

*QUELQUES RESULTATS RECENTS DE RECHERCHES
PORTANT SUR LES METHODES RAPIDES DE FANAGE (*)*

UN SYSTEME DE FANAGE PEUT ETRE CONSIDERE COMME SATISFAISANT LORSQU'IL PERMET DE REDUIRE AU MINIMUM LES PERTES DE MATIERE NUTRITIVE A LA FOIS pendant le séchage sur le champ et pendant la conservation, de telle façon que la valeur du foin au moment où il est absorbé par les animaux soit aussi proche que possible de celle du fourrage à partir duquel il a été fait.

Le fait de retarder la date de la première coupe jusqu'à ce que le pourcentage d'humidité des plantes et du sol soient suffisamment abaissés, et que la longueur du jour, l'ensoleillement et l'humidité relative de l'air soient devenus favorables au séchage, réduit la valeur nutritive potentielle du fourrage (20).

Un moyen d'éviter une telle critique consiste à prendre le foin sur une seconde coupe suivant un pâturage précoce ou une première coupe pour l'ensilage. De toute façon, quelle que soit l'époque à laquelle la coupe est effectuée, et que le foin doive être séché complètement en andain, ou partiellement sur place et post-conditionné par ventilation artificielle ou à l'aide de siccateurs — la phase de séchage sur le champ doit correspondre à des périodes

par
G. Shepperson
J. K. Grundey

(*) Exposé présenté à la réunion d'hiver de la British Grassland Society, Londres le 8 Décembre 1961.

de beau temps qui, sous certains climats, sont réduites à de courts intervalles entre des périodes pluvieuses. D'où l'intérêt d'utiliser des traitements mécaniques destinés à accélérer la vitesse de séchage tout en réduisant les pertes physiques à un taux minimum.

FANAGE ET RETOURNEMENT DE L'ANDAIN

CASHMORE et DENHAM, en 1938 (4), attirèrent l'attention sur la valeur de retournements précoces et fréquents de l'andain. Toutefois la transposition mécanique de la vieille pratique de l'usage de la fourche et du râteau fut très lente à se développer en raison du manque de matériel à la fois robuste et pratique.

Durant les dix dernières années, on a assisté à une extension très large de la mécanisation en raison de l'apparition de machines plus puissantes, capables de travailler sur des récoltes plus lourdes, à des vitesses plus grandes et avec moins de pannes mécaniques. En même temps est intervenue une prise de conscience des résultats pouvant être obtenus par l'application de traitements précoces, et souvent sévères, sur la vitesse et la régularité de séchage de l'andain fraîchement coupé.

Le foin peut être fait rapidement et avec une sécurité apparente quel que soit le temps par l'emploi combiné des faneuses modernes et des machines à retourner les andains. HOLMES (7) a montré l'intérêt de l'emploi de faneuses dans des conditions défavorables et les possibilités du système ont été pleinement exploitées par WILLIAMS (23) sur de grandes surfaces.

La faneuse mélange les herbes et les dresse sous forme d'un andain au travers duquel le vent peut souffler librement, et dont l'humidité peut être facilement éliminée par ces fréquents renouvellements d'air.

PEDERSON (6) a montré l'efficacité de l'emploi d'un écran de polyéthylène noir placé entre le sol et l'andain, augmentant la rapidité de séchage lorsque l'humidité du sol est élevée. Les difficultés pratiques s'opposent évidemment à l'utilisation de cette méthode à l'échelle de la culture.

Le retournement de l'andain sur une partie de terrain plus sèche accroît également la vitesse de séchage, et en même temps a l'avantage de placer la partie inférieure de cet andain dans une meilleure position.

Le succès de la technique du retournement et du fanage classique est sous la dépendance du mouvement conféré à l'ensemble de l'andain et de la disposition finale qui lui sera donnée. Cette méthode n'a que peu ou pas

d'effet sur la régularisation de la vitesse de séchage entre les différentes parties de la plante : par conséquent, les feuilles sèchent plus rapidement que les parties succulentes des tiges, spécialement lorsqu'il s'agit de légumineuses.

CONDITIONNEMENT DU FOURRAGE

La lacération, l'éclatement ou le froissage des tiges des plantes leur permet de céder leur humidité plus rapidement, et peut aboutir au séchage simultané des feuilles et des tiges jusqu'à un niveau donné de teneur en eau. L'importance des dommages causés à la plante, résultant de la sévérité de la lacération ou de l'éclatement, a une action sur la rapidité de séchage, mais peut aussi entraîner de larges pertes supplémentaires en matière sèche, spécialement sur les feuilles qui deviennent fragiles et se cassent facilement dès que leur teneur en eau tombe au-dessous de 20 % dans l'andain.

Les premiers travaux américains portèrent surtout sur le procédé de l'éclatement des plantes, obtenu en les passant entre des rouleaux sous pression. Le fait que la plupart des expériences furent effectuées avec de la luzerne explique que des résultats favorables aient été obtenus dans de nombreuses conditions de culture et de climat. WHITE et KALLFLEISCH (22) montrèrent que dans de bonnes conditions de séchage — température de 27° c et humidité relative de 40 % — un mélange fléole-luzerne dans la proportion de 3 à 2, dont le rendement était de 6 T/ha, pouvait être séché jusqu'à une teneur en eau de 12 % en 30 heures 1/2, alors que la même récolte non conditionnée demandait 50 heures 1/2 pour parvenir au même état de siccité. Fait peut-être plus important, les pourcentages d'humidité respectifs obtenus dès le soir du jour de la coupe étaient de 25 et 45 %.

Dans d'autres récoltes abondantes, des résultats semblables furent obtenus, mais avec une récolte de faible importance (2 T/ha) on trouva peu de différence entre les deux méthodes.

Quelques-unes des conditions requises pour la réussite d'un tel conditionnement furent examinées par BRUHN (2) qui établit que l'efficacité de l'opération dépendait de la relation entre la pression des rouleaux et la vitesse d'avancement, du nombre des rouleaux et de l'épaisseur du « tapis » introduit entre ces rouleaux. Des pressions excessives entraînaient des dommages et des pertes par rapport au potentiel présent sur le champ.

Des essais furent réalisés à l'Institut National du Machinisme Agricole (N.I.A.E.) de GRANDE-BRETAGNE, de 1951 à 1955, sur prairies tempo-

raires de ray-grass - trèfle blanc, sur luzernes et sur prairies permanentes, afin de comparer l'emploi d'un « crusher » à rouleaux d'acier, d'un conditionneur à marteaux frappant sur une surface concave caoutchoutée, et de divers types d'appareils de fanage et de retournement de l'andain (10-18-19).

Les plus grandes différences de rapidité de séchage furent obtenues avec des récoltes importantes de plantes succulentes, d'âge physiologique peu avancé et ceci sous des conditions de séchage moyennes ou mauvaises, mais en l'absence de pluie. Au moins 24 heures et souvent 2 jours purent être gagnés pour parvenir à un état de siccité permettant la mise en balles, lorsqu'on employa ces appareils conditionneurs au lieu d'effectuer les traitements traditionnels.

Lorsque de fortes pluies intervinrent, les différences furent souvent insignifiantes, de même que dans le cas de récoltes peu abondantes, avancées en maturité et par beau temps.

L'une des conclusions les plus importantes de ces travaux fut que l'application d'un traitement, quel qu'il soit, au moment de la coupe ou très rapidement après la coupe donne de meilleurs résultats que l'application du même traitement 24 heures plus tard. Alors qu'une sévère lacération ou que le fait de meurtrir les plantes entraînent de fortes améliorations de la vitesse de séchage en favorisant une perte d'eau plus rapide après le stade « 50 à 55 % de matière sèche », les légumineuses ainsi traitées se montrèrent plus sensibles aux dommages causés par la pluie, spécialement dans le cas où celle-ci s'était mise à tomber quand le pourcentage était compris entre 30 et 50 %. La formation d'agglomérats humides, très difficiles à sécher complètement, devint un sérieux problème sur les fourrages « martelés », mais les plantes éclatées ne semblèrent pas se différencier beaucoup à ce point de vue de celles qui avaient été seulement fanées ou retournées.

Ces travaux montrèrent l'intérêt éventuel des procédés de conditionnement des fourrages pour accélérer la vitesse de séchage. On était amené à penser cependant que les techniques améliorées de fanage pouvaient également être efficaces pour accélérer cette vitesse, et ceci de façon plus économique, en raison du coût élevé et du faible rendement (de l'ordre de 20 ares à l'heure) des machines de conditionnement des fourrages disponibles alors, de la forte puissance requise pour les tracter, et des pertes sur les récoltes qui pouvaient être de 10 à 30 % plus élevées que la normale.

On doit également préciser que les machines de fanage et de retournement utilisées à cette époque ne seraient pas considérées aujourd'hui comme

satisfaisantes et que des améliorations substantielles ont été apportées à ces types d'appareils pendant les cinq dernières années.

