

# De la fauche à la distribution des fourrages. Les innovations récentes du machinisme

F. Gaillard

En réponse à l'accroissement des structures avec une main-d'oeuvre constante, les agriculteurs cherchent à améliorer l'efficacité de leurs chaînes de récolte et de distribution des fourrages. De nouveaux équipements, qu'il s'agisse de la fauche ou du conditionnement, du pressage ou de l'enrubannage, de la distribution ou de la manutention, paraissent intéressants.

## RÉSUMÉ

*Pour la fauche, le fanage et l'andainage, l'optimisation des matériels se traduit par une augmentation permanente des largeurs de travail et des vitesses d'avancement. Le conditionnement avec formation d'un «mat» peut être intéressant pour les ensilages. Divers progrès sont recensés dans l'enrubannage : film plastique de 75 cm, enrubannage de balles cubiques ou de balles rondes en continu. L'électronique intervient de plus en plus : capteurs pour améliorer le suivi du travail et les liaisons entre sol et outils, dans la gestion du ficelage par les presses, télécommandes sur les enrubanneuses... Les désileuses pailleuses et les remorques mélangeuses ont aussi été améliorées. Mais le coût de certains de ces équipements très performants les destine plus à des groupes d'agriculteurs ou à des entreprises...*

## MOTS CLÉS

Chantier de récolte, enrubannage, ensilage, foin, machinisme agricole.

## KEY-WORDS

Agricultural machinery, harvesting equipment, hay, silage, wrapping.

## AUTEUR

Cemagréf, Domaine des Palaquins, F-03150 Montoldre.

**A** lors qu'au cours des décennies précédentes de nouvelles techniques de mécanisation de la récolte des fourrages étaient apparues, les années 90 ont plutôt été une période de maîtrise et d'optimisation de ces techniques, en réponse à la raréfaction de la main-d'œuvre et à l'accroissement de la taille des troupeaux.

## 1. Des équipements toujours plus performants

Cette optimisation des matériels se traduit par **une augmentation permanente des largeurs de travail et des vitesses d'avancement**. L'accroissement des largeurs de travail (8 m et plus pour certains andaineurs ou faneuses) a rendu indispensable le repliement des outils pour pouvoir circuler sur les routes et pour le rangement. Ce repliement peut être effectué facilement depuis le poste de conduite du tracteur, à distance, grâce à l'hydraulique. Cette opération est souvent facilitée par des outils composés de sous-ensembles plus ou moins indépendants qui permettent, malgré la grande largeur de travail, d'épouser parfaitement la forme du terrain (figure 1). Les faucheuses automotrices avec 3 lamiers ou le montage sur le même tracteur de 2 faucheuses (une frontale et une latérale arrière) sont également des illustrations de cet accroissement des largeurs de travail.

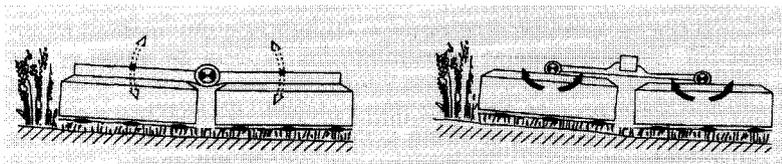


FIGURE 1 : Deux exemples de lamiers indépendants sur des faucheuses (source : CEDRA, 1995).

FIGURE 1 : Two examples of independent cutter bars on mowers (source : CEDRA, 1995).

La vitesse de travail est fonction des capacités de l'outil et de sa possibilité de maintenir les distances définies entre le sol et l'outil. Le matériel doit épouser la forme du terrain malgré une augmentation importante de la vitesse d'avancement. L'amélioration des suspensions et la multiplication des roues, quand c'est possible, ont permis un gain de vitesse tout en améliorant la qualité du travail. Une des voies d'amélioration pour les années à venir porte sur la planéité des parcelles, qui devrait accroître la résistance du matériel et assurer au conducteur un confort indispensable.

