

L'évolution technologique du matériel de récolte au service de la qualité du fourrage prairial conservé

S. Lang¹, J.-M. Christ, A. Bornert²

KUHN S.A., 4, impasse des Fabriques, F-67700 Saverne ; Sylvie.lang@kuhn.com

Résumé

Depuis les années 80, les constructeurs de machines de récolte du fourrage ont mis les nouvelles technologies au service de la qualité du fourrage. L'enjeu principal, au-delà de l'intervention au bon stade de récolte des plantes herbagères, est de réduire le temps entre la fauche et le stockage. Pour ce faire, l'innovation s'est concentrée sur des machines accroissant le débit de chantier et sur des techniques qui accélèrent le séchage du fourrage au champ. La notion de préservation du fourrage se décline déjà au champ : les pertes mécaniques, effeuillage et brisure, sont évitées par du matériel qui intervient en douceur. Les nombreuses possibilités de réglages du matériel, souvent insuffisamment valorisées par les agriculteurs, constituent une force pour adapter fauche, fanage, andainage ou pressage aux conditions de la parcelle comme aux conditions météorologiques.

1. Evolution de la mécanisation de la récolte du fourrage : des premiers pas à l'ère de l'innovation

La mécanisation a constitué un allié de l'accroissement de la productivité à une période de sortie de guerre, permettant ainsi l'évolution des structures agricoles. Aussi, la mécanisation s'est vite fait apprécier pour la diminution de la pénibilité des travaux agricoles. De façon générale, comme le souligne RENAUD (2002), depuis plusieurs siècles, la mécanisation répond à deux enjeux : celui de l'amélioration de la qualité des fourrages et celui de la réduction de la pénibilité.

Vers la fin des années 40, la France comptait 135 000 tracteurs soit environ 1 pour 15 exploitants. Dix ans plus tard, on en comptait environ 1 million. **C'est à partir des années 50 que le parc de tracteurs se développe pleinement en France.** Les constructeurs américains de tracteurs cherchent à développer des machines qui puissent être attelées à des tracteurs grâce à un système d'attache trois points, et notamment des faucheuses. En 1949, KUHN était ainsi le premier fabricant français à faire le pari de la traction mécanique.

La mécanisation s'étant généralisée dans toutes les fermes **dans les années 60**, le défi des constructeurs de matériel agricole devint alors d'**accroître leur performance et robustesse**. La course à la largeur de travail et à la vitesse d'avancement allait commencer, en lien avec l'accroissement des puissances des tracteurs. Dans le cas particulier de la récolte des fourrages, l'enjeu de l'accroissement du débit de chantier est également de faire face à une météo incertaine.

L'évolution vers des largeurs de travail supérieures se poursuit encore aujourd'hui. Dès les années 80, les axes de développement **visent également la qualité du fourrage**. Au fur et à mesure des avancées de la connaissance agronomique dans le domaine des fourrages, les bonnes pratiques sont diffusées aux agriculteurs et les constructeurs font évoluer le matériel pour aider à leur mise en œuvre : **la machine se fait l'alliée des progrès agronomiques.**

Après quelques rappels utiles sur les leviers d'amélioration de la qualité du fourrage conservé, nous allons analyser toute la chaîne de récolte de l'herbe, en soulignant les améliorations technologiques, apportées par les divers fournisseurs de matériels de récolte d'herbe, améliorations qui contribuent à produire des foin et des ensilages d'herbe de qualité. Nous concluons en présentant les évolutions technologiques qui se profilent dès aujourd'hui.

2. La qualité du fourrage pour l'optimisation économique et la santé du troupeau

2.1. Les bonnes pratiques en récolte du fourrage : que peut-on perdre ou gagner ?

La réussite de la récolte et de la conservation du fourrage prend tout son sens lors de sa distribution au bétail. Un fourrage de qualité signifie de meilleures performances animales tout en réduisant la distribution de concentrés. Sachant que le premier poste des charges opérationnelles en production bovine laitière est constitué des charges d'alimentation dues à la complémentation, la meilleure voie pour maîtriser les coûts de production est d'augmenter la valeur nutritive du fourrage.

La **qualité du fourrage** se détermine par sa valeur intrinsèque, énergie et protéines, mais également par son appétibilité, sa digestibilité et son ingestibilité.

A l'échelle de **l'exploitation agricole**, l'enjeu est d'atteindre les niveaux qualitatifs et quantitatifs de fourrage nécessaires à l'alimentation du bétail. La stratégie est de se rapprocher du potentiel agronomique de production de la prairie tout en minimisant les pertes à la récolte comme au stockage.

2.2. Récolte et conservation de l'herbe : les facteurs clés pour un fourrage de qualité

Le pâturage reste le système d'alimentation animale le plus simple et le moins coûteux. Il ne peut cependant pas être pratiqué toute l'année dans les conditions climatiques françaises. Ainsi, la constitution d'un stock de fourrage est indispensable pour alimenter les animaux durant l'hiver et/ou pour pallier un manque de productivité herbagère en été. Les principaux modes de conservation de l'herbe sont l'ensilage, l'enrubannage et le foin. Ils se distinguent par leur teneur en eau au moment de la récolte.

La qualité du fourrage conservé dépend de la composition botanique de la prairie, du stade de développement lors de la fauche, mais aussi de l'usage du matériel de récolte du fourrage. Dès que les végétaux sont coupés et que leur teneur en eau baisse, ils deviennent plus fragiles, avec des possibilités de pertes d'organes. Les aléas climatiques et les manipulations ont des impacts sur le niveau de production et la qualité du fourrage. La dégradation de la qualité est due aux pertes chimiques et mécaniques lors de la récolte et de l'entreposage :

- Les pertes par respiration : tant que le fourrage a une teneur en eau supérieure à 35-40%, la respiration et le métabolisme se poursuivent en dégradant les protéines et en transformant les nutriments digestibles, comme les sucres, en énergie, gaz carbonique et eau. Ces pertes sont d'autant plus importantes que le fourrage est exposé au soleil et que la température est élevée. Un séchage rapide limite ces dégradations de qualité (Tableau 1) en entraînant plus rapidement la mort des cellules et, de ce fait, en arrêtant leur métabolisme. L'ensilage direct, peu pratiqué, présente des difficultés de conservation car, sa teneur en eau étant très élevée, il faut atteindre un pH de conservation plus bas pour assurer la qualité de l'ensilage. C'est cependant le mode de récolte qui entraîne le moins de pertes mécaniques et chimiques mais également le moindre risque d'introduction de souillure dans le fourrage.