Notre position aujourd'hui est influencée non seulement par le développement rapide du matériel de récolte des fourrages en général, mais aussi par la présence dans de nombreuses fermes de récolteuses à fléaux, et de tracteurs assez puissants pour les entraîner de façon satisfaisante. De plus, un grand nombre de ces récolteuses sont assorties d'accessoires de fanage qui leur sont propres, alors que d'autres fabricants offrent, de leur côté, des appareils de conditionnement (« crimpers » et « crushers ») de type amélioré et travaillant plus vite.

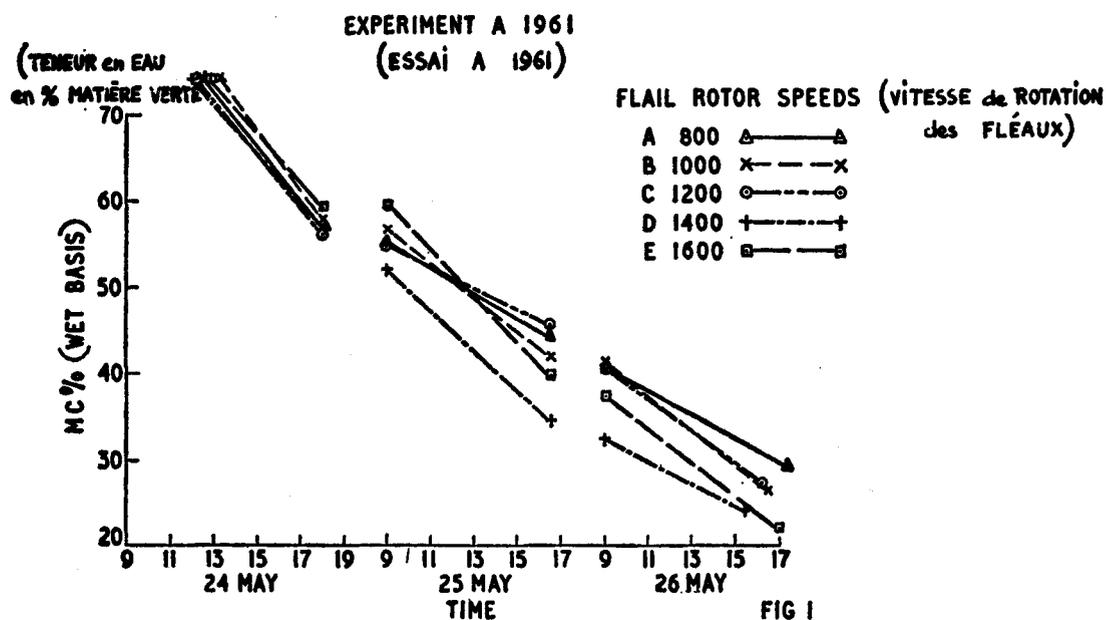
TRAVAUX RECENTS

Résultats américains

Plusieurs rapports récents venus d'AMERIQUE, où les travaux ont porté la plupart du temps sur la luzerne et occasionnellement sur des mélanges avec des graminées telles que la fléole et le brome inerme, indiquent un emploi plus large des machines conditionneuses, mais les résultats diffèrent peu de ceux qui avaient été obtenus auparavant.

En matière de conditionnement des fourrages, on désigne généralement sous le nom de « *crusher* » un appareil ayant 2 ou 4 rouleaux d'acier, ou des rouleaux caoutchoutés, souvent muni d'un dispositif à cannelures en spirale ou en arêtes de poisson assurant l'alimentation de la machine ; il nécessite de la part du tracteur une puissance disponible de 4 à 7 CV. selon la pression des rouleaux. L'action de l'appareil se traduit par un écrasement ou une déchirure des tiges suivant leur longueur.

Les « *crimpers* » sont constitués de rouleaux à cannelures longitudinales, chaque rouleau se comportant vis-à-vis de l'autre à la manière d'un pignon d'engrenage ; l'un d'entre eux ou les deux, selon le type d'appareil, peuvent être entraînés par le moteur ; la puissance requise est généralement inférieure à 4 CV. Leur action consiste à courber ou à plier les tiges en accordéon, à des intervalles de 5 à 7 cm, de telle façon que les pertes d'eau soient favorisées non seulement par les dommages mécaniques causés aux plantes, mais par la disposition prise par le fourrage permettant une ventilation naturelle plus efficiente.



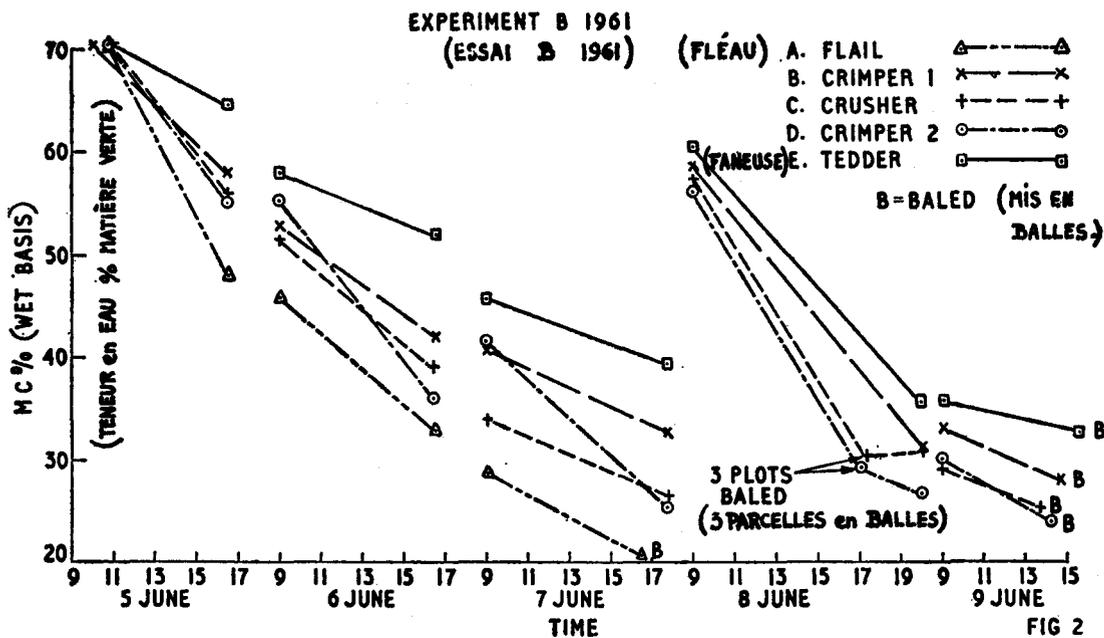
REF. P 2022

BOYD (1) a comparé l'action des « crimpers » et « crushers » avec celle des récolteuses à fourrage, et a trouvé que lorsqu'on utilisait une pression de 5,6 à 6,3 kg par cm de longueur sur le « crimper », les vitesses de dessiccation étaient alors du même ordre, en amélioration sensible par rapport à celles qui étaient obtenues sans conditionnement préalable de la luzerne.

Avec un mélange fléole - trèfle violet, l'emploi de la récolteuse à fléaux a permis de réduire la teneur en humidité à 22,5 % un jour après la coupe, alors que cette teneur était au même moment de 29,6 % après passage du « crimper » et de 42,2 % pour le fourrage non conditionné. L'emploi de l'appareil à fléaux réduisit également la teneur en eau d'une luzerne à 20,5 % lorsque le même fourrage non conditionné était encore à 38,4 %.

BRUHN (3) a étudié l'effet d'un passage différé du « crusher » après la coupe, de la vitesse d'avancement du tracteur, de même que celui de l'emploi de la récolteuse à fourrages sur l'accélération de la vitesse de séchage,

Méthodes rapides



l'accroissement du degré de « hachage », et par conséquent des pertes. Une faible vitesse d'avancement combinée à une vitesse élevée de rotation des rouleaux améliore la rapidité de séchage avec le « crusher », sans doute en raison de la plus faible quantité de fourrage avalée par l'appareil ; la vitesse d'avancement s'est révélée avoir peu d'effet dans le cas du « crimper » lorsque les rouleaux tournent à 4 750 t/m.

Le fait de retarder le passage de l'appareil conditionneur après la coupe n'accroît pas la tendance à la récolte à s'enrouler, mais réduit, au total, la rapidité de séchage qui n'est pas améliorée avant le moment du conditionnement. Un double passage du « crimper » accroît la vitesse de dessiccation par rapport à un simple passage, mais provoque également une augmentation des pertes. L'emploi de la récolteuse à fléaux n'entraîne pas un séchage plus rapide, mais cause des pertes plus élevées.

