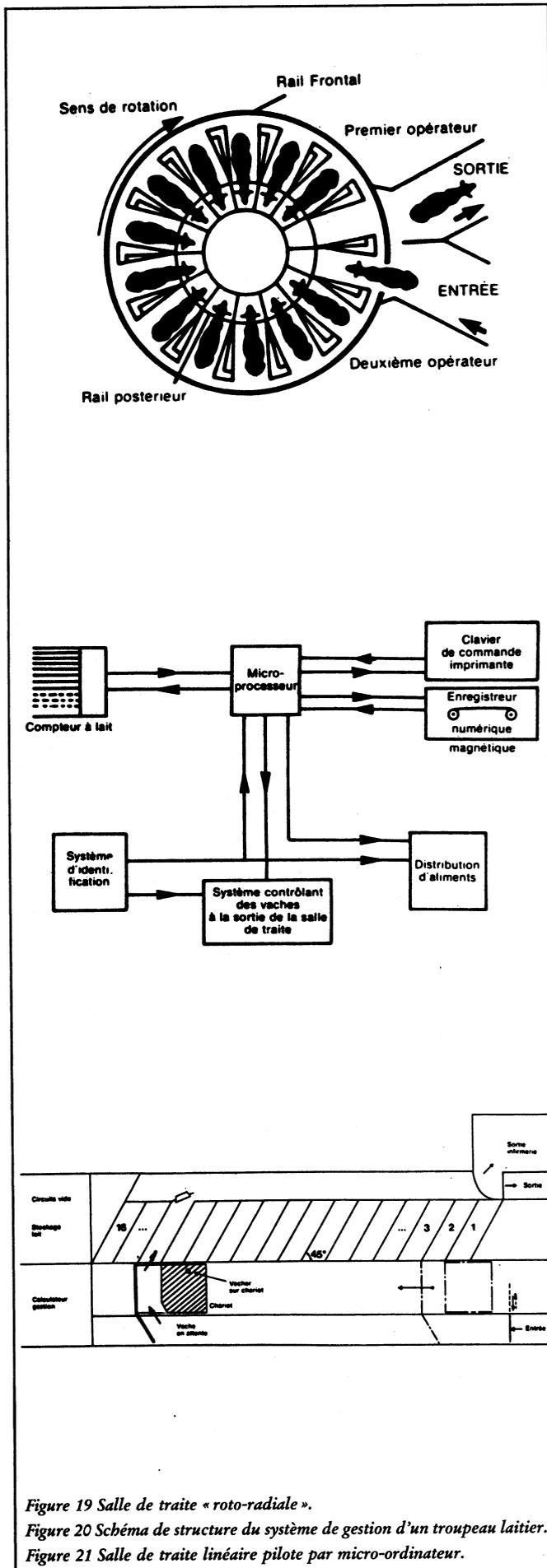


Figure 19 Salle de traite « roto-radiale ».

Figure 20 Schéma de structure du système de gestion d'un troupeau laitier.

Figure 21 Salle de traite linéaire pilote par micro-ordinateur.

Les modèles rotatifs, trop coûteux, ont été remplacés très vite par des structures fixes, plus facile à automatiser, et l'électronique, après des débuts difficiles en production végétale sur les démarieuses à betteraves, a été utilisée pour la première fois sur des systèmes indicateurs de fin de traite. Cette fin de traite, repérée pour chaque animal par une cellule photoélectrique, puis une mesure de résistivité, une numération cellulaire ou, plus couramment, une mesure de débit, était visualisée grâce à un signal lumineux (ou/et sonore) ; plus récemment, le même procédé a été associé à un système de décrochage automatique des gobelets-trayeurs.

Il faut remarquer que ces systèmes de traite, très productifs, ont également pour intérêt l'amélioration des conditions de travail, plus exactement la diminution de la pénibilité du travail. C'est ainsi que les installations modernes de traite régissent, sans intervention humaine, l'entrée et la sortie des animaux grâce à une unité microprocesseur par exemple.