**L'évolution porte également sur l'arrivée de l'électronique**, notamment de capteurs, pour améliorer les liaisons entre tracteurs et outils. L'électronique intervient de plus en plus, pour les presses, dans la gestion du ficelage. Les capteurs permettent un suivi plus précis du travail (contrôle de la densité des balles, débit de chantier...). Les données instantanées permettront d'alimenter un SIG (système d'information géographique) avec ses avantages et ses limites.

## 2. Les progrès pour la fauche, le fanage et l'andainage

### ■ Organisation des opérations

**La fauche, première opération de la récolte des fourrages, doit être réalisée de manière à faciliter la dessiccation, tout en préparant le travail pour l'opération suivante** qui peut être effectuée par le pick-up de la récolteuse ou par la faneuse.

Il est bon de rappeler que **la vitesse de dessiccation du fourrage est fonction de la qualité du conditionnement, mais aussi de la quantité d'eau à évaporer** par hectare. Ainsi, une fauche haute aura pour effet de réduire les quantités d'eau à évaporer tout en favorisant la circulation de l'air entre le sol et le fourrage coupé. Elle facilite aussi la reprise du fourrage tout en limitant l'incorporation de terre.

La vitesse de dessiccation dépend, entre autres, de la grosseur de l'andain. Ainsi, les grands lamiers qui doivent fortement resserrer l'andain pour pouvoir l'enjamber avec le tracteur, limitent la vitesse de dessiccation. Les assemblages de plusieurs lamiers indépendants permettent de réaliser des andains plus modestes dont la vitesse de dessiccation n'est pas trop réduite. Cependant, **l'appareil de récolte doit posséder un pick-up large pour avoir un débit satisfaisant**, sinon le passage d'un andaineur est nécessaire. Mais cela augmente le nombre de passages et risque d'incorporer de la terre au fourrage. **L'utilisation de systèmes de regroupement d'andains**, ou plus exactement de rapprochement de 2 ou 3 andains, **permet de trouver un compromis entre la vitesse de dessiccation et la taille du pick-up, tout en supprimant le passage de l'andaineur**. Par exemple, un pick-up de 6,5 m permet de ramasser trois andains pas trop larges de faucheuse-conditionneuse de 3 m (figure 2), alors qu'un pick-up de 4,0-4,5 m peut

Figure 2 : Ensileuse auto-motrice équipée d'un pick up de 6,5 m.

FIGURE 2 : Self-propelled silo filler with 6.5 m pick-up.



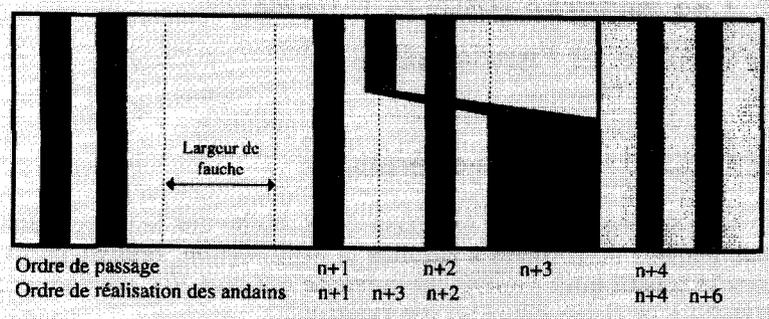


Figure 3 : Positionnement des andains avec une faucheuse équipée d'un regroupeur d'andains à tapis.

Figure 3 : Swath placement by a mower equipped with.

reprendre ces trois mêmes andains, mais rapprochés. Le rapprocheur d'andains à bandes ou à rouleaux permet de positionner le 3<sup>e</sup> andain entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>e</sup> andain (figure 3). Il libère ainsi totalement une bande sur 3.

De telles techniques permettent de récolter avec une automotrice l'équivalent de 9 m de large de fourrage et de ramasser un hectare en 15 à 20 minutes !