D'autres travaux relatés par SASSELMAN et FINCHAM (5) ont montré

que pour permettre la mise en balles d'une luzerne, l'emploi de la récolteuse à fléaux autorise une avance de 24 heures sur l'emploi du crimper, tandis que l'utilisation du crusher n'entraîne qu'un faible avantage par rapport à celle du crimper. Il est recommandé d'éviter de faire passer les roues des instruments sur les andains de fourrages lacérés, et il est vraisemblable que certains résultats contradictoires rapportés peuvent être partiellement attribués à un manque d'attention sur ce point.

Les traitements visant à conditionner le fourrage ont été étudiés par KEPNER et ses collaborateurs (8) qui ont comparé l'emploi de deux types de crimpers et de deux types de crushers à rouleaux lisses. Un point important, mis en évidence à l'occasion de ces essais fut le suivant : bien que le fourrage conditionné ait souvent atteint la teneur en eau de 20 % en 30 à 35 heures, 3 à 5 jours devaient s'écouler avant que l'on puisse enregistrer une telle teneur en début de matinée ; malgré tout ceci arrivait généralement deux jours plus tôt que dans le fourrage n'ayant pas subi de conditionnement préalable. La reprise d'humidité à partir de la rosée nocturne était plus forte sur le foin conditionné ; il semble que cette différence était plutôt due à ce que les traitements mécaniques sévères avaient permis d'obtenir un fourrage plus sec au moment de la ré-humidification qu'au fait que le fourrage éclaté serait devenu plus absorbant. Les pertes d'eau à la suite du retour de conditions plus favorables au séchage se révélèrent également plus rapides sur le fourrage traité, ainsi qu'on avait pu l'observer dans les premières expériences réalisées dans ce pays.

En comparaison avec les méthodes traditionnelles, les pertes de récolte sur le champ étaient de 1,1 % plus élevées avec l'emploi du « crusher » et 3,6 % dans le cas du « crimper ». Des essais d'alimentation n'ont toutefois révélé aucune différence sensible entre les traitements, résultats qui vinrent confirmer ceux qui avaient été obtenus 10 ans plus tôt (22).

Résultats obtenus en Grande-Bretagne

Depuis 4 ans, de nombreux agriculteurs ont utilisé les récolteuses à fourrages pour traiter leur foin, ceci avec des degrés de réussite très variables ; certaines suggestions ont été faites concernant le mode d'emploi de ces appareils afin de combiner une vitesse de séchage maximale et des pertes minimales. Dans les cas où la technique a été appliquée avec succès et lorsque la machine a été utilisée pour la coupe, suivie par un appareil de fanage et un râteau andainier pour les traitements accessoires, le temps nécessaire pour sécher le fourrage jusqu'à un niveau permettant la mise en balles n'a été que

de 2 jours, alors qu'il en fallait 8 en opérant selon la méthode traditionnelle ; par contre, les pertes estimées ont été de 10 % plus élevées. Ces pertes paraissent avoir été largement compensées par une réduction du coût des opérations allant de 14 à 28 N.F. par tonne de foin récolté ; en outre, il est plus facile de couper des récoltes versées avec la récolteuse à fourrages qu'avec une faucheuse.

Afin d'éclairer un peu les importantes variations de résultats enregistrées lors de l'emploi des récolteuses à fourrages pour obtenir du foin, une série d'essais fut effectuée dans 21 fermes par les ingénieurs spécialisés des services de vulgarisation du Ministère de l'Agriculture de Grande-Bretagne (N.A.A.S.). Une analyse des résultats obtenus, joints à d'autres provenant des fermes expérimentales où étaient également utilisés des « crimpers » et des « crushers », fournit des données très intéressantes.

Les comparaisons portaient sur :

- la fauche suivie de fanage traditionnel,
- la coupe à la récolteuse à fléaux, suivie par l'utilisation d'un équipement traditionnel de fanage,
- la fauche suivie par un premier traitement à la récolteuse à fléaux, puis par l'emploi de l'équipement traditionnel.

Les temps moyens séparant la coupe du pressage furent respectivement, pour les différents traitements, de 89, 53 et 73 heures (tabl. 1) et dans plusieurs cas l'utilisation de la récolteuse à fléaux permit d'abaisser ce temps à moins de 30 heures. Il mérite d'être mentionné, cependant, que les opérations de « fanage » proprement dites (traitement n° 1) n'ont pas toujours été satisfaisantes, et qu'elles auraient pu être améliorées sensiblement si l'on avait utilisé un matériel correct au bon moment. Une seconde interprétation des résultats tenant compte de ce fait aboutit à une réduction du temps de fanage : celui-ci tombe alors à mi-chemin entre ceux qui avaient été obtenus par l'utilisation des machines à fléaux, soit lors de la coupe, soit au premier fanage.

En moyenne, l'emploi de la récolteuse à fléaux entraîna une réduction de rendement d'environ 600 kg/ha, soit 14 % ; si l'on tient compte seulement des fermes où les comparaisons directes entre les trois traitements ont été réalisées, les pertes consécutives à l'emploi de cet appareil, soit pour la coupe, soit pour le fanage, ont été respectivement de 167 et de 330 kg/ha. Elles ont atteint une fois le taux élevé de 42 %, le hachage résultant d'une vitesse de rotation des fléaux trop rapide et d'une vitesse d'avancement du tracteur trop lente ayant été exagéré.

TABLEAU I

Comparaison de trois méthodes de conditionnement de l'andain.
Rendements et vitesse moyenne de séchage.

Traitement de l'andain	Foin		Matière sèche				Temps de séch. (heures)
	kg/ha	kg/balle	%	kg/balle	kg/ha	Rendem. relatif	
Faucheuse/Faneuse	6.756	23,6	73,6	17,3	4.864	100	89
Fléau/Faneuse	5.308	19,0	80,6	15,3	4.267	86	53
Faucheuse/Fléau	5.651	20,8	78,0	16,2	4.293	87	73

TABLEAU II

Conditionnement des fourrages - Vitesse de travail.

Traitements		Essais du N.A.A.S. (1)			Essais du N.I.A.E. (2)		
		Nbre d'ares traités à l'heure			Nbre d'ares traités à l'heure		
		Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.
Coupe	Faucheuse	80	16	40	52	32	42
	Fléau	72	8	20	72	44	56
Fanage	Fléau	100	20	40	116	96	104
	Faneuse (2 andains).....	140	72	92	—	—	—

(1) National Agricultural Advisory Service = Service National de Vulgarisation Agricole.

(2) National Institute of Agricultural Engineering = Institut National du Machinisme Agricole.

Ceci arrive en particulier lorsqu'il n'existe pas de changement de vitesse sur le mécanisme d'entraînement, et lorsqu'on ne dispose que d'un tracteur de faible puissance. D'un autre côté, un gain de 15,8 % a pu être enregistré lorsque le traitement traditionnel s'est traduit par une exposition prolongée de l'andain.

En plus des réglages combinés des vitesses de rotation et d'avancement, on recommande, pour réduire les pertes au minimum, d'éviter d'avoir affaire à des fourrages trop jeunes ou, au contraire, ayant une trop forte proportion de tiges, et de travailler sur un andain assez compact. L'emploi du râteau-faneur à disques est conseillé tant pour le retournement que pour l'andainage.

Bien que l'incidence de précipitations ne semble pas supprimer tous les avantages résultant de l'accélération du séchage, les études qui viennent d'être signalées montrent l'intérêt qu'il y a à pouvoir exécuter l'ensemble des opérations de récolte du foin dans les courts intervalles de beau temps dont on peut profiter.

Les chiffres extraits de ce rapport (12) et de deux autres comptes rendus d'essais (13 et 14) sont résumés dans le tableau 2 et donnent une idée de la gamme des vitesses de travail effectives que l'on peut atteindre dans la pratique. Le chiffre très bas de 8 ares à l'heure et la faible moyenne de 20 ares à l'heure obtenus dans les essais de coupe avec la machine à fléaux, peuvent être généralement attribués à l'utilisation de tracteurs de trop faible puissance et de fronts d'attaque des machines trop étroits. La comparaison avec la coupe à la faucheuse est plus favorable lorsqu'on considère le premier système de fanage avec l'emploi du fléau. Les résultats d'essais qui se rapportent à une faucheuse de 1 m 50 et à une récolteuse à fléaux travaillant sur 1 m 20 permettent la meilleure comparaison des deux systèmes.

Une étude plus détaillée des vitesses de séchage et des pertes en matières nutritives fut entreprise par MURDOCH et BARE (11) qui suivirent 5 essais dans lesquels étaient comparées les techniques utilisant faucheuse et faneuse d'une part, récolteuse à fléaux à la fois pour la coupe et le fanage d'autre part.

Alors que les traitements les plus sévères accélèrent toujours la vitesse de fanage, ils le font au prix de pertes élevées : c'est ainsi que la coupe à la récolteuse à fléaux provoque une diminution de valeur nutritive allant de 29,5 à 43,1 % alors que celle-ci n'est que de 12 à 19,2 % lorsque l'appareil est utilisé seulement pour faner après une fauche à la barre de coupe. Les pertes résultant du fanage ordinaire varient également entre 15,6 et 24,6 %. Fait remarquable : les traitements qui causent une perte d'eau rapide le jour de la coupe permettent également d'obtenir une grande vitesse de séchage global ;

en outre, le fanage proprement dit, opposé au simple retournement du fourrage, améliore l'homogénéité de dessiccation sur toute la profondeur de l'andain.