Il est d'ailleurs couramment convenu que la durée de la traite ne doit pas dépasser une heure quelle que soit la taille du troupeau et c'est là, sur le plan de l'homme au travail, un très net progrès.

En fait, traire un grand nombre d'animaux dans un minimum de temps pose un autre problème, celui de la surveillance et de la conduite du troupeau. C'est, en effet, pendant la traite que le vacher peut, par exemple, s'apercevoir du mauvais état sanitaire des animaux (mammite), déceler et noter le moment propice à l'insémination, ainsi que toutes les perturbations liées à l'état général du cheptel (perte de poids, décroissance de la production laitière, etc.). Réaliser le contrôle et le suivi de ces opérations, c'est réaliser la gestion du troupeau et l'informatique, à l'aide de capteurs spécifiques comme les compteurs à lait automatiques, les systèmes d'identification — par collier ou autre —, les capteurs de température et de poids, le permet aisément. La gestion assure l'exploitation des données recueillies, des procédés de dialogue du type à langage conversationnel rendant utilisable un mini-ordinateur par n'importe quel éleveur, sans formation spécifique en informatique.

Pour l'application de cette deuxième étape de la mécanisation de l'élevage, plus proche de nous — depuis quatre ans en France — ont été commercialisés des matériels correspondant à une partie des programmes plus complexes de gestion automatisée. Il s'agit des distributeurs programmés d'aliments (voir tableau page 210).

La gestion automatisée des troupeaux

En ce qui concerne les matériels de gestion automatisée des troupeaux, de contrôle de la production et d'alimentation programmée, trois centres de recherche européens sont à l'origine des études : le NIAE — National Institute of Agricultural Engineering — (en Grande-Bretagne), l'IMAG — Institut Voor Mechanisatie Arbeid en Gebouwen — (aux Pays-Bas) et le CNEEMA — Centre national d'études et d'expérimentations sur le machinisme agricole — (devenu CEMAGREF — Centre d'études du machinisme agricole du génie rural des eaux et forêts — depuis le 1^{er} janvier 1981) en France. Ces études ont été entreprises en 1972 au Cemagref et la première présentation d'un matériel industrialisé fut réalisée au 47^e SIMA (Salon international du machinisme agricole) en 1976 par COTIBAR (France) avec un mini-ordinateur, construit au CNEEMA, assurant également le contrôle de la procédure de traite sur une installation de traite entièrement automatisée (sauf la pose des gobelets). Cette installation-pilote, entièrement préfabriquée en usine et modulaire, répondait déjà au problème d'équipement, compte tenu des plans prévisionnels d'augmentation de l'effectif laitier. Cette ins-

tallation y fut signalée par le Comité d'encouragement à la recherche technique.

L'étude des systèmes de gestion complète des troupeaux laitiers, c'est-à-dire des matériels micro-informatiques à poste fixe chez l'éleveur, débouche sur des ensembles de gestion intégrale d'un troupeau. Grâce à une unité centrale à microprocesseur, ces ensembles assurent trois fonctions :

— *la saisie automatique* des principaux paramètres par des capteurs électroniques spécifiques (numéro de la vache grâce à son collier d'identification électronique ; enregistrement automatique de la production laitière, du poids de l'animal, de sa température, etc.) ;

— *l'exploitation* de ces informations à partir d'un programme de calcul préalablement introduit ;

— *la commande* des « actionneurs », vérins ou tous composants électromécaniques, d'après les résultats des calculs exploités par l'unité centrale.

C'est ainsi que les informations de production recueillies en salle de traite permettent, en temps réel, le calcul et la distribution, immédiate ou différée, de la quantité d'aliments concentrés pour un animal donné.

Dans un autre exemple, toutes les anomalies de production sont notées et signalées immédiatement au producteur :

— une baisse rapide de production par comparaison avec les objectifs de production indique un incident sanitaire (ex. : mammite) ;

— une baisse constante de production au-delà des limites définies par le caractère génétique de la « *persistance* » indique un mauvais ajustement de l'alimentation, etc.