## ■ Evolution des équipements classiques

### - La fauche

La largeur des lamiers de fauche se heurte maintenant à une limite économique de construction mécanique. Une largeur de 4 m semble être le maximum. Pour aller plus loin dans la largeur de travail et pour éviter le surdimensionnement de pièces, les constructeurs s'orientent vers des assemblages de lamiers plus ou moins indépendants de 2 à 3 m chacun.

### - Le conditionnement

La bonne utilisation de matériaux légers a permis de lancer sur le marché des faucheuses conditionneuses portées à doigts de 2,8-3,0 m. De nombreux modèles de cette nouvelle génération sont proposés aussi en montage sur les 3 points avant, grâce à la multiplication des prises de force à l'avant. Le tracteur, équipé simultanément de deux faucheuses, peut travailler comme une automotrice. C'est-à-dire qu'ils permettent de faucher des bandes intermédiaires dans la parcelle afin de n'avoir que des virages à effectuer en bout de parcelle. Cette méthode réduit largement le temps de fauche total des parcelles.

### - Le fanage

Si le principe demeure, les évolutions portent essentiellement sur la largeur de travail



Figure 4 : Andaineur de grande largeur en position de transport.

Figure 4 : Large-width swath layer in transport position.

(12 m et plus) et sur la vitesse d'avancement augmentée grâce à de nombreux trains de roues jumelées ou en tandem. Elles portent également sur le repliement hydraulique des toupies pour assurer un transport en toute sécurité et limiter l'encombrement de stockage.

#### - L'andainage

Les andaineurs suivent les mêmes évolutions qui touchent la largeur et la vitesse de travail. La possibilité, selon les machines, d'andainer au centre ou latéralement est toujours offerte. Avec les grands andaineurs, la largeur au travail est réduite par repli des toupies (figure 4).

### ■ Conditionnement avec réalisation d'un "mat"

Des «préséries» de machines à faire le "mat" sont récemment arrivées en France. Vers 1985, un premier prototype d'une largeur de fauche de 1,2 m était mis au point dans le Wisconsin ; les essais en laboratoire ont débuté au Canada en 1988 (SAVOIE, 1997). Selon ces essais, ce "super-conditionnement" apporterait, en plus d'une **accélération de la dessiccation, une amélioration de la conservation** car il favoriserait la colonisation et la croissance plus rapide des bactéries lactiques en accélérant la disponibilité des sucres solubles.

Le terme anglais "mat", qui désigne un tapis, est utilisé pour cette nouvelle technique dont la dernière opération consiste à reformer un tapis mince, genre feutre, à partir d'un fourrage fortement conditionné où la formation de jus n'est plus une limite. Le jus est récupéré et remis sur l'andain. Ce conditionnement-macération entraîne des pertes par jus pour les fourrages dont la teneur en matière sèche (MS) est inférieure à 22% (SAVOIE, 1998). Par rapport à une faucheuse-conditionneuse, les pertes sont supérieures en temps de pluie et inférieures par beau temps.

**Un compromis a ensuite été recherché** : réduction de la puissance consommée et simplification mécanique, sans limiter l'efficacité.

Figure 5 : Faucheuse conditionneuse à faire le "mat".

Figure 5 : Mower-conditioner for mat formation.



té. Ainsi, la formation du tapis a été abandonnée. Le nombre de rouleaux a été réduit de 8 à 3. La société Geenland a présenté en France un appareil de présérie (figure 5)

### 3. L'ensilage en coupe fine

Quelques évolutions sont à noter :

- une augmentation permanente de la puissance des automotrices qui a permis de passer de 4 rangs à 8 rangs de maïs ; le débit est tel que c'est la maîtrise du chantier au silo qui devient le facteur limitant ;

- la quasi-disparition de l'ensilage direct avec barre de coupe sur l'automotrice au profit d'une fauche préalable pour le "ressuyé" comme pour le "direct" ;

- l'arrivée de pick-up (repliables ou non) de très grande largeur (6 m et plus).

