

L'ensilage en balles rondes sous film étirable

F. Gaillard

Les presses à balles rondes qui travaillaient uniquement sur les fourrages secs et les pailles ont été très vite adaptées pour permettre la réalisation de balles à partir d'un fourrage humide. Cette technique a pour principaux intérêts :

- de permettre la mécanisation intégrale de la manutention ;
- de nécessiter un investissement relativement limité (presse + chargeur) et de garantir une indépendance vis-à-vis du travail en groupe si nécessaire.

Différentes techniques (sacs, meules,...) ont été mises au point. Si elles apportaient un certain nombre de réponses, les risques d'une mauvaise conservation étaient élevés. Une nouvelle technique basée sur l'utilisation de film étirable limite voire supprime ces risques, tout en offrant une chaîne de récolte très souple.

La technique de l'ensilage sous film plastique étirable

1. Présentation de cette nouvelle technique

Elle fait appel au banderolage couramment utilisé dans l'industrie pour emballer des charges, le plus souvent sur des palettes. Cette utilisation appliquée aux bobines

MOTS CLÉS

Chantier de récolte, ensilage, étude économique, film plastique, stockage.

KEY-WORDS

Economical study, harvesting operations, plastic sheet, silage, storage.

AUTEUR

Centre National du Machinisme Agricole du Génie Rural des Eaux et Forêts (C.E.M.A.G.R.E.F.), Groupement de Clermont-Ferrand, Echelon de Montoldre, F-03150 Montoldre

de papier a fait naître l'idée du banderolage des balles rondes d'ensilage avec un film étirable en polyéthylène. Dès 1983, une machine prototype était testée au C.E.M.A.G.R.E.F. (Echelon de Montoldre).

Au cours de ces deux dernières années, les machines et les films ont évolué. Cette technique a fait sa véritable apparition en France lors du Salon International de la Machine Agricole (S.I.M.A.) en 1987, où était présentée une machine qui a reçu la distinction "Matériel Signalé" par le Comité pour l'Encouragement à la Recherche Technique du S.I.M.A.

L'ensilage d'herbe en brins longs n'étant pas tout à fait satisfaisant pour les troupeaux à besoins élevés, nous nous placerons dans le cas d'un troupeau allaitant ou dans celui où l'ensilage représente une faible part de la ration.

2. Principe de fonctionnement

Le banderolage permet de réaliser un emballage intégral d'un cylindre (en particulier des balles rondes) à partir d'un film étirable de 0,5 m de largeur.

• Deux montages mécaniques

— Deux axes de rotation de la balle

Le principe de fonctionnement est détaillé dans la figure 1. La bobine de film (1) tourne librement sur un axe fixe (2). La balle est animée de deux mouvements simultanés de rotation respectivement selon les axes AA' et BB'. La rotation selon l'axe AA' est engendrée par deux rouleaux (3) sur lesquels repose la balle. Ces deux rouleaux sont solidaires d'un plateau (4) qui engendre la rotation selon l'axe BB'.

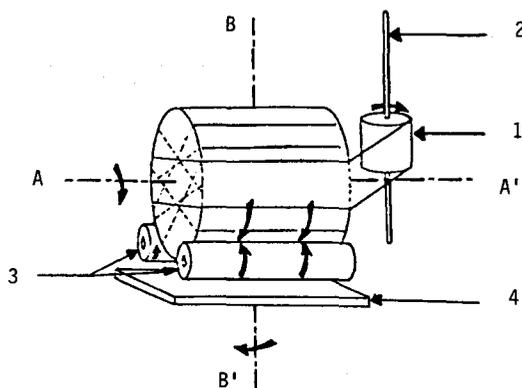


FIGURE 1 : Principe de fonctionnement d'une banderoleuse

FIGURE 1 : Working principles of a baler

Cette dernière rotation est à l'origine de la traction provoquant le déroulement de la bobine de film. L'entraînement des rouleaux et du plateau se fait à partir du circuit hydraulique du tracteur.

— *Un seul axe de rotation de la balle*

Certaines machines utilisent un principe quelque peu différent. En effet, la balle ne subit qu'une seule rotation selon l'axe AA'. La rotation selon l'axe BB' est remplacée par la rotation de la bobine autour de la balle. L'axe de la bobine est alors solidaire d'un bras tournant autour de l'axe BB'.

La rotation autour de l'axe AA' est en général assurée par des rouleaux comme précédemment. Cependant, il existe des machines qui ne possèdent pas ces rouleaux. La rotation selon l'axe AA' est alors uniquement engendrée par le roulement de la balle sur le sol poussée par le tracteur.

• **Le recouvrement**

A chaque tour, le film vient recouvrir une partie de la laize du tour précédent. Le taux de recouvrement de deux passages successifs est déterminé dans le cas d'une machine à bobine fixe par le rapport des vitesses de rotation du plateau (axe BB') et des rouleaux supportant la balle (axe AA').