De la même façon, les vaches « à problèmes » sont signalées comme « *devant être tarées* », « *supposées en chaleur* », « *prêtes à vèler* », etc., et orientées vers l'infirmerie dès la sortie de la salle de traite.

Ces mêmes programmes débouchent, par ailleurs, sur des aspects comptables et prévisionnels : passation automatique des commandes d'aliments concentrés, prévision des dépenses, calcul des recettes à partir de la production laitière effective. On voit donc ici l'intérêt de l'utilisation de ces matériels « *pilotant* » les mécanismes de production et gérant cette même production, cet outil restant toutefois un assistant de l'éleveur et ne pouvant, en aucun cas, prétendre se substituer à son bon sens.

Les distributeurs programmes d'aliments concentrés⁷

Issus de ces programmes de gestion complète, ils ont été proposés simultanément par sept constructeurs sur le marché français en 1978. Ces distributeurs programmés connaissent, ces dernières années, un vif succès et contribuent à l'équipement de près de 2 000 éleveurs de vaches laitières. Ils sont techniquement composés d'une unité centrale spécifique à microprocesseur et d'une seule entrée pour les « *capteurs d'identification* ». Ces colliers d'identification sont portés au cou des animaux. Ils font intervenir, pour les systèmes passifs, un dispositif de couplage magnétique et modulation de fréquence (CNEEMA 1975) ou, pour les systèmes actifs, un procédé d'émission-réception. Aujourd'hui, l'utilisation de circuits hybrides permet à faible coût d'assurer une identification à distance, lors du passage d'un animal dans une porte par exemple.

L'unité centrale à microprocesseur reçoit les signaux du système d'identification par collier et les informations de conduite de l'alimentation par clavier. Les rations pour une vache donnée y sont programmées. La vache, identifiée sur son poste de distribution d'aliment, reçoit donc sa ration dont le rythme d'ingestion a été également programmé. Il s'ensuit une amélioration considérable dans la fiabilité de distribution d'un

aliment concentré qui coûte cher et dont il est bien difficile de contrôler la distribution manuelle. Un gain immédiat peut être réalisé de ce fait, les bêtes les plus productives, souvent mieux alimentées, augmentant leur production et les observations du conseiller agricole étant appliquées à la lettre en matière de calcul de l'alimentation.

Si les stalles de distribution (généralement 1 pour 20 à 30 animaux) ne présentent pas de grandes particularités, si ce n'est le nombre d'aliments distribués, les unités centrales, d'abord très spécifiques, ont évolué vers l'utilisation de matériels micro-informatiques plus polyvalents avec des possibilités de liaison avec d'autres micro-ordinateurs (ceux de la gestion technique ou comptable de l'élevage), voire le réseau télématique pour accéder aux banques de données régionales et aux avis des conseillers agricoles par exemple. Les dernières évolutions de ces matériels permettent, grâce au réseau télématique, d'accéder aux données régionales et, suivant la structure multiprocesseur, le raccordement au micro-ordinateur de gestion.

Le contrôle laitier automatisé

Enfin, dans le cas du contrôle laitier automatisé, les principaux objectifs concernent l'amélioration génétique du troupeau et le conseil dans le suivi du troupeau laitier chez l'exploitant.

Le nombre d'adhérents du contrôle laitier est en stagnation depuis plusieurs années et l'on peut penser qu'une saisie automatique de la production (y compris avec prise d'échantillons automatique pour l'analyse) pourrait diminuer le coût de cette opération et entraîner un nouveau développement de ce service. L'enjeu est important compte tenu de la concurrence des « usines à lait » des pays du nord de la Communauté européenne.

La mise en œuvre de méthodes automatisées est susceptible, par ailleurs, d'améliorer la qualité des informations fournies par le contrôle laitier tout en le protégeant des fraudes de toutes natures. Pour cela, l'appareillage utilisé se compose de deux systèmes à microprocesseur :

- un compteur automatique à chaque poste de traite ;
- une mallette d'acquisition des données.