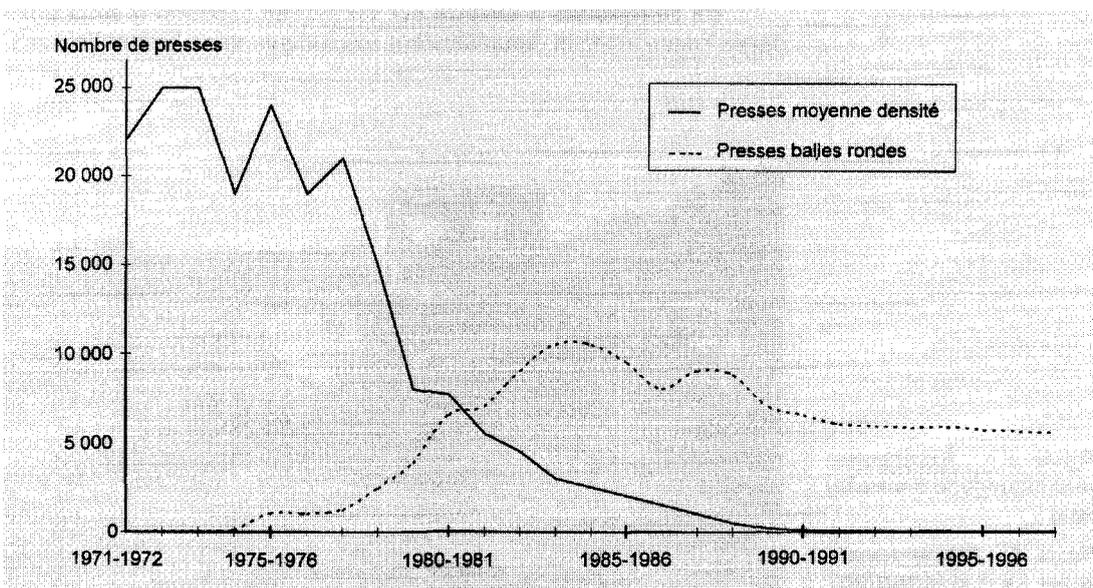
Les techniques de couverture des silos en coupe fine ont bénéficié des connaissances acquises avec l'enrubannage. En effet, cette technique a montré le rôle primordial du placage du film sur l'ensilage pour limiter les pertes visibles.

### 4. Les techniques de pressage

Même si **le marché des presses à balles rondes** (5 000 à 6 000 machines/an) s'est réduit ces dernières années (figure 6), **il est encore en France 10 fois plus important que celui des presses en grosses balles cubiques.**

Figure 6 : Evolution des ventes de presses en France de 1971 à 1992 et évaluation pour 1998 (source : Cemagref).

Figure 6 : Evolution of the sale of balers in France from 1971 to 1997 with estimation for 1998 (source : CEMA-



Chaque constructeur propose dans sa gamme une ou deux machines "spéciale ensilage" équipée d'un procédé de coupe de fourrage dérivant des systèmes précédemment utilisés sur les autochargeuses. Ce type de presse s'est peu répandu en France alors qu'il fait la presque totalité des ventes dans certains pays européens. De même, chaque constructeur propose des presses à chambre fixe et à chambre variable pour couvrir l'ensemble du marché (grâce à des accords si nécessaire).

**Les presses à grosses balles cubiques concernent essentiellement le marché de la paille** (500 et 600 machines vendues par an). On assiste à un accroissement très important du nombre de modèles de ce type de presse chez chaque constructeur pour essayer de conquérir de nouveaux marchés.