Dans le cas d'une machine à bobine tournante, la synchronisation se fait entre la vitesse de rotation du bras support de bobine et la vitesse de rotation des rouleaux entraînant la balle.

• **Le chargement et le déchargement de la balle**

Le chargement peut se faire à l'aide d'un bras que possède la machine, actionné par un vérin hydraulique, ou à l'aide d'un outil de manutention lorsque la machine ne possède pas de bras. Le déchargement de la balle se fait en général par basculement du plateau vers l'arrière ou sur un côté de la machine.

Sur d'autres machines, ce sont les rouleaux d'entraînement de la balle qui viennent se resserrer à la base de celle-ci et qui permettent de la soulever par la montée du relevage. Dès que le banderolage est terminé, l'opération inverse permet de reposer la balle au sol sans détériorer l'emballage.

• **L'accrochage et la coupe du film**

Certaines machines possèdent un système permettant le démarrage du banderolage, ainsi que la coupe du film, sans intervention manuelle. Ce système permet d'augmenter la cadence du chantier. En effet, dans le cas où le banderolage est effectué au champ, l'opérateur n'est plus obligé de descendre du tracteur ; toutes les opérations

peuvent être réalisées depuis la cabine. L'arrêt du film, pour sa part, est assuré par son bon effet collant.

• **Les compte-tours**

En utilisant la méthode "2 × 2 couches" avec un recouvrement de 50%, il est important de compter le nombre de tours que la balle effectue. En effet, s'il est évident de repérer la fin du premier passage, cela l'est beaucoup moins pour celle du deuxième. La solution la plus rigoureuse consiste à compter le nombre de tours de balles nécessaires pour réaliser le premier passage, et à reporter ce nombre de tours pour le deuxième passage. Pour faciliter ce comptage, les constructeurs proposent des systèmes qui vont du simple contact sonore de deux pièces métalliques au compte-tours électronique.

Les films étirables en polyéthylène

1. La fabrication des films étirables

Il existe deux procédés de fabrication des films étirables qui proviennent d'un même principe initial : l'extrusion qui permet, par un processus continu, de réaliser la transformation de thermoplastiques. On fabrique ainsi des films monocouches, bicouches ou même tricouches où l'extrusion simultanée des différentes couches donne une excellente homogénéité mécanique.

2. Propriétés des films étirables

Les films en polyéthylène répondent à cette exigence grâce à leurs caractéristiques qui portent sur l'étirabilité, l'élasticité, le fluage et la relaxation, le vieillissement et les résistances mécaniques. Sachant qu'un film en polyéthylène conserve toutes ses propriétés mécaniques tant que l'étirage ne dépasse pas sa limite naturelle d'élasticité, il est très intéressant d'utiliser au maximum cette propriété d'étirabilité. Ainsi, le film est fermement plaqué sur l'ensilage et ne permettra pas une libre circulation d'air sous le film en cas de perforation. Par ailleurs, cela permet une économie de film.

3. Contraintes d'utilisation pour l'ensilage de balles rondes

Les films étirables en polyéthylène utilisés pour l'ensilage possèdent les qualités des films industriels desquels ils dérivent. Ainsi, les propriétés telles que les résistances aux déchirures, à la perforation, à l'usure, ainsi que l'étirabilité et l'élasticité se retrouvent dans ces films. Ces propriétés sont importantes : le fourrage ensilé

est parfois agressif (par exemple la luzerne) et peut créer des perforations. Les risques de chocs ou d'accrocs ne sont pas non plus négligeables.

Deux autres caractéristiques liées au stockage de l'ensilage ne sont pas prises en compte dans la mise au point du film industriel, alors qu'elles sont primordiales pour leur application à l'ensilage : d'une part, la durée et les conditions de stockage, d'autre part, l'étanchéité de l'emballage.

La durée de stockage de l'ensilage peut aller jusqu'à six mois, voire un an. Durant cette période, les films sont soumis aux rigueurs du climat (variations de température, rayonnement ultra-violet, vent). Il s'avère donc nécessaire de disposer d'un film qui ait une bonne stabilité à long terme, c'est-à-dire que son vieillissement physique (craquelures, fissures) et chimique ou climatique soit limité.

L'étanchéité étant primordiale pour la réussite de l'ensilage, il faut une parfaite adhésion entre les couches. Celle-ci est obtenue non seulement grâce à l'élasticité du film, mais surtout grâce à son effet collant.

Les mesures d'étanchéité

La réussite de l'ensilage dépend de deux facteurs principaux :

- la capacité de la plante à s'ensiler,
- l'herméticité de l'emballage.

La mise au point à l'Echelon de Montoldre d'une méthode de mesure de la perméabilité permet de comparer très rapidement les différents films, réglages, modes de stockage..., mis en œuvre avec cette nouvelle technique. Cette méthode consiste en la mesure de la pression interne de la balle, pression dépendant soit de la fermentation, soit d'une injection contrôlée de gaz. Les comparaisons suivantes ont été étudiées.