Le compteur enregistre automatiquement, au cours de la traite sous la présence du contrôleur laitier, les numéros des animaux, leur production, à partir d'une mesure de niveau par interrupteur à laine souple (ILS), le temps de traite et le débit, puis conditionne un échantillon de 13 cm³ destiné à l'analyse du lait (notamment, matière grasse et matière protéique).

La mallette d'acquisition permet, quant à elle, la saisie en quelques secondes de toutes les informations recueillies par les compteurs à lait, mais également l'édition d'un ticket confirmant la production des animaux sur deux traites (matin et soir). Les informations, actuellement recueillies manuellement et concernant le planning de fécondité, sont enregistrées au clavier en procédure conversationnelle, comme pour la gestion des troupeaux. Toutes ces informations, stockées sur mémoire à semi-conducteurs, sont ensuite envoyées au laboratoire et au centre régional informatique où elles sont traitées et analysées.

L'automatisation des opérations de pesée et de prélèvement n'a pas pour seul but de soulager le contrôleur de la partie la moins intéressante de son travail manuel. C'est aussi un atout majeur pour l'abaissement du prix de revient de l'opération de contrôle, car un contrôleur peut au moins doubler le nombre de fermes visitées chaque jour ; mais l'automatisation ne sera pleinement intéressante que si la réduction des coûts permet d'attirer de nouveaux éleveurs et de créer de nouveaux emplois. Dans le cadre d'une nouvelle organisation des services, il n'est pas exclu, grâce aux performances de certains capteurs à microprocesseurs, comme l'appareil « CLA » de Lorraine et étudié au Cemagref,

que le contrôleur laitier qui, à ce jour, est un des rares conseillers à passer régulièrement dans les élevages, puisse étendre ses activités vers des missions de conseil plus larges, comme le choix des équipements, le contrôle des méthodes de traite, le choix d'un système d'affouragement, etc.

Suivant une autre méthode française, l'objectif d'une analyse à la ferme sur le compteur à lait et pour chaque vache a été retenu.

La régulation de l'ambiance

La régulation de la température dans les élevages intensifs bénéficie, également, des progrès récents apportés par l'électronique, bien qu'on emploie déjà, depuis des années, des ventilateurs à thermostat pour régler la température. En effet, l'utilisation de l'aération naturelle suscite de plus en plus d'intérêt, compte tenu du coût élevé engendré par les installations et le fonctionnement des ventilateurs ; c'est pourquoi des commandes électroniques ont été mises au point, notamment pour le réglage en continu des entrées d'air à partir de capteurs de température ou d'hygrométrie.

Aux Etats-Unis, les progrès accomplis dans la connaissance et l'intégration des systèmes de ventilation, des critères de conception des bâtiments et du comportement des animaux permettent, en recourant à l'ordinateur pour la conception des systèmes, d'analyser rapidement et aisément différentes combinaisons de ces facteurs. La mise au point de modèles conceptuels conduira aussi à automatiser la régulation du climat inférieur en fonction du comportement du système.