Les importantes variations enregistrées dans les temps de séchage et spécialement dans les niveaux des pertes indiquent que des modifications judicieuses apportées aux machines, et un mode de conduite correct, sont des facteurs essentiels à considérer.

Les résultats publiés dans un rapport expérimental officiel (14) obtenus après emploi d'une récolteuse à fléaux convenablement modifiée, montrent qu'avec des récoltes dont le rendement en foin varie de 4 à 6,5 T/ha, le temps de séchage peut varier de 8 heures à 7 jours, selon le traitement et le moment où les précipitations interviennent. Dans un champ où les pertes purent être mesurées, la moyenne enregistrée sur les parcelles fanées avec la récolteuse à fléaux fut supérieure de 4,2 % à celles des parcelles coupées avec ce même appareil, de 5,9 % aux estimations obtenues après emploi de machines traditionnelles. Les vitesses de travail furent de 56 ares à l'heure pour la coupe et de 104 ares à l'heure pour le fanage.

D'autres chiffres peuvent être trouvés dans un rapport comparant l'efficacité de deux récolteuses à fléaux différentes, utilisées à la fois pour la coupe et le fanage, avec celle des appareils classiques de fanage (9). L'intervalle de temps entre la coupe et le pressage, en conditions « satisfaisantes à mauvaises » pour le séchage, fut de 3 à 4 jours après intervention de la récolteuse à fléaux et de 6 jours après utilisation des instruments traditionnels ; la teneur en humidité lors du pressage fut cependant variable, en général plus forte sur les parcelles récoltées au fléau. Les réductions de rendement de ces dernières furent supérieures de 1,7 à 8,6 % à celles qui ont été enregistrées sur les parcelles normalement fanées, et les pertes furent plus faibles dans le cas où l'on n'avait utilisé le fléau que pour la coupe.

Les conclusions tirées de ce travail se rapprochent beaucoup de celles de la première série d'essais entrepris par les services de Vulgarisation, dont il a été question précédemment.

Les auteurs attirent également l'attention sur les difficultés que l'on peut s'attendre à rencontrer lorsqu'on utilise une machine travaillant sur une largeur inférieure à 1 m 20 ; on ne peut éviter que les roues du tracteur passent sur les andains et la largeur du travail des appareils normaux utilisés par la suite n'est pas adaptée à la situation établie par l'emploi de telles machines.

Des travaux détaillés ont été effectués conjointement par le DRAYTON E.H.F. et par l'INSTITUT NATIONAL DU MACHINISME AGRICOLE

(N.I.A.E.) pendant deux années sur six expériences comparant les vitesses de séchage et les rendements consécutifs à l'emploi de faneuses, « crushers », « crimpers » et récolteuses à fléaux ; dans un essai, une comparaison directe des vitesses de travail fut également effectuée (21).

Une analyse globale des chiffres exprimant les rendements obtenus sur 5 de ces essais montre qu'il n'y a pas de différences significatives entre les résultats du fanage traditionnel et ceux du traitement « crimper » suivi d'un fanage normal (4,85 et 4,90 T/hectare). De plus, l'élimination de tout équipement de fanage classique pour laisser la place à plusieurs passages du « crimper » entraîne des prises en masse et des irrégularités de constitution des andains, bien qu'on ait pu observer une augmentation de la vitesse moyenne de séchage.

Dans de nombreux cas, l'utilisation de la récolteuse à fléaux comme faneuse cause les plus fortes pertes de matière sèche, mais n'entraîne pas toujours les taux de séchage les plus rapides.

Dans les deux essais comparant exclusivement les fléaux, « crimpers » et faneuses, l'usage du fléau seul, comparé à l'emploi des seules faneuses, eut pour résultat une perte de 770 k/ha en 1960 et de 1 260 k/ha en 1961 (respectivement 13,2 et 27,7 % des rendements potentiels). Dans les mêmes conditions, l'utilisation exclusive du « crimper » causa des réductions de rendement de 320 et 685 k/ha (respectivement 5,6 et 15 %).

Une comparaison globale de l'emploi de la faneuse, du « crimper » et de la faneuse, enfin du « crimper » effectuant à la fois les deux traitements, mit en évidence une réduction significative du rendement de plus de 360 k/ha ($p = 0,01$) liée à l'adoption du dernier système.

Ces résultats font apparaître la nécessité de restreindre l'usage des machines modernes de conditionnement aux premiers traitements seuls, et de faire suivre leur emploi de celui d'équipements traditionnels de fanage et de retournement de l'andain.

ESSAIS DE CONDITIONNEMENT DU FOURRAGE EN 1961

Les essais entrepris à SILSOE (N.I.A.E.) en 1961 étaient destinés tout d'abord à déterminer l'effet de la vitesse de rotation et de la vitesse d'avancement des récolteuses à fléaux sur le taux de séchage et sur les pertes en matière sèche, ensuite à comparer le meilleur traitement au fléau avec l'emploi des « crimpers », « crushers » et faneuses.

Description des essais

La culture

Deux essais furent effectués et débutèrent respectivement les 24 Mai et 5 Juin, sur la même culture située dans le même champ. Il s'agissait d'une prairie temporaire en seconde année de récolte, qui avait été ensemencée avec le mélange commercial suivant :

Ray-grass italien d'IRLANDE (« Giant Lurgan »)	8 k/ha
Ray-grass anglais feuillu « Lurgan »	10 k/ha
Dactyle « Milns Dowland »	4 k/ha
Fléole mélangée	2 k/ha
Trèfle blanc S.100	1 k/ha
Trèfle violet tardif à une coupe (variété Montgomery certifiée)	5 k/ha

A la récolte, le gazon était constitué essentiellement de ray-grass dont les épis étaient apparus la semaine précédente, et de trèfle violet réparti régulièrement dans le peuplement. La proportion de trèfle était plus grande dans le fourrage récolté à la 2^e date, et le dactyle comme la fléole n'étaient présents qu'en très faible quantité.

Conditions atmosphériques

1^{er} essai

Cinq récolteuses à fléaux, de 1 m de largeur de travail, furent modifiées en enlevant la barre de coupe, en adaptant un dispositif pour la chute du fourrage et un déflecteur d'andain ; des poulies de dimensions convenables furent utilisées pour permettre aux rotors de tourner aux vitesses de 800, 1 000, 1 200, 1 400 et 1 600 t/m quand le moteur du tracteur marchait à 1 350 et 1 600 t/m et la prise de force à 610 et 680 t/m. Des fléaux neufs de forme aiguë furent adaptés à chaque appareil.

Chacune de ces machines fut entraînée aux vitesses de 3,2 — 4,8 — 6,4 et 8 km/h, la limite inférieure étant fixée par l'observation d'un degré de hachage accentué lorsqu'on utilisait une vitesse du rotor de 1 600 t/m, alors que la limite supérieure était la vitesse maximum à laquelle on arrivait tout juste à couper la récolte lorsque la vitesse du rotor était de 800 t/m.

Afin de maintenir une vitesse d'avancement exacte et régulière, on a utilisé des tracteurs-guides, mais en dépit de cela le point de calage fut presque atteint sur le tracteur travaillant à 8 km/h avec une vitesse de rotor de 1 600 t/m.

En raison de l'étroitesse de la largeur de coupe, il fut nécessaire de faire passer l'une des roues du tracteur sur la culture encore debout, puis de couper chaque tour suivant dans le sens opposé pour permettre aux fléaux de ramasser convenablement le fourrage. L'emploi du déflecteur de déchargement permit de couper la totalité de la parcelle de cette façon sans marcher sur l'andain fraîchement coupé et lacéré.

La surface de l'essai fut divisée en 20 parcelles de 7,5 ares environ ; les dimensions exactes de chacune d'elles furent prises et elles variaient en fait de 7,12 à 8,24 ares.

Deux machines furent utilisées au même moment, les traitements étant répartis au hasard sur les parcelles, mais même en procédant de cette façon, la coupe commencée à 9 h 43 ne fut pas terminée avant 15 h 08. Ce délai très long pour exécuter le premier traitement eut un effet considérable sur le taux de séchage du premier jour, bien que le taux global fût moins affecté que l'on aurait pu le craindre.

La seconde série de traitements nécessaires, communs à toutes les parcelles, consista seulement en un retournement au râteau à disques rotatifs, destiné à éviter les pertes dans toute la mesure du possible en tenant l'andain compact. Les constructeurs avaient recommandé de ne pas utiliser de faneuse.