Ces balles cubiques présentent de nombreux avantages mais **possèdent une contrainte majeure, comme les balles dites "moyenne densité" : celle de ne pas résister à la pluie**. Le ramassage doit donc succéder immédiatement au pressage, ce qui nécessite l'intervention d'une équipe. La réalisation de stocks denses, sans avoir attendu la fin de l'éventuel «coup de chauffe» qui ne présente pas de risque au champ, ne fait qu'augmenter les risques d'incendie. Ce dernier peut être limité par la récolte d'un fourrage encore plus sec. Rappelons qu'un facteur de développement de la presse à balle ronde est la séparation des opérations de pressage et de stockage grâce à la capacité des balles à résister aux intempéries. L'autre facteur qui limite la progression des ventes de presses à balles cubiques est **la nécessité de recourir à une équipe, comme avant les balles rondes**, malgré les difficultés liées au stockage et à la distribution dans certaines conditions. Par ailleurs, le coût du matériel implique dans la majorité des cas un achat collectif ; et l'utilisation en commun n'est pas toujours facilitée par la dispersion des exploitations et la réduction du personnel.

## 5. L'enrubannage

### ■ La réussite de l'enrubannage

La réussite de l'enrubannage dépend de l'utilisation d'un film plastique de qualité, de la pose d'un nombre suffisant de couches de film, d'un stockage soigné sous surveillance, mais surtout de la régularité du pressage et des réglages de l'enrubanneuse.

#### - Le pressage et la régularité des balles

Les cas suivants peuvent se produire en fonction du mode d'enrubannage (CEDRA, 1995) :

- Enrubannage mono-balle : toute balle tronconique se traduira par un enrubannage irrégulier et à haut risque. Il en est de même des balles en forme de diabolo (le diamètre intermédiaire est inférieur à celui des faces planes), surtout si leur teneur en matière sèche est élevée. Ces balles ne se déforment plus et le film n'adhérera pas au fourrage sur toute la surface de la balle.

- Enrubannage en continu : les balles de densité irrégulière provoquent des zigzags importants dans les colonnes et des risques accrus au niveau des jonctions (GAILLARD, 1996).

Dans tous les cas, **la régularité des balles dépend de la forme des andains et de la conduite de la presse.** Le conducteur ne pourra pas combler tous les défauts de réalisation de l'andain.

Pour une presse de 120 cm de large, l'andain idéal doit être de section rectangulaire soit de 60 cm (cas 1) soit de 120 cm (cas 2). S'il fait 90 cm (cas 3) ou 150 cm (cas 4), les balles ne seront pas cylindriques et poseront des problèmes de pose du film ou de conservation.

Le cas 1 permet au conducteur, grâce à une circulation excentrée alternée à droite et à gauche de remplir correctement la presse. Il peut introduire le fourrage où il veut dans la chambre de compression. Le cas 2 permet la réalisation de balles régulières.

Dans le cas 3, avec une presse à pick-up étroit, le centre de la balle est toujours alimenté quel que soit le côté de chargement. Ces balles en forme de ballon de rugby présentent une difficulté à l'enrubannage car elles ne tournent pas régulièrement du fait de diamètres différents. Par ailleurs, les ficelles extérieures sont moins tendues et peuvent passer entre les couches de film. En revanche, cette forme permet une excellente application du film sur la face arrondie.

Le 4<sup>e</sup> cas concerne un andain large ramassé avec un pick-up large. Les deux vis qui équipent les cotés du pick-up rassemblent le fourrage le plus extérieur de la chambre dans les zones de formation des faces planes de la balle. Cette partie de la balle n'est pas ficelée et le surcroît de fourrage forme des bourrelets. Si la teneur en matière sèche dépasse 60%, la force du film étirable sera insuffisante pour aplanir ces bourrelets. Aux endroits où le film n'adhère pas au fourrage, de fortes pertes pourront être observées en cas de perforation car l'air pourra circuler librement.