• Influence de la couleur du film

On constate qu'après un séjour au soleil la pression à l'intérieur d'un emballage blanc est supérieure à celle mesurée dans une balle noire, alors qu'à l'inverse la température y est inférieure (figures 2a et 2b).

Un simple toucher des films permet d'avancer une explication : le film noir est brûlant et se ramollit de sorte que les couches supérieures ne sont plus rigoureusement collées. Elles peuvent alors glisser les unes sur les autres, ce qui perturbe suffisamment l'homogénéité de l'emballage pour lui faire perdre de son étanchéité. Placé dans les mêmes conditions, le film blanc reste tiède et garde ses propriétés.

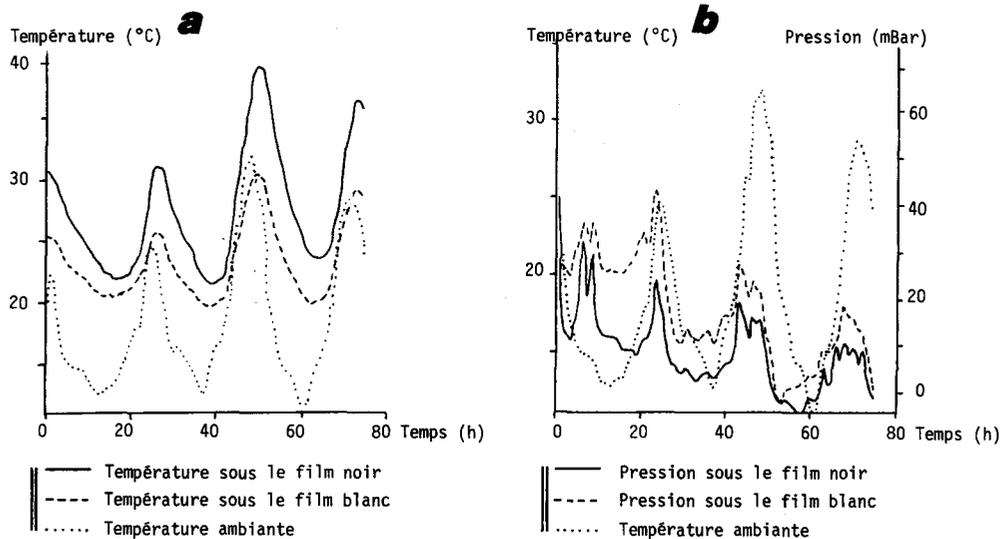


FIGURE 2 : Influence de la couleur du film a) sur le niveau de température à l'intérieur des balles, b) sur le niveau de pression interne en fonction de la température ambiante

FIGURE 2 : Influence of sheet colour on a) temperature level inside the bales, b) internal pressure level at given outside temperature

• Influence du colmatage des faces planes

Sur certaines des balles, les jonctions des différentes laizes entre elles sur les faces planes ont été obturées par du ruban adhésif. Dans les cinquante premières heures, la pression est plus importante dans les balles colmatées, ce qui confirme l'augmentation de l'étanchéité d'une partie de l'emballage (figure 3). Après cinquante heures, les niveaux de pression sont sensiblement les mêmes.

Ces résultats tendent à démontrer que les faces planes de la balle, où les bandes présentent nécessairement des plis, manquent d'étanchéité, mais que celle des faces arrondies n'est pas non plus parfaite.

• Influence du mode de stockage

Compte tenu des résultats précédents, certaines balles ont été stockées sur l'une de leurs faces planes en comparaison avec d'autres reposant sur leur face arrondie. Les deux courbes de pression se ressemblent et paraissent suivre l'évolution de la température ambiante (figure 4).

Le stockage vertical pratiqué au cours de cette expérimentation améliore l'étanchéité de l'emballage par rapport au stockage horizontal. En effet, les fuites des faces

planes (qui sont les plus importantes) sont réduites de moitié du fait de l'écrasement des plis du film situés entre le sol et la balle. Il serait intéressant de refaire une manipulation avec un stockage par colonnes de deux balles, pour mesurer l'étanchéité de la balle inférieure.