2° *essai*

Le second essai était destiné à comparer le meilleur traitement au fléau avec l'emploi des « crimpers » et « crushers », en utilisant une faneuse pour les parcelles-témoins ; la faneuse fut également utilisée pour tous les traitements secondaires, excepté après le passage de la récolteuse à fléaux.

Toutes les parcelles qui ne furent pas récoltées avec l'appareil à fléaux furent coupées avec une faucheuse ordinaire à barre de coupe de 1 m 50 et les traitements ultérieurs furent appliqués dans les quelques minutes suivant la fauche.

A. Coupe au fléau et lacération. Appareil modifié travaillant sur 1 m. Vitesse du rotor : 1 000 t/m. Vitesse d'avancement 6,4 km/heure. (Aucun tracteur-guide ne fut utilisé ici).

B. « Crimper » n° 1 — Appareil B — Pick-up de 1 m 50. Rouleaux de 18 cm et 16 cm de diamètre tournant respectivement à 740 et 890 t/m (à 540 t/m pour la prise de force). Entraînement des deux rouleaux à la chaîne.

C. « Crusher ». Appareil C — Pick-up de 1 m 80. Rouleaux de 16 cm de diamètre tournant à 810 t/m (à la vitesse standard de la prise de force) ; les deux rouleaux sont entraînés, le supérieur est en acier, l'inférieur en caoutchouc cannelé en spirale.

D. « Crimper » n° 2. Appareil D. Pick-up de 1 m 50. Rouleaux de 19 cm et 10 cm de diamètre, tournant à 567 et 1 204 t/m à la vitesse standard de la prise de force. Entraînement par chaîne sur un rouleau seulement.

E. Faneuse à 2 rangs (1 m 50) à fourches agissant vers l'arrière, tractée, avec réglage de l'angle des dents de fourche et des ouvertures de direction à l'arrière pour le dressage et la mise en place de l'andain.

Les traitements furent répétés 4 fois et leur disposition sur le terrain fut tirée au hasard, chacun d'eux se trouvant une fois dans chaque bloc. Le respect de ce dernier point était, en effet, essentiel pour éviter l'effet différentiel considérable sur le taux de séchage, qui n'aurait pas manqué de se produire si la disposition au hasard avait été adoptée d'un bout à l'autre de l'essai (sans tenir compte des blocs) comme ce fut le cas dans la première expérience.

En utilisant deux faucheuses, en plus de la récolteuse à fléaux, le tout avec 7 tracteurs, il fut possible d'effectuer toutes les coupes et la première série de traitements entre 9 h 43 et 11 h 52 ; le temps moyen nécessité par la récolte de chaque bloc fut de 30 minutes. On considère que la durée de la coupe et du premier traitement n'a pu avoir aucun effet différentiel, contrairement à ce qui s'était passé dans les expériences antérieures (10 et 21).

La dimension moyenne des parcelles était de 7 ares (de 6,64 à 7,28 ares).

Résultats

Essai n° 1

Taux de séchage : Les taux de séchage moyens pour chaque traitement ainsi que les teneurs en eau du fourrage lors de la mise en balles sont rapportés dans le tableau 3, tandis que les courbes de séchage obtenues pour la moyenne des vitesses de rotation sont tracées dans la figure 1. Une analyse des chiffres relatifs aux taux de séchage montre qu'en utilisant une vitesse de

TABLEAU III

Essai n° 1. Taux de séchage et teneur en eau.

Traitement		Taux de séchage global (% par heure)		Teneur en eau au pressage % M.V.
Code	Vitesse du rotor (tr/mn)	% M.S.	% M.V.	
A	800	4,61	0,84	29,5
B	1.000	4,80	0,88	28,8
C	1.200	4,77	0,89	27,5
D	1.400	4,81	0,97	23,8
E	1.600	4,94	0,99	22,0
Moy. S.E.		4,79 ± 0,063	0,91 ± 0,018	26,3 ± 0,898

TABLEAU IV

Essai n° 1. Temps de séchage pour parvenir à différents niveaux d'humidité.

Traitement		Heures entre la coupe et le passage au point			
Code	Vitesse du rotor	50 %	40 %	30 %	25 %
A	800	24,00	45,00	52,50	—
B	1.000	23,25	44,50	49,50	52,00
C	1.200	25,00	21,50	50,75	53,30
D	1.400	22,00	26,25	47,00	50,50
E	1.600	24,00	27,50	48,25	50,75
Moy.		23,65			51,69

1 400 ou de 1 600 t/m, les traitements D et E entraînent un taux de séchage plus rapide que le traitement A (800 t/m), mais qu'il n'y a pas de différence significative entre les taux de séchage des vitesses de 1 000 t/m et supérieures.

Les variations de la vitesse d'avancement allant de 3,2 à 8 km/h n'entraînent aucune différence significative entre les taux de séchage bien qu'on puisse déceler une tendance montrant que ces derniers varient en sens inverse de la vitesse d'avancement. Les chiffres correspondant aux 4 vitesses classées dans l'ordre croissant sont en effet de 4,85, 4,83, 4,77 et 4,70 % par heure, sur la base de la matière sèche.

En ce qui concerne l'effet de la vitesse d'avancement sur la teneur en eau du fourrage lors du pressage, l'herbe conditionnée à 3,2 km/h avait en fait un taux d'humidité significativement inférieur à celui de l'herbe traitée à 6,4 km/h. Les vitesses de rotation de la machine allant de 800 à 1 200 t/m n'affectèrent pas de façon significative la teneur en eau du fourrage lors de sa récolte, mais les vitesses de 1 400 à 1 600 t/m eurent pour conséquence un pourcentage d'humidité significativement inférieur ($p = 0,01$).

L'effet des divers traitements sur le passage aux stades intermédiaires de teneur en eau apparaît sur le tableau 4. On peut voir qu'il y a peu de différences entre les temps nécessaires pour parvenir aux points 50 % et 30 %, c'est-à-dire à des niveaux auxquels les heures de la nuit représentent la plus grande partie du temps total passé sur le champ ; par contre, les vitesses de 1 200 à 1 600 t/m permettent d'abaisser la teneur en eau à 40 % dès le jour suivant la coupe alors que les vitesses de 800 à 1 000 t/m demandent environ 20 h supplémentaires de séchage pour parvenir à ce même niveau. Les deux vitesses du rotor les plus élevées sont également en tête en ce qui concerne l'arrivée au point 25 % : le temps au bout duquel les fourrages ayant subi les traitements B et C auraient atteint ce point ont pu être calculés, mais dans le cas du traitement A un tel point n'aurait pu être atteint avant le jour suivant, c'est-à-dire au moins 72 heures après la coupe.

Gains en matière sèche et en matières nutritives : La hauteur du fourrage au moment de la coupe était de 65 à 68 cm et la longueur de ce même fourrage après la coupe variait avec les traitements. Dans la parcelle ayant subi le traitement le moins sévère, 800 t/m à 8 km/h, la plupart des plantes coupées avaient une longueur de 45 à 48 cm, et rares étaient celles qui mesuraient moins de 20 cm. La coupe n'était pas très franche, la longueur des chaumes s'élevant à 10-15 cm, et en certaines places jusqu'à 20 cm. Il n'y eut pas de panne pendant le travail.

A l'autre extrémité, 1 600 t/m à 3,2 km/h, l'andain laissé sur le sol était très étroit et les plantes finement découpées en tronçons de 5 à 8 cm mais les chaumes étaient très régulièrement coupés à une hauteur de 4 cm. Le fait d'augmenter la vitesse jusqu'à 8 km/h ne fit pas varier la hauteur de coupe et détermina une longueur moyenne de brins de 10 à 15 cm sur le fourrage découpé. Mais avec cette charge d'entraînement, la vitesse du tracteur fut ramenée, à plein régime, de 1 600 à 1 400 t/m et une panne intervint alors qu'il travaillait sur le dernier andain.

Le hachage est donc influencé principalement par les modifications de la vitesse du rotor et à un moindre degré par les variations de la vitesse d'avancement. Son effet sur les rendements effectifs en matière sèche apparaît dans le tableau 5. Par rapport à une vitesse de 1 000 t/m l'emploi d'une vitesse de 800 t/m entraîne un abaissement du rendement de 9,7 % lors du pressage, en raison d'une coupe déficiente, mais les vitesses supérieures à 1 000 t/m causent également une diminution du tonnage de matière sèche récolté de 16 %, 12,4 % et 8,8 % pour les régimes respectifs de 1 600, 1 400 et 1 200 t/m. Le rendement obtenu avec la vitesse de 1 600 t/m est significativement différent de celui qui résulte du régime 1 000 t/m, l'application des autres traitements n'ayant pas provoqué de modifications sensibles.