#### - Une enrubanneuse bien réglée

En dehors du taux d'étirage du film, généralement fixe, il est impératif que :

- le recouvrement du film d'une bande à l'autre soit légèrement supérieur à 50%,

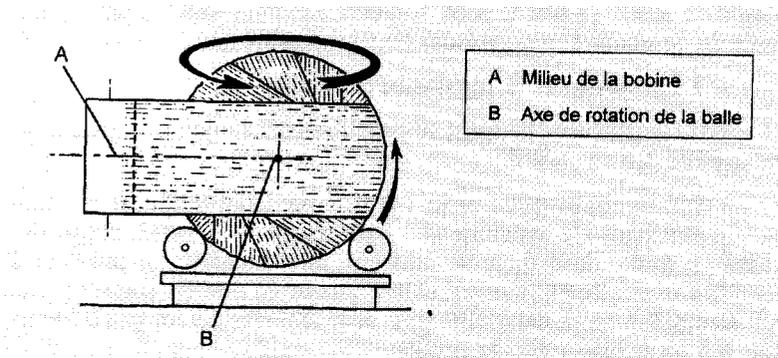


Figure 7 : Réglage du milieu de la bobine de film par rapport au diamètre de la balle lors de l'enrubannage (source : Cedra, 1995).

FIGURE 7 : Adjustment of the plastic-sheet reel centre to the diameter of the bale during wrapping (source : CEDRA, 1995).

- la hauteur de la bobine de film soit parfaitement bien réglée par rapport à l'axe de rotation de la balle (figure 7). Ainsi, il faut changer la hauteur de la bobine de film chaque fois que le diamètre des balles ou la largeur de film est modifié.

En cas de mauvais réglage, la consommation de film s'accroît si l'on respecte la règle des 4 couches. En cas inverse, certaines zones seront recouvertes de 2 ou 3 couches seulement et d'autres de 5 ou 6 couches.

## ■ Les évolutions récentes

De nouvelles possibilités techniques sont apparues récemment :

- **Le film de 75 cm** (figure 8) procure rapidité de réalisation et sécurité de conservation. Le passage du film de 50 cm à celui 75 cm suppose un support de bobine adapté et implique deux modifications : recentrer la bobine de film par rapport à l'axe de la balle et augmenter la vitesse de rotation de la balle sur son axe horizontal par rapport à son axe vertical ; pour un tour de rotation sur l'axe vertical, le déplacement périphérique de la balle passe de 19 cm à 29 cm.

- **Les télécommandes sur les enrubanneuses** limitent le personnel nécessaire au chantier d'enrubannage.

- Des modèles adaptés à **l'enrubannage de balles parallélépipédiques** sont apparus. Certains ont multiplié les rouleaux supports de balle pour essayer de faire rouler une section carrée ou rectangulaire. D'autres ont adjoint un troisième mouvement du film par rapport à la balle. Dans un premier temps, la balle est recouverte sur quatre faces puis, grâce à un quart de tour, la balle est recouverte sur les faces qui n'ont pas reçu de film et sur deux des faces précédemment couvertes... ce qui se traduit par une surconsommation de film.

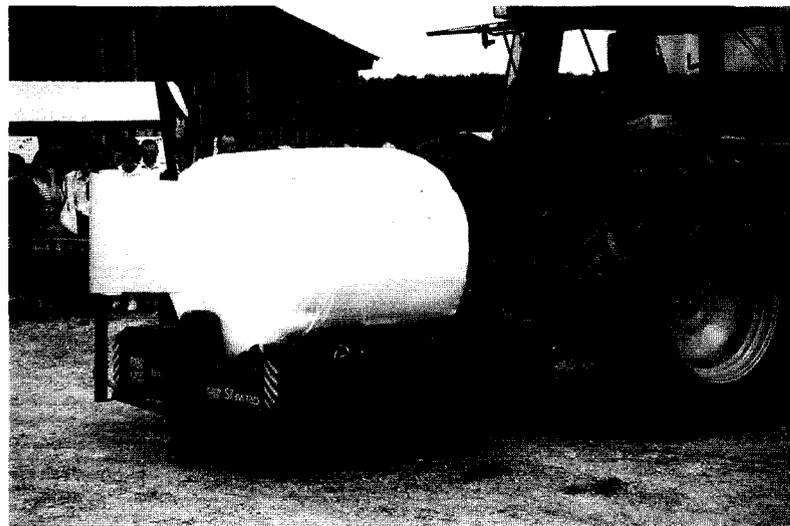


Figure 8 : Enrubannage avec un film de 75 cm de large.