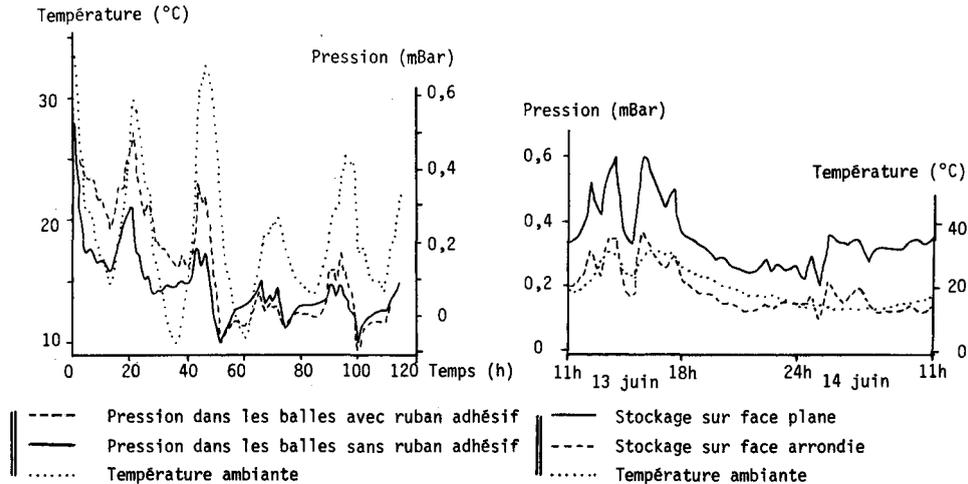


Figure 3

Figure 4

FIGURE 3 : Influence du colmatage des faces planes sur le niveau de pression à l'intérieur de l'emballage

FIGURE 3 : Influence of flat side mending on pressure level inside the bales

FIGURE 4 : Evolution des pressions à l'intérieur de la balle en fonction du mode de stockage (les 13 et 14 juin 1988)

FIGURE 4 : Evolution of inside pressure according to storage method (13th and 14th June 1988)

• En résumé

Les tests d'étanchéité montrent les limites de l'étanchéité de l'emballage obtenu par banderolage. Les niveaux de pression enregistrés en cours de conservation sont peu élevés, en partie en raison d'une étanchéité imparfaite de l'emballage. En règle générale, si l'ensilage se stabilise au bout de quelques jours, l'étanchéité évolue durant toute la durée de la conservation.

Le rôle de la couleur sur l'étanchéité ne paraît pas négligeable, l'effet de la température sur l'emballage semblant dépendre de la couleur du film. Un film blanc est favorable à une meilleure étanchéité.

Le renforcement des faces planes par un ruban adhésif a confirmé la mauvaise étanchéité de celles-ci, mais semble montrer également que l'étanchéité des faces arrondies n'est pas parfaite. Le stockage vertical permet d'améliorer l'étanchéité de l'emballage.

Qualité du fourrage

1. Résultats de conservation

Les résultats montrent que la conservation de l'ensilage est globalement meilleure avec le film étirable après six mois de stockage que pour les balles en sacs, mais les pertes existent encore. Elles sont essentiellement causées par des moisissures sur les faces planes des balles, là où les plis du film semblent créer des chemins pour l'air.

Au Royaume-Uni, plusieurs machines ont été élaborées depuis 1985 et comparées. Le compte-rendu de FORRISTAL (1987) confirme la bonne qualité de conservation obtenue après six mois de stockage. Les balles en sac ont subi en général des dégâts plus importants que les balles sous film étirable. Selon WOOD (1986), tout développement de moisissures consécutif à une perforation reste limité et localisé.

D'autre part, il ne semble pas qu'il y ait de différence significative de conservation suivant la machine utilisée (FORRISTAL, 1987). En revanche, la consommation de film varie d'une machine à l'autre et parfois même du simple au double. WOOD fait remarquer que quatre couches de film de 25 microns d'épaisseur, étirées à 40 %, sont au minimum nécessaires pour avoir une protection correcte du fourrage. Ces quatre couches de film peuvent être obtenues soit par un recouvrement de 75 %, soit par un recouvrement de 50 % avec un double passage (figure 5). GAILLARD (1987) a montré que la deuxième méthode est préférable : elle offre plus de résistance à la pénétration de l'air.

D'après les témoignages d'agriculteurs britanniques ayant utilisé la technique du film étirable au cours de l'année 1986, la conservation est satisfaisante. Cependant, les utilisateurs font remarquer en général les difficultés rencontrées avec les balles "à cœur mou" réalisées avec des presses à chambre fixe. Ces balles n'ont pas une densité homogène et se déforment facilement. Ils confirment par ailleurs la nécessité d'utiliser des films de qualité. Mais EYERS (A.D.A.S.) fait remarquer qu'il semble n'y avoir aucune différence de conservation selon la couleur du film utilisé.

Les résultats de conservation obtenus au C.E.M.A.G.R.E.F. durant les années 1987/1988 et 1988/1989 présentés tableau 1 ne permettent pas de différencier la couleur des films.