Après le pressage, il apparut que quelques différences enregistrées pouvaient être attribuées à la difficulté de ramassage d'un foin sec trop court et pelucheux avec une presse-ramasseuse normale. A la suite de cette constatation, les parcelles furent passées au râteau et le foin récupéré fut pesé (voir tableau 5). Sur les parcelles du traitement B (1 000 t/m) on put ainsi ramasser un supplément de récolte de 4,6 % ; la quantité récupérée sur les parcelles A (800 t/m) fut de 6 %, soit inférieure à ce que l'on aurait pu escompter au vu du rendement au pressage, mais les pertes étaient dues en grande partie, nous l'avons vu, à une coupe défectueuse. Au-dessus de 1 000 t/m, les effets du hachage entraînant notamment la difficulté de ramassage du fourrage au pick-up apparaissaient clairement. Pour les traitements C, D et E, 7,6 %, 10,7 % et 13,3 % du poids de la récolte furent récupérés grâce à l'intervention complémentaire du râteau. L'addition de ce supplément de récolte pour obtenir le rendement total fait apparaître l'avantage des vitesses de 1 200 et 1 400 t/m par rapport à 800 t/m, mais à 1 600 t/m le rendement reste encore inférieur de 200 kg (soit 9 %) à celui du régime 1 000 t/m.

Le pourcentage de protéines brutes fut inférieur pour tous les traitements à ce qu'il était à la coupe, alors que la teneur en cellulose s'est accrue dans tous les cas et que la diminution de la teneur en protéines fut plus importante

aux régimes les plus élevés. Les calculs exprimant les rendements à l'hectare aussi bien en foin pressé qu'en foin total (pressé + râtelé) accusent un accroissement des pertes au fur et à mesure que la vitesse s'élève au-dessus de 800 t/m.

L'effet combiné des diminutions du rendement en matière sèche d'une part, de la teneur en protéines de la matière sèche d'autre part, se traduit par une réduction du rendement en protéines à l'hectare de 24,3 % au pressage pour la vitesse de 1 600 t/m lorsqu'on la compare à la vitesse de 800 t/m, ou de 22,2 % lorsque la comparaison est faite avec la vitesse de 1 000 t/m.

Si l'on prend comme témoin le traitement B (1 000 t/m) en faisant abstraction des pertes de matière sèche dues à ce traitement, sur un rendement potentiel en protéines de 480 kg/ha lors de la coupe, le meilleur traitement en ce qui concerne la matière sèche, soit B lui-même, a causé une perte en protéines de 17,2 % alors que le meilleur traitement au niveau des protéines est A (800 t/m) entraînant une perte de 14,8 %.

Essai n° 2

Taux de séchage : L'effet des différents traitements de conditionnement sur le taux de séchage apparaît dans les tableaux 6 et 7 et sur la figure 2. L'emploi du fléau accélère le taux de séchage significativement plus qu'aucun autre traitement ($p = 0,01$), la différence se trouvant amplifiée en raison d'une légère averse tombée après le pressage du fourrage provenant des parcelles récoltées au fléau. Il est également important de constater que le traitement le plus sévère permet seul la réduction de la teneur en eau moyenne jusqu'à 21 % lors de la mise en balles (chiffres variant de 19,2 à 21,8 %).

Le taux de séchage consécutif aux traitements C (crusher) et D (crimper 2) est significativement plus élevé que celui résultant du traitement B (crimper 1), qui lui-même est préférable au traitement E (fanage classique pris comme témoin). (Probabilité $p = 0,01$). Les effets de ces résultats se retrouvent lorsqu'on examine les teneurs finales en humidité (tableau 6) et les courbes de séchage.

A la suite d'une réhumidification durant la 3^e nuit, environ 60 heures après la coupe, l'élimination de l'eau réabsorbée s'effectua d'autant plus rapidement que l'herbe avait été mieux séchée avant la pluie ; on a pu noter un retour à la teneur en eau primitive de toutes les parcelles dans le même

TABLEAU V
Essai n° 1 : Rendements en matière sèche et composition chimique.

Traitement		Matière sèche (kg/ha)				Protéine brute (kg/ha)			Cellulose % M.S.	Cendres % M.S.
Code	Vitesse (tr/mn)	Mise en balles	Laissée s/le terrain	Total	% de la M.S.	Mise en ball.	Laissée s/le terrain	Total		
A	800	4.760	286	5.046	8,59	409	25	434	37,5	9,29
B	1.000	5.269	243	5.512	7,54	398	18	416	37,6	9,26
C	1.200	4.807	366	5.173	7,47	359	27	386	36,7	9,27
D	1.400	4.616	493	5.109	7,03	324	35	359	38,2	9,27
E	1.600	4.428	589	5.017	7,00	310	40	350	37,9	9,20
Moy. p.p.d.s.		4.776 259	395 37	5.171 272	7,53 0,031	360 25	29 10	389 267	37,6 2,34	9,27 0,076
Lors de la coupe					8,71				36,09	9,23

TABLEAU VI
Essai n° 2 : Taux de séchage et teneur en eau.

Traitement		Taux de séchage global (% par heure)		Teneur en eau lors du pressage
Code	Machine	Par rapport à la mat. sèche	Par rapport à la mat. verte	
A	Fléau	3,98	0,93	21,0
B	Crimper 1	2,08	0,43	28,4
C	Crusher	2,42	0,51	27,9 ⁽¹⁾
D	Crimper 2	2,42	0,51	28,0 ⁽¹⁾
E	Faneuse	1,90	0,36	32,7
Moyenne p.p.d.s.		2,56 0,024	0,55 0,0087	27,6
				(1) Pressé sur 2 jours : C = 28,7 et 25,0 D = 29,2 et 25,0

TABLEAU VII

Essai n° 2 : Temps de séchage nécessités pour atteindre différents niveaux d'humidité.

Traitement		Nombre d'heures entre la coupe et la teneur			
Code	Machine	50 %	40 %	30 %	20 %
A	Fléau	5,50	25,75	45,75	54,25 (1)
B	Crimper 1	25,00	32,00	83,00	
C	Crusher	23,30	29,25	50,75	
D	Crimper 2	24,50	28,50	52,50	
E	Faneuse	31,75	54,00	104,00	
Moy.		22,01	33,90	67,20	(1) Estimation.

TABLEAU VIII

Essai n° 2 : Rendements en matière sèche et composition chimique.

Traitement		Matière sèche		Protéine brute		Cellulose		Cendres	
Code	Machine	kg/ha	Rdt. relatif	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha
A	Fléau	5.018	93,8	7,09	356	36,6	1.836	9,32	468
B	Crimper 1 ...	5.452	101,9	6,62	360	37,5	2.042	9,40	513
C	Crusher	5.586	104,4	6,89	385	39,2	2.192	9,35	522
D	Crimper 2 ...	5.561	103,9	7,31	406	36,9	2.053	9,37	521
E	Faneuse	5.352	100,0	6,42	344	38,6	2.068	9,39	503
Moyenne		5.393		6,86	370	37,8	2.039	9,37	505
p.p.d.s.		118		1,35	26	2,54	154		
Lors de la coupe				9,53		39,01		9,23	

L'enregistrement des passages aux niveaux déterminés de teneur en humidité met en évidence, au point 50 %, un avantage marqué pour le traitement au fléau, et au point 40 %, pour tous les traitements de conditionnement par rapport au fanage classique. A 30 %, le fléau a une avance de près de 60 heures sur le fanage, de 5 à 7 heures sur les traitements au crusher ou à l'un des crimpers, et de près de 40 heures sur le second crimper.

Récupération de matière sèche et d'éléments nutritifs : Les détails des chiffres de rendements en matière sèche lors du pressage, et de la composition chimique du fourrage analysé après trois mois de stockage, sont donnés dans le tableau 8.

L'emploi du fléau, alors qu'il avait largement accru le taux de séchage, réduit le rendement de façon significative par rapport à l'utilisation du crusher, du 2^e crimper ($p = 0,01$), et également du 1^{er} crimper ($p = 0,05$).

Bien que le rendement des parcelles traitées au fléau ait été inférieur de 6,2 % à celui des parcelles témoins (fanées), cette différence manque de peu la signification statistique.

Les rendements en matière sèche de parcelles traitées au crusher ou aux crimpers diffèrent peu entre eux, mais sont de 1,9 à 4,4 % plus élevés que celui des parcelles fanées (différence non significative). Tous les traitements entraînent des pertes substantielles en protéines.

Si l'on se base sur le traitement ayant donné le meilleur rendement en matière sèche et sur l'analyse faite lors de la coupe, le rendement en protéines brutes aurait pu être de 531 kg/ha. Considérant ce chiffre comme un rendement potentiel normal, le meilleur traitement, D (crimper n° 2), cause une perte de 23,8 % tandis que le plus mauvais, E (fanage), entraîne une perte de 35,5 %. Il est intéressant de noter que l'emploi du fléau est légèrement moins sévère dans ses conséquences sur la réduction de la teneur en protéines de la matière sèche que ne le sont la plupart des autres traitements ; on remarque également que le chiffre de teneur en cellulose est plus favorable. Ceci peut être attribué, au moins en partie, au fait qu'aucune pluie ne tomba sur les andains soumis à ce traitement et que la plus faible teneur en eau du fourrage lors du pressage provoqua peu d'échauffement dans les balles.