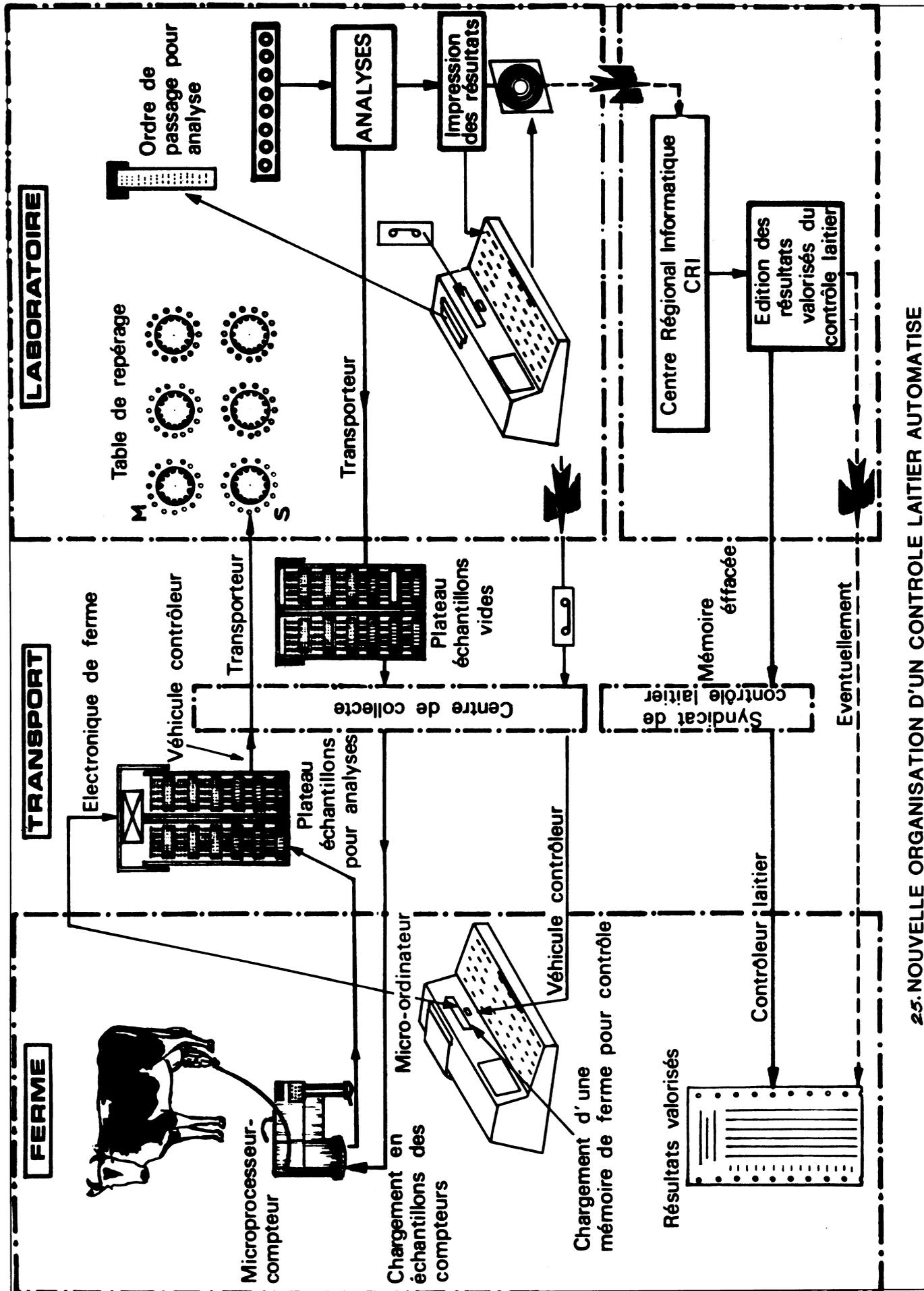
La récolte du lait sera-t-elle robotisée ?

De toute évidence, et indépendamment des aspects « conditions d'ambiance » ; le coût des bâtiments d'élevage augmente de façon très sensible en fonction de leur spécificité. Ils grèvent, dans certains cas, de façon notable, le coût de la production agricole. Un exemple concerne la salle de traite, local très spécialisé en tous points (infrastructure, isolation, chauffage, mise hors gel, équipements) ; ce bâtiment n'est utilisé par ailleurs que deux heures par jour !