Couleur du film	Poids moyen de la balle (kg)	% M.S. au banderolage	% Pertes (en M.S.)	Ecart-type
1987-1988				
- Blanc	302	69,7	2,0	3,2
- Noir	388	48,2	7,8	7,3
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>				
1988-1989				
- Blanc	424	28,3	0,45	1,7
- Noir	333	44	0,68	2,4

TABLEAU 1 : Pourcentage de pertes relevé après 5 à 7 mois de conservation des balles d'ensilage sous film plastique étirable (4 couches de film par balle)

TABLE 1 : Percentage of losses measured after 5-7 months of conservation of silage bales under stretched plastic sheets (4 layers per bale)

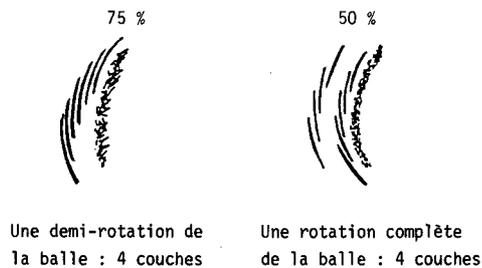


Figure 5

FIGURE 5 : Deux types de recouvrement du film plastique au banderolage

FIGURE 5 : Two types of plastic sheet covering at baling

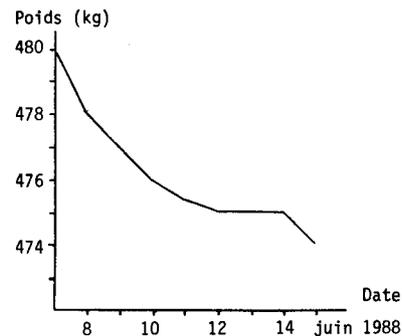


Figure 6

FIGURE 6 : Evolution du poids des balles d'ensilage enrobées avec un film étirable

FIGURE 6 : Evolution of silage bale weight when wrapped in stretched plastic sheet

2. Pertes de poids au cours de la fermentation

Trois balles enrubannées et mises sur palette ont été pesées journalièrement durant une semaine. L'évolution de leur poids est tracée dans la figure 6 ; chaque point correspond à la valeur moyenne des trois balles. On peut affirmer que ces pertes

sont gazeuses. En effet, l'observation continue des bâches a permis de vérifier l'absence de jus. Si ces pertes ne nous permettent pas de connaître les quantités de gaz réellement produites par les fermentations, elles permettent d'évaluer l'étanchéité de l'emballage.

3. Principaux points conditionnant la réussite de l'ensilage sous film étirable

Comme pour toutes les techniques d'ensilage, il faut récolter le fourrage au bon stade (avant l'apparition des épis) mais surtout éviter de souiller le fourrage par de la terre pour limiter tout risque de développement de spores butyriques.

• Pourcentage de matière sèche du fourrage récolté

C'est un point très discuté. Les recommandations vont de 25 % à 40 % (HILL, 1987). L'expérience montre qu'il n'y a pas de difficultés jusqu'à 60 %. Avec un taux inférieur à 25 %, les balles risquent de se déformer très rapidement et vont limiter l'efficacité du banderolage. D'autre part, les pertes par écoulement de jus risquent d'être importantes et de détériorer la partie basse de la balle.

Cependant, nous savons que le pH de stabilité de l'ensilage croît avec le taux de matière sèche (M.S.). D'autre part, un taux de matière sèche élevé a l'avantage d'augmenter la quantité de matière sèche par balle (du simple au double entre 18 et 50 % M.S.) et, de ce fait, de diminuer le nombre de balles par hectare, donc de diminuer les coûts, particulièrement en film étirable.

• La mise en andains et le pressage

Dans le cas de petits andains, il s'avère nécessaire de les regrouper pour qu'ils soient réguliers et de la largeur du pick-up de la presse. Cela permettra de réaliser des balles régulières, homogènes et de densité élevée. L'idéal est de réaliser des balles d'un diamètre et d'une largeur de 1,20 m. La régularité et l'homogénéité des balles sont importantes pour la réussite du banderolage.

• Le banderolage par lui-même

Mieux vaut ne pas trop attendre pour banderoler afin d'orienter rapidement les fermentations favorables. De plus, les balles risquent de se déformer, ce qui peut ensuite poser des problèmes lors du banderolage, mais aussi lors du stockage. Cependant, une étude italienne présentée au Congrès International des Herbages 1989 (Nice) permet d'envisager le report d'enrubannage de 24 heures dans certaines conditions. Des tests sont en cours en France.

L'utilisation d'un film de qualité est indispensable. Pour une bonne efficacité, il faut enrubanner les balles avec quatre couches de film étiré à 40% au moins avec la méthode suivante : recouvrement de 50% et deux passages. Il faut également s'assurer que la bobine de film soit bien positionnée par rapport au centre de la balle.

Beaucoup préconisent de banderoler lors de températures ambiantes élevées, l'effet collant du film évoluant avec l'augmentation de la température. D'autre part, il est préférable de reboucher avec du ruban adhésif les quelques trous occasionnés par les tiges des plantes récoltées. L'utilisation d'un joint "type Rubson" donne aussi de bons résultats.

Le choix du lieu de banderolage dépend du matériel dont on dispose et, par conséquent, de l'organisation du chantier de récolte. Il est préférable de réduire les opérations de manutention des balles (lorsqu'elles sont sous film étirable) pour limiter les dommages causés au film. Si le transport peut être effectué sans délai, le banderolage pourra se faire à proximité du lieu de stockage. Dans le cas contraire, il vaut mieux emballer rapidement les balles sur le champ et les stocker sur la face plane. Ainsi, elles se déforment moins et la reprise est plus facile.