Rapidité du travail

Les temps de travail totaux furent enregistrés sur chaque parcelle. Bien que ces données aient une valeur très limitée en tant que mesures absolues en raison d'une proportion anormale de temps morts consécutifs

aux demi-tours, des différences résultant de largeurs de travail variables selon les types de machine, et de l'exagération des temps morts dus aux arrêts, ils donnent quelques indications sur la comparaison des rendements entre la faneuse traditionnelle à deux rangs, les machines spécialisées pour le conditionnement et la récolteuse à fléaux modifiée de 1 m de largeur de travail (voir tableau 9).

Si l'on prend comme temps standard le temps moyen de la fauche (0 ha 52 à l'heure) lorsque le conditionnement est une opération distincte de la coupe (cas de l'utilisation du crimper ou du crusher), on trouve une différence négligeable entre les temps de travail résultant de l'emploi de ces derniers appareils (fauche + conditionnement) ou du fléau. Le fanage ajouté à la fauche donne un temps de travail supérieur de 25 % seulement à celui de la coupe combinée avec lacération.

Discussion des résultats

L'intérêt du fanage de l'andain dès la coupe ou peu de temps après est démontré depuis longtemps et l'emploi de cette technique est maintenant très étendu. Bien que, dans des conditions idéales, cette façon de procéder puisse conduire à des pertes supplémentaires par rapport à l'emploi de vire-andains et d'autres appareils dont l'action sur l'andain est moins vigoureuse, les chances d'obtenir ces conditions sont si faibles que, dans la plupart des circonstances (climat et culture), la méthode du fanage est à même de réduire les pertes grâce à son effet sur la vitesse de séchage et par conséquent, à la possibilité qu'elle offre d'éviter les dégâts causés par la pluie. C'est pour cette raison que la faneuse a été choisie comme témoin dans la comparaison des méthodes plus récentes.

Les résultats récemment obtenus dans les recherches sur le conditionnement du fourrage peuvent se classer grossièrement en deux catégories :

- 1) Emploi des appareils à fléaux (type Forage Harvesters)
 - a) pour la coupe et la lacération simultanées de la récolte,
 - b) pour le fanage de la récolte après qu'elle ait été coupée à la faucheuse.

Dans les deux cas, on a observé qu'il était nécessaire d'apporter certaines modifications aux appareils utilisés normalement pour la récolte de fourrages verts à ensiler ; celles-ci consistent surtout à réduire la vitesse de rotation, à

TABLEAU IX

Essai n° 2 : Temps de travail des machines utilisées sur de petites parcelles
(hectares par heure)

Machine		Premier conditionnement	Fauche	Fauche et premier conditionnement
Code	Type			
A	Fléau	—	—	0,28
B	Crimper n° 1	0,75	0,52	0,31
C	Crusher	0,47	0,52	0,25
D	Crimper n° 2	0,62	0,52	0,28
E	Faneuse	1,06	0,52	0,35

retirer la barre d'attaque lorsque c'est possible et à adapter un dispositif modifié pour la chute du fourrage.

2) Emploi de matériels spéciaux pour le conditionnement du fourrage tels que « crushers » ou « crimpers ». On a intérêt à les utiliser aussitôt après la coupe, et l'idéal serait de pouvoir les coupler avec la faucheuse.

Un tel équipement a été mis au point de façon à assurer un débit raisonnable et à pouvoir travailler sans panne ou incident sérieux ; cependant quelques appareils présentent l'inconvénient de ne pas être adaptés aux espacements d'andains résultant des machines actuelles de récolte.

Les résultats antérieurs obtenus à la suite d'essais à l'échelle de la culture, ou relevés dans la bibliographie, bien que donnant des renseignements utiles sur les vitesses de séchage, présentaient de nombreuses lacunes. On était amené à penser que des modifications judicieuses des récolteuses à fléaux jointes à l'utilisation de tracteurs plus puissants permettraient de maintenir un taux de séchage assez rapide, tout en évitant des pertes excessives.

De plus, il semblait également probable que l'emploi des crushers et crimpers pourrait se révéler économique sur de grandes surfaces.

Traitant tout d'abord de l'emploi des récolteuses à fléaux, on a pu montrer que la vitesse du rotor était d'une importance capitale, à la fois dans ses effets sur le taux de séchage et sur le niveau des pertes. Il y a peu à gagner, toutefois, en rapidité de séchage en agissant sur la vitesse du rotor au-delà de

1 000 t/m ; puisque les vitesses plus rapides entraînent un hachage plus accentué et causent par conséquent des pertes importantes lors du pressage, 1 000 t/m peuvent être considérés comme un optimum. La vitesse exacte à laquelle il convient de faire tourner l'appareil doit toutefois être telle que l'on obtienne une bonne efficacité de coupe à une vitesse d'avancement convenable, qui semble être de 7 à 8 km/h.

Alors que la vitesse d'avancement est moins importante en elle-même que la vitesse du rotor, la combinaison d'une faible vitesse du rotor et d'une vitesse d'avancement élevée permet d'obtenir la plus grande longueur moyenne des brins de fourrage coupés, en même temps que les plus faibles pertes.

Poussée à l'extrême, cette combinaison peut entraîner une mauvaise coupe du fourrage sur pied, ou même, dans les cas-limites, provoquer des pannes fréquentes de la machine.

Un hachage très court, bien qu'il se répercute à la fois par un taux de séchage rapide et par l'obtention de la teneur en eau la plus faible en fin de séchage, a provoqué dans les essais dont il est question des pertes excessives, se montant jusqu'à environ 1 080 kg/ha de foin à 20 % d'humidité, par rapport à l'emploi d'une vitesse de rotation moins élevée, et par conséquent à un hachage moins accentué.

La comparaison entre le meilleur traitement au point de vue rendement (1 000 t/m à 3,2 km/h) et le plus mauvais (1 600 t/m à 4,8 km/h) mit en évidence une perte de 36,8 % de la récolte. D'un autre côté, si l'on compare les traitements sur le critère du taux de séchage, le meilleur (1 600 t/m à 3,2 km/h) donne un rendement inférieur de 8,7 % seulement à celui du plus mauvais (800 t/m à 6,4 km/h).

La comparaison entre parcelles soumises à un même traitement peut entraîner des erreurs d'interprétation. Cependant elle montre l'étendue des différences qui peuvent résulter de l'emploi de la même machine dans des conditions de milieu différentes.

Si l'on se base sur ce seul essai, il est difficile d'obtenir des différences significatives ; seule a pu être enregistrée celle qui porte sur la différence des rendements résultant des régimes 1 000 et 1 600 t/m. Un ou deux essais identiques devraient être effectués à nouveau pour obtenir une réponse entièrement satisfaisante ; il semble toutefois résulter de l'expérimentation qui vient d'être décrite que le meilleur emploi de la récolteuse à fléaux pour l'obtention de foin consistait à adopter la vitesse de rotation de 1 000 t/m et la vitesse d'avancement de 6,4 km/h. Ces conditions de fonctionnement ont

été retenues pour effectuer une comparaison de la récolteuse à fléaux et des autres machines dans le second essai.

La comparaison entre le fléau et un crusher, deux crimpers et une faneuse montra que l'herbe lacérée sèche significativement plus vite dans l'andain à tous les niveaux intermédiaires de teneur en eau, et qu'elle parvient également à un niveau final d'humidité plus bas. Ceci est extrêmement important si l'on prend en considération la valeur de conservation du fourrage pressé : à l'examen après trois mois de stockage, le foin lacéré ne montre aucun signe d'échauffement ; il a gardé sa couleur verte.

Un autre avantage résulte d'un pressage plus rapide après la coupe dans cet essai : aucune pluie n'est tombée sur l'herbe lacérée, mais il semble probable que si elle avait été fortement réhumidifiée, la détérioration aurait alors été plus importante que dans le cas des autres systèmes de conditionnement ; sans aucun doute de l'herbe finement hachée, telle qu'elle aurait été obtenue avec une récolteuse non modifiée, se serait dans de telles conditions prise en masse, ce qui aurait entraîné d'autres difficultés.

Le fourrage passé au crimper et au crusher, bien qu'il ait été séché moins vite que celui traité au fléau, accuse un taux de séchage plus rapide que celui qui n'a subi que le fanage, et il reprend aussi bien son évolution normale après une pluie. On a constaté toutefois une différence inattendue et inexplicable dans les vitesses de séchage entre les parcelles traitées aux deux crimpers. Ceci est d'autant plus difficile à comprendre que l'appareil responsable du plus mauvais taux de séchage avait laissé l'andain dans les meilleures conditions d'aération. Les différences de sévérité des traitements infligés au fourrage peuvent être responsables de ces divergences.