Figure 8 : Wrapping with a 75 cm - wide plastic sheet.



Figure 9 : Autochargeuse pour enrubanneuse en continu.

FIGURE 9 : Self-loading harvester for continuous wrapping.

- Il existe maintenant **de nombreux modèles d'enrubannage en continu** dont certains ont des débits très importants comme l'ensemble autochargeuse-enrubanneuse (figure 9).

L'enrubannage en continu est plus sensible aux perforations (cf. GAILLARD, même ouvrage) et mérite un soin tout particulier lors de sa réalisation. La jonction entre les balles doit être particulièrement surveillée. L'utilisation d'un film de 75 cm, posé par 2 bobines utilisées simultanément, est recommandée. Si 4 couches de film sont suffisantes pour les monoballes, en continu, 6 couches sont recommandées. Plus il y a de couches, ou plus le film est étroit, moins le film «avance vite» le long des balles. Ce faible déplacement par tour permet au film de glisser entre 2 balles insuffisamment jointives : au lieu de bien s'appuyer à plat sur la balle et de jouer son rôle, le film peut pas-

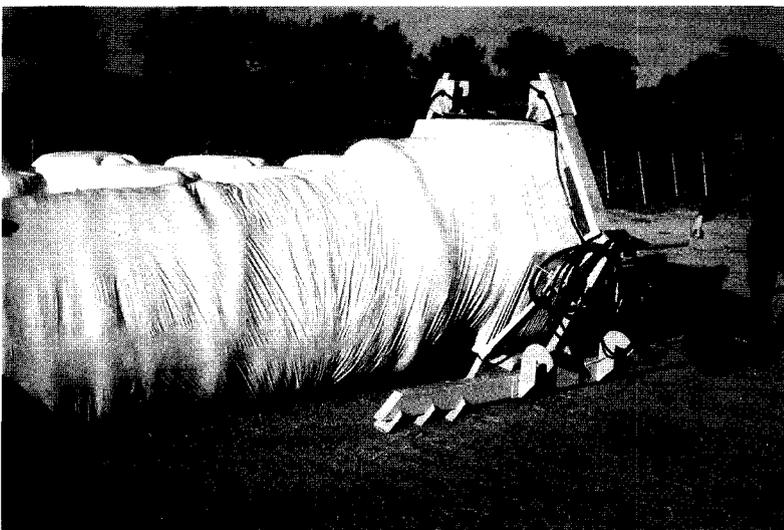


Figure 10 : Enrubanneuse en continu avec gaine étirable.

Figure 10 : Continuous tubeline wrapper with stretch tube.

ser «en corde» entre les balles et 1 à 3 couches peuvent ainsi disparaître entre les balles.

– **Une nouvelle technique utilise une gaine rétractable**, élargie par un «conformateur» puissant pour permettre d'enfiler successivement les balles (figure 10). Une fois cette opération faite, la gaine est libérée et vient s'appliquer fermement sur la balle. Le film a une épaisseur de 100 microns avant étirage.