4. Stockage, reprise et distribution des balles

Comme pour tout silo, la propreté est un facteur important. Le stockage sur une surface dure est préférable. Toute aspérité susceptible de provoquer des perforations doit être éliminée. Le nettoyage des aires de stockage et une lutte efficace contre les rongeurs, les oiseaux..., doivent être menés (ZWAENEPOEL, 1984 ; HOWARD, 1988).

Le plastique ne pouvant être réutilisé, les balles peuvent être reprises avec une griffe ou une fourche portée par un tracteur. Elles peuvent alors être déposées en libre-service dans des râteliers spéciaux pour balles rondes. Il existe cependant des couteaux électriques qui permettent de fractionner les balles. La balle posée sur sa face arrondie est sectionnée selon le diamètre sur toute sa longueur. Elle est ensuite ouverte comme un livre.

Etude économique

Les coûts d'un chantier d'ensilage de balles sous film étirable ont été comparés par le C.E.M.A.G.R.E.F. (GAILLARD et BERNER, 1989) à ceux de trois chantiers d'ensilage classique (brins courts et silo taupinière). Quelques éléments de cette étude sont présentés ci-dessous.

• Hypothèses et mode de calcul

L'enrubanneuse travaille uniquement sur herbe, ce qui n'est pas le cas des ensileuses qui peuvent travailler sur herbe ou sur maïs. Le résultat économique n'est alors pas le même. Pour en tenir compte, deux cas sont considérés avec l'ensileuse traînée : utilisation à 100 % sur herbe ou 50 % herbe, 50 % maïs. Pour l'ensileuse automotrice, un seul cas a été retenu : 50 % herbe, 50 % maïs.

Le rendement de référence a été fixé à 5,5 t MS/ha pour une première coupe de graminées, ce qui donne environ :

- 30 t de fourrage vert (18 % de MS),
- 22 t de fourrage ressuyé (25 % de MS),
- 13,5 t de fourrage mi-fané (40 % de MS).

Pour l'enrubannage, la récolte s'effectue à 40 % de MS.

Pour 1 ha de récolte, la surface d'emprise au sol est de 32 m² pour le silo taupinière d'une hauteur moyenne de 0,75 m (GAILLARD, 1986) et de 95 m² pour les balles rondes stockées verticalement sur un seul niveau (3,5 m²/balle et 27 balles/ha).

Dans l'ensemble, les charges fixes et les charges variables sont directement issues des tableaux de l'I.G.E.R.-B.C.M.A. Seuls les coûts d'utilisation de la banderoleuse ont dû être calculés selon la méthode du B.C.M.A. Les opérations et coûts intermédiaires des différents chantiers sont rassemblés dans le tableau 2. Dans le cadre de cette étude, le prix de l'enrubanneuse a été fixé à 56 000 F H.T. Cependant, ce prix varie de 40 000 F à 90 000 F selon les modèles.

Un certain nombre de paramètres ont une influence sur le prix final de l'enrubannage :

— *Le coût du film* : Une variation du prix du kilogramme de film de 1 F entraîne une variation du coût du film par hectare, et donc du coût total par hectare, de 22,95 F.

— *Le poids du film par balle* : Une variation du poids de film par balle de 50 g entraîne une variation du coût de film par hectare, et donc du coût total par hectare, de 21,60 F.

— *Le temps de banderolage* : Partant d'une variation du temps de banderolage de 10 secondes, la variation par hectare est de 270 secondes, soit 4 minutes 30

L'ensilage en balles rondes sous film étirable

Outils employés Description	Charges fixes (F/an)	Coefficient utilisation ensilage/an (%)	Charges			Traction nécessaire (kW/ha)	Main d'oeuvre nécessaire (mn/ha)
			fixes ensilage	variables /ha	totales /ha		
Ensilage en balles rondes sous film plastique étirable							
- Faucheuse- conditionneuse	10 460	30	3 138	60	123	45	60
- Presse balles rondes	11 386	20	2 277	21	67	45	60
- Fourche avant	3 054	20	611	7	19	30	75
- Remorque	4 721	10	472	2	11	30	60
- Banderoleuse	9 343	100	9 343	28	215	30	63
- Approvisionnement banderoleuse	0	0	0	0	0	30	63
- Total					434		381
Ensilage avec ensileuse trainée							
- Faucheuse- conditionneuse	10 460	30	3 138	60	123	60	60
- Ensileuse trainée	9 099	100	9 099	74	256	90	120
- Tracteur au silo	0	0	0	0	0	40	120
- Remorque 1	4 721	10	472	2	11	40	120
- Remorque 2	4 721	10	472	2	11	40	120
- Total					401		540
Ensilage avec ensileuse automotrice							
- Faucheuse- conditionneuse	10 460	30	3 138	60	91	60	60
- Ensileuse automotrice	55 895	100	55 895	164	723	0	45
- Tracteur au silo (+ fourche)	3 054	10	305	7	10	40	45
- Remorque 1	4 721	10	472	2	6	40	45
- Remorque 2	4 721	10	472	2	6	40	45
- Remorque 3	4 721	10	472	2	7	40	45
- Total					844		285