Le traitement au fléau réduit le rendement au-dessous de celui qui est obtenu après fanage classique, et encore plus au-dessous de ceux qui résultèrent de l'emploi des crimpers et du crusher : la différence étant significative dans ce dernier cas. Par contre, peu de différences se sont manifestées à ce point de vue entre les traitements infligés par les différents crimpers et crushers. Le fait que, par rapport au fanage classique, le rendement fut accru de façon consistante par l'emploi de ces derniers appareils, bien que la pluie soit tombée sur tous ces traitements, indique que ce mode de conditionnement n'aggrave pas, bien au contraire, l'effet des intempéries imprévisibles.

La comparaison des vitesses de travail enregistrées sur petites parcelles est de peu de valeur en termes absolus, mais elle montre que lorsque la fauche simple est suivie par un conditionnement ou un fanage effectué

séparément, la différence est minime ou peut même être nulle si l'on emploie un appareil à fléaux travaillant sur 1 m de large, qui demande 1 heure pour traiter 28 ares, ou une faucheuse de 1 m 50 suivie par des machines à simple ou à double andains.

Le rendement de la même récolteuse à fléaux travaillant pour l'ensilage varie de 20 à 50 ares à l'heure. D'autres évaluations des rendements de ces appareils ont été obtenues par ailleurs. Pour le crimper en grande culture, les chiffres s'échelonnent entre 0,68 et 1,72 hectare à l'heure, à une vitesse de 11 km/h. Une faneuse du type de celle qui fut utilisée dans l'essai peut normalement travailler à raison de 2,8 ha/h. Même avec ce rendement élevé, la somme des temps de travail lorsque l'on utilise indépendamment une faucheuse à raison de 0,51 ha/h, est seulement de 0,72 ha à l'heure. Par rapport à ce système, la récolteuse à fléaux utilisée à la fois pour la coupe et pour le premier traitement soutient très favorablement la comparaison ; en utilisant un système à fléaux travaillant sur 1 m 50 de large, on aurait même pu accroître la vitesse de travail sur les parcelles à un minimum de 0,42 ha/h. Une critique sérieuse qui peut être faite à la récolteuse à fléaux de 1 m réside dans la difficulté de lui adapter l'équipement de reprise des andains et d'éviter que les roues du tracteur ne passent sur ces andains. Des améliorations doivent être apportées tendant à l'ajustement de ces deux séries d'appareils, par exemple par la mise au point de machines à fléaux travaillant sur une plus grande largeur pour le conditionnement du foin.

Les résultats d'expérience ont confirmé que les récolteuses à fléaux correctement modifiées peuvent accélérer de façon significative les taux de séchage sans accroître les pertes de récolte de façon appréciable. De telles pertes, lorsqu'elles surviennent, peuvent être plus que compensées par une réduction des heures de tracteur et de main-d'œuvre nécessaires pour la confection du foin ; lorsqu'un séchage plus rapide permet de presser le foin en évitant la pluie, la qualité s'en ressent favorablement et la quantité de foin finalement obtenue peut être plus grande à la suite d'un traitement par laceration.

Il est vraisemblable que des difficultés surgiront pour le ramassage au pick-up du foin lacéré, d'apparence pelucheuse. Elles dépendront du type de presse-ramasseuse utilisé : pour au moins une marque, un dispositif spécial de pick-up est proposé pour réduire les pertes de cette nature. En pratique toutefois, on peut concevoir de faire consommer à la fois les chaumes mal coupés et le foin qui n'aurait pas été ramassé en amenant les animaux les

Les crimpers et les crushers doivent être achetés spécialement pour la préparation du foin, et bien qu'ils soient meilleur marché qu'une récolteuse à fléaux — lorsqu'on doit en acquérir une nouvelle — ils peuvent, s'ils viennent en supplément, devenir plus coûteux qu'une modification d'une récolteuse dont on dispose pour l'ensilage. Ils permettent, cependant, une amélioration très intéressante de la vitesse de séchage sans affecter le rendement de la récolte, et il semble qu'ils puissent, en fait, permettre d'obtenir une meilleure récupération de la matière sèche et des éléments nutritifs que ne peuvent le faire les instruments classiques de fanage.

Aucun type d'appareillage de conditionnement ne peut toutefois remplacer entièrement l'équipement traditionnel de fanage, et l'obtention des meilleurs résultats est liée à l'utilisation conjointe de ces deux séries de machines.

G. SHEPPERSON et J. K. GRUNDEY

*National Institute of Agricultural Engineering
SILSOE (Bedshire)*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) BOYD, M.M. : 1959. Comparaison des méthodes de conditionnement du foin. *Agricultural Engineering*. Vol. 40, n° 11, pp. 664-667.
- (2) BRUHN, H.D. : 1955. Le développement de l'emploi des « crushers ». *Agricultural Engineering*. Vol. 36, n° 3, pp. 165-170.
- (3) BRUHN, H.D. : 1959. Résultats obtenus avec les machines de conditionnement des fourrages. *Agricultural Engineering*. Vol. 40, n° 11, pp. 667-670.
- (4) CASHMORE, W.H. ; DENHAM, H.J. : 1958. Le séchage du foin sur le champ. *J.M.A.* Vol. 45, n° 3, pp. 211-220.
- (5) CASSELMAN, T.W. ; FINCHAM, R.C. : 1960. Efficacité des appareils conditionneurs de foin. *Iowa Farm Science*. Vol. 15, n° 5-6, pp. 3-6.
- (6) HILL, C.L. ; FOGARTY, B. : 1959. Les conditionneurs conquièrent la faveur des agriculteurs. *World Farming*. Vol. 1, n° 7, p. 16.
- (7) HOLMES, J.Y. : 1959. Expériences sur le fanage à Trawscoed. *Experimental Husbandry*, n° 4, pp. 41-50.
- (8) KEPNER, R.A. ; GOSS, J.R. ; MEYER, J.H. ; JONES, L.G. : 1960. Evaluation des effets du conditionnement du foin. *Agricultural Engineering*. Vol. 41, n° 5, p. 299.

(9) KLINNER, W.E. : 1961. Un essai pour déterminer les rendements en foin obtenus par l'emploi de l'équipement traditionnel de fanage et par les récolteuses à fléaux. J. Agricultural Engineering. Res. Vol. 6, n° 4.

(10) MITCHELL, F.S. ; SHEPPERSON, G. : 1955. Effet des traitements mécaniques sur le taux de séchage du foin en andains. J.I.B.A.E. vol. 11, n° 3, pp. 3-18.

(11) MURDOCH, J.C. ; BARE, D.I. : 1960. Influence des traitements mécaniques sur le taux de séchage et les pertes de matières nutritives du foin. Journal of The British Grassland Society. Vol. 15, n° 2, pp. 96-99.

(12) N.A.A.S. : 1960. Rapport technique n° 12. L'emploi des récolteuses à fléaux pour le conditionnement du foin.

(13) N.I.A.E. : 1956. Rapport d'essai n° 128. La faucheuse semi-portée « Bamford ».

(14) N.I.A.E. : 1960. Rapport d'essai n° 261. La récolteuse à fléaux « Kidd Rotoflail ».

(15) PEDERSON, T.T. ; BUCHELE, W.F. : 1960. Vitesse de séchage du foin de luzerne. Agricultural Engineering. Vol. 41, n° 2, pp. 86-89 et pp. 107-108.

(16) PEDERSON, T.T. ; BUCHELE, W.F. : 1960. Du foin récolté en un jour. Agricultural Engineering. Vol. 41, n° 3, pp. 172-175.

(17) ROSEN, A. 1960. Le fanage avec la récolteuse à fléaux. Farm and country, vol. 209, n° 4018, pp. 328-329.

(18) SHEPPERSON, G. : 1955. Etude de l'influence des éclateurs à fourrage sur le taux de séchage en andains et étude de la présentation du foin par pressage et hachage. Rapport du N.I.A.E. n° 48.

(19) SHEPPERSON, G. : 1955. Influence de la lacération et de l'emploi du « crusher » sur le taux de séchage des graminées et de la luzerne. Rapport du N.I.A.E. n° 52.

(20) SHEPPERSON, G. : 1960. L'influence de l'époque de coupe et de la méthode de fanage sur la valeur nutritive du foin. Rapport du 8^e congrès international des Herbages. 1960, pp. 704-708.

(21) SHEPPERSON, G. ; WICKENS, R.W. ; GRUNDEY, K.G. : 1962. Essais de conditionnement des fourrages - 1^{ère} partie. Taux de séchage et rendements. Experimental Husbandry...

(22) WHITE, J.W. ; KALBFLEISCH, W. : 1950. Emploi du « crusher » pour le séchage du foin. Sc. Agric. Vol. 30, n 3, pp. 119-124.

(23) WILLIAMS, S. : 1960. Le fanage rapide sur le champ. Farm and country. Vol. 209, n° 4018, pp. 330-331.