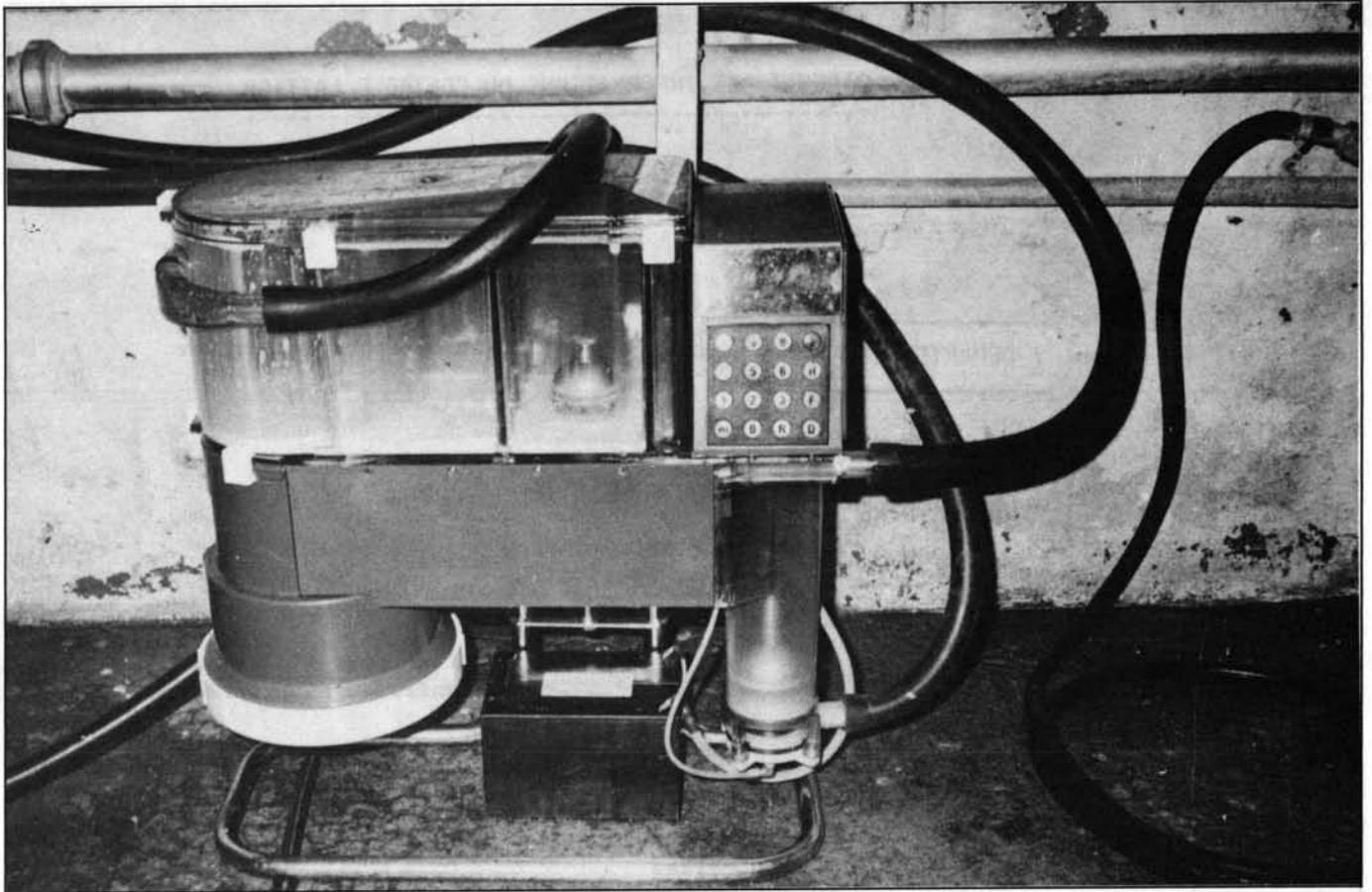
L'exécution des tâches et le suivi de la production ayant été automatisés, une troisième possibilité, plus complète, se dessine, celle de la *robotisation de l'opération de récolte du lait*. Dans un tel schéma, tous les éléments de la chaîne de production devraient être redéfinis : la salle de traite serait supprimée, étant entendu que la physiologie animale permet parfaitement une traite en « self-service », une augmentation de production ayant même été constatée expérimentalement dans ce cas.

Le contrôle laitier a pour principaux objectifs l'amélioration génétique du troupeau et le conseil dans le suivi et la gestion technique de l'élevage chez l'exploitant agricole.