TABEAU 2 : Opérations et coûts intermédiaires pour trois chantiers d'ensilage : en balles rondes sous film plastique étirable (50 ha ensilés), avec ensileuse trainée (utilisée à 50% pour l'herbe), avec ensileuse automotrice (utilisée à 50% pour l'herbe, 100 ha ensilés) (source : C.E.M.A.G.R.E.F.)

TABLE 2 : Operations and intermediate costs involved in three types of harvesting for silage : round bales under stretched plastic sheets (50 ha harvested) with tractor-drawn harvester used half the time for grass or with self-propelled harvester used half the time for grass (100 ha harvested) (source : C.E.M.A.G.R.E.F.)

secondes, soit une variation du coût de main d'œuvre de 4,50 F et une variation du coût de traction de 3,80 F, ce qui fait un total de 8,30 F/ha.

— *Le taux de matière sèche* : Une variation du taux de matière sèche fait varier le nombre des balles par hectare, donc les coûts de traction, de main d'œuvre et de film plastique.

Par exemple, quelle est la variation de coût occasionnée par une diminution du taux de M.S. de 5% ? La quantité récoltée est alors égale à 15,4 t/ha de fourrage

à 35 % de M.S., ce qui correspond à une augmentation de 1,9 t/ha, soit 4 balles supplémentaires. Cela entraîne un surcoût de plastique de $4 \times 13,60 \text{ F} = 54,40 \text{ F/ha}$, mais également un surcoût de traction de 23,00 F/ha et un surcoût de main d'œuvre de 16,00 F/ha. Pour une diminution du taux de MS de 40 % à 35 %, le surcoût total est donc de 94,00 F/ha.

Le tableau 3 récapitule les coûts des principaux postes.

• Réalise-t'on une économie ?

	Balles rondes		Ensileuse trainée		Automotrice		
- Utilisation pour l'ensilage d'herbe	100 %		50 %		50 %		
- Surface récoltée (ha)	50	75	100	50	50	100	150
- Coût d'utilisation du matériel (F/ha)	434	329	276	401	1 451	844	641
- Coût de la traction (F/ha)	290	290	290	593	224	224	224
- Coût de la main d'oeuvre (F/ha)	222	222	222	315	166	166	166
- Coût du plastique (F/ha)	367	367	367	48	48	48	48
- Coût total (F/ha)	1 313	1 208	1 155	1 357	1 889	1 282	1 079

TABLEAU 3 : Coûts comparés des 3 chantiers de récolte

TABLE 3 : Comparative costs of three types of harvesting operations

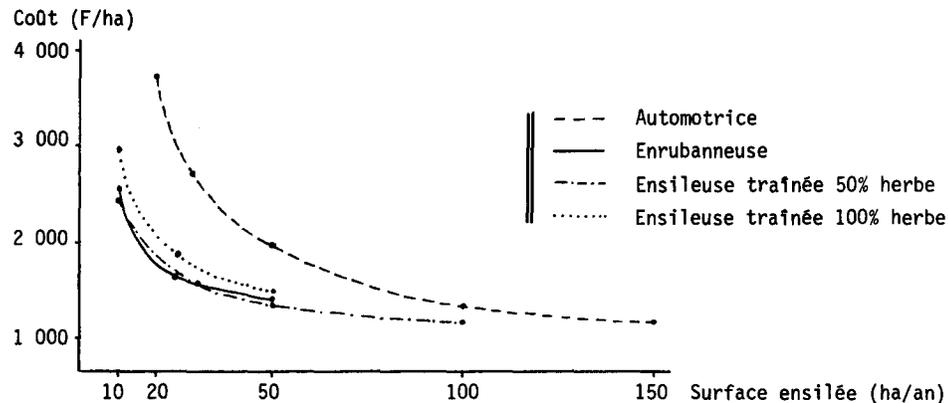


FIGURE 7 : Coûts comparés des techniques de conservation de l'ensilage en fonction de la surface ensilée

FIGURE 7 : Comparative costs of methods of silage conservation according to area harvested

Le tableau 3 et la figure 7 donnent les coûts par hectare des différentes techniques selon la proportion et la surface ensilée par an. Ils permettent de les comparer.

En dessous de 50 ha, le coût de l'automotrice reste élevé par rapport à l'ensileuse traînée et à l'ensilage en balles rondes sous film étirable, car les coûts d'utilisation de ces matériels sont beaucoup moins élevés. L'évolution de la courbe tend à montrer qu'après 50 ha, les coûts deviennent intéressants. L'ensileuse traînée demeure la technique la moins coûteuse jusqu'à environ 25 ha. Au-delà de 30 ha la technique de l'ensilage sous film étirable devient concurrentielle avec la technique de l'ensilage réalisé avec l'ensileuse traînée.