## 6. La reprise et la distribution des fourrages et des pailles

L'éleveur dispose souvent de stocks de fourrage et de paille sous différentes formes : ensilage en silos horizontaux ou en balles rondes enrubannées, fourrage et paille en balles rondes ou cubiques. **Pour des raisons de pénibilité du travail et de manque de main-d'oeuvre, l'éleveur doit trouver des solutions de mécanisation répandant (en partie ou totalement) à la diversité des produits à distribuer.**

En plus du libre service, **il existe maintenant toute une gamme de matériels extrêmement variés**. On peut citer : le couteau pour découper les balles (autonome ou sur tracteur), la dérouleuse avec certains modèles de pailleuse simplifiée, la désileuse, la désileuse-pailleuse, la remorque mélangeuse...

Les constructeurs ont particulièrement travaillé ces dernières années sur **la distribution des balles d'enrubannage avec les désileuses-pailleuses**, qui est une opération particulièrement difficile. Les améliorations apportées permettent aux désileuses-pailleuses de travailler plus régulièrement et donc de limiter les pointes de puissance nécessaires. **Le matériel devient donc plus efficace** tout en souffrant moins.

**Les remorques mélangeuses**, connues aussi depuis de nombreuses années, **ont été améliorées afin de pouvoir valoriser du fourrage grossier**. Parmi le matériel particulièrement adapté aux brins longs, il faut noter les modèles avec une vis verticale. Des versions de mélangeuses automotrices sont proposées et commencent à intéresser des groupes.

## 7. Conclusions

Ce tour d'horizon de la récolte des fourrages au sens très large serait incomplet sans mentionner **les chargeurs et les automoteurs de manutention**, outils qui ont très certainement un avenir prometteur car la première fonction d'un agriculteur est d'être un «manutentionneur».

L'augmentation des surfaces et du nombre des animaux implique une efficacité d'autant plus importante que le nombre d'agriculteurs ne fait que diminuer. L'efficacité est permise par du matériel qui possède une largeur et une vitesse de travail de plus en plus grandes.

Mais, du fait de leur coût, ces équipements ne trouveront une place que dans une forme d'utilisation collective (CUMA, entreprise...) ou d'autres formes qui restent à déterminer compte tenu de la raréfaction de la main d'oeuvre.

Exposé présenté aux Journées d'information de l'A.F.P.F.,  
«Récolter et conserver l'herbe aujourd'hui»,  
les 1<sup>er</sup> et 2 avril 1998.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CEDRA C. (1995) : *Les matériels de récolte des fourrages - Ensilage et distribution - Technologies de l'agriculture*, Collection FORMAGRI, vol. 6.
- GAILLARD F. (1996) : *L'enrubannage en continu*, Commission " Ensilage " du Comité des plastiques en agriculture.
- SAVOIE P., ASSELIN N., LAJOIE J., TREMBLAY D. (1997) : «Evaluation of intensive forage conditioning with a modified disk mower», *American Society of Agricultural Engineers*, vol. 13(6), 709-714.
- SAVOIE P. (1998) : *Le surconditionnement des fourrages : aspects techniques et alimentaires*, Communication préparée pour les Journées Luzerne, INRA.
- Institut de l'Elevage (1993) : *Entre foin et ensilage : l'enrubannage*.

#### SUMMARY

##### **Recent innovations in farm equipment, from cutting to forage distribution**

In response to the increase in farm area coupled with a constancy of the labour force, farmers try to improve the efficiency of their harvesting and forage distribution equipment. There seems now to exist interesting new machinery, for cutting and herbage conditioning, for baling and wrapping, for distribution and handling. As regards hay making (cutting, tedding, windrow laying), the improvement in the equipment consists in a constant increase in working width and speed of advancement. Conditioning with the formation of a mat may be of interest for silage making. Many improvements have taken place in the wrapping technique : plastic sheets of 75 cm, continuous wrapping of cubic and round bales. There is an increasing use of electronics : sensors for a better control of the work and for soil-tool connections, for the management of binding by the balers, remote controls on the wrappers, etc. The silage and bedding choppers and the mixed-feed waggons have also been improved. This highly efficient equipment is however expensive, and is thus rather intended for groups of farmers and companies.