Il consiste en France, dans le schéma actuel, à installer chaque mois un dispositif de comptage du lait et de prélèvement d'échantillons (mesures quantitatives et qualitatives). Cette opération nécessite la présence d'un agent de développement, le contrôleur laitier, qui assure cette opération de comptage et prélèvement à la traite du matin et à la traite du soir, à raison d'un élevage par jour ; d'où un coût du service d'environ 200 F par vache et par an dont près de 80 % en main-d'œuvre. Les analyses et l'exploitation des résultats sont réalisées dans des laboratoires et centres régionaux d'informatique.



25. NOUVELLE ORGANISATION D'UN CONTRÔLE LAITIÉR AUTOMATISÉ

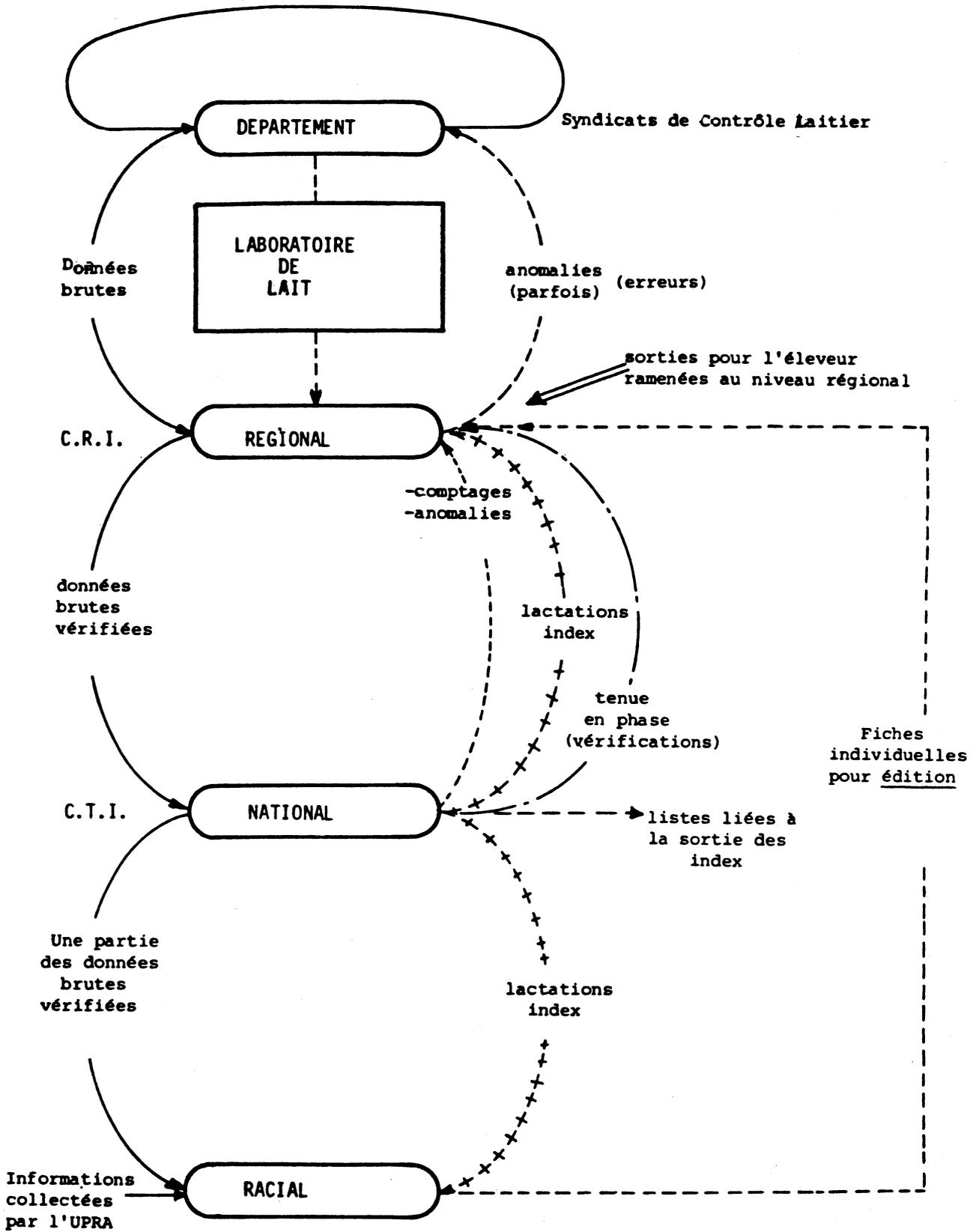


Compteur à lait à microprocesseur.



Malette d'acquisition de données.

CIRCUIT DES INFORMATIONS DU CONTROLE LAITIER



CONCLUSION

De tout temps à l'écoute des différents progrès techniques réalisés dans l'industrie, la mécanisation de la récolte du lait franchit en tête une nouvelle étape technologique.

Considérées comme des réalisations utopiques et, au mieux, futuristes, il y a quelques années, les unités de gestion sur mini-ordinateurs sont en train de devenir opérationnelles, ne serait-ce que par le développement préalable de sous-programmes, comme le contrôle de certaines procédures de traite, la distribution programmée des aliments concentrés et, aujourd'hui, l'aide à la décision pour une meilleure gestion de la production laitière.

Rappelons simplement que les distributeurs programmés semblent constituer une solution techniquement satisfaisante pour l'éleveur, pour la distribution répartie du concentré et le contrôle de l'ingestion en le libérant de contraintes importantes.

La gestion automatisée, quant à elle, permet de répondre au souci de diminuer la pénibilité du travail en améliorant les opérations de surveillance avec une main-d'œuvre spécialisée. Ce sont des études globales de gestion qui ont permis de maîtriser certains problèmes et de développer des matériels plus simples et mieux adaptés économiquement à des élevages de petite et de moyenne importance.