Un certain nombre d'éléments très favorables à la technique de l'ensilage sous film étirable, non pris en compte dans cette étude, décideront l'éleveur à investir dans une telle technique, même pour des surfaces moindres : par exemple, la disponibilité estivale des balles, un chantier mené avec peu de personnel, des animaux finis plus tôt car nourris régulièrement et ainsi commercialisés à des périodes plus favorables.

Une étude économique plus complète est en cours de réalisation au C.E.M.A.G.R.E.F. ; elle tâchera d'intégrer le maximum d'éléments.

Conclusion

Le prix de revient à l'hectare de la technique d'ensilage en balles rondes sous film étirable paraît intéressant à partir de 30 ha, pour une utilisation individuelle ou de groupe.

La réalisation de l'ensilage en balles rondes sous film étirable est une technique moins contraignante que les techniques d'ensilage en brins courts. De plus, la mise en œuvre du chantier est rapide. Par ailleurs, l'investissement est limité.

Quant aux problèmes de délai, liés à l'ouverture du silo taupinière, ils sont pratiquement inexistantes avec cette nouvelle technique qui offre des petits volumes d'ensilage disponibles à tout moment de l'année.

Les éleveurs intéressés devront porter une attention particulière au choix de la machine et du film, tout en se renseignant sur les résultats réels de conservation obtenus en France.

Accepté pour publication, le 24 juin 1990

Remerciements

Ce document fait largement appel au travail de J.L. BERNER, élève-ingénieur de l'E.N.I.T.A. de Dijon-Quétigny, qui a effectué son stage de fin d'études à l'Echelon de Montoldre du C.E.M.A.G.R.E.F.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERNER J.L. (1988) : *Application du banderolage sous film étirable à la conservation des ensilages conditionnés en balles rondes*, mémoire de fin d'études, Chaire de Machinisme et Génie Rural, E.N.I.T.A. Dijon-Quétigny - C.E.M.A.G.R.E.F. de Montoldre.
- FORRISTAL D. (1987) : "Wrapping silage bales. Comparing three stretch film machines", *Farm and Food Research*, 18, n°5, 28-29.
- GAILLARD F. (1986) : "L'ensilage en balles rondes en France", *B.T.M.E.A. - C.E.M.A.G.R.E.F.*, n°3-4, 23-24.
- GAILLARD F., ZWAENEPOEL P. (1987) : "L'ensilage en balles rondes sous film étirable", *B.T.M.E.A. - C.E.M.A.G.R.E.F.*, n°18, 37-46.
- GAILLARD F., BERNER J.L. (1989) : "Le banderolage des balles d'ensilage. Approche économique", *B.T.M.E.A. - C.E.M.A.G.R.E.F.*, n°37, 9-16.
- HILL P. (1987) : "Baled silage Review", *Farm Contractor*, n°136, 17-33.
- HOWARD P. (1988) : "Volac's Silawrap round bale wrapper", *Power Farming*, 67, n°3, 36-38.
- WOOD D. (1986) : "Silage making wrapped up", *Power Farming*, 65, n°5, U9.
- ZWAENEPOEL P. (1984) : "La protection des films d'ensilage", *Plasticulture*, n° 63, 57-61.

RÉSUMÉ

La presse à balles rondes est désormais disponible pour les chantiers d'ensilage. Chaque balle est enveloppée dans un film plastique qui peut être appliqué directement dans la parcelle. Le film, une fois étiré, est parfaitement plaqué contre l'ensilage ; de ce fait, en cas de trou, les dégâts sont très localisés.

Les essais en grandeur réelle montrent le faible niveau de pertes (moisissures) ; divers facteurs intervenant sur l'étanchéité (couleur du film, colmatage des faces planes et mode de stockage) sont étudiés. Les débits de chantier sont performants et permettent de dépasser pour certains 1 ha/heure. La quantité de film utilisée se situe autour de 800 à 850 g de film par balle.

L'étude économique montre l'intérêt de cette technique à partir d'une trentaine d'hectares à ensiler.

SUMMARY

Round-baling of silage with stretched plastic sheets

Round-balers are now available for silage making. Each bale is wrapped in a plastic sheet, which may be applied in the field. Once the sheet is stretched, it adheres tightly to the herbage, so that, should there be a hole, the damage is limited.

Trials on a real scale showed the losses (mould) to be unimportant ; the various factors that have an effect on tightness (colour of the sheet, mending of the flat sides, storage) are studied. Output is satisfactory and sometimes may exceed 1 ha/hour. The amount of plastic sheet used is about 800 to 850 g per bale.

The study shows that this technique is economically interesting from a harvestable area of about 30 ha onwards.