Dans de nombreux cas, seules l'électronique et l'informatique permettent d'avoir accès à des résultats rapides ou directement exploitables, notamment lors du traitement d'informations biologiques ou de gestion technique, données de plus en plus couramment prises en compte dans l'exploitation agricole.

La nécessité d'accroître la productivité agricole entraînera sans doute une généralisation de ces nouvelles techniques et l'industrie du machinisme agricole, qui cherche son second souffle, peut y trouver son compte.

S'il est encore souvent difficile de mesurer l'intérêt économique de l'adoption des processus électroniques en agriculture, en raison de la grande variété des situations et de la diversité des degrés d'automatisation retenus, ces nouvelles fonctions techniques ne pourront trouver une juste application, notamment en robotique pour les productions à forte main-d'œuvre, que si elles contribuent toujours :

— à conserver une place aux produits agricoles français sur les marchés extérieurs par la diminution des coûts et l'amélioration de la qualité de la production ;

— également, à diminuer la pénibilité du travail déterminant ainsi une meilleure qualité de vie pour les exploitants agricoles et leurs salariés.

Notes

1. Craplet C., Thibier M., Duplan J.-M. (coll.), *la Vache laitière*, Paris, Vigot, 1973, 786 p. (p. 118).

Les mêmes idées sont exprimées par Veisseyre R., *Techniques laitières. Récolte, traitement et transformation du lait. Pays tempérés, pays chauds*, Paris, La Maison Rustique, 1966, 697 p. (p. 66).

2. Ministère de l'Agriculture (SCEES). Enquête RGA. « Bovins 1980. »

3. Cf. note 1.

4. Whittlestone W. G., *les Principes modernes de la traite mécanique*, trad. Marion R., Paris, Technipel, 1969.

5. 38 cm de mercure = 0,5 kPa.

6. Comme cette opération risque de ralentir le débit de la salle de traite, d'autres systèmes de distribution, dont on parlera plus loin, ont été mis au point, toujours grâce à la micro-informatique.

7. Communément appelés à tort « Distributeur automatique de concentrés (DAC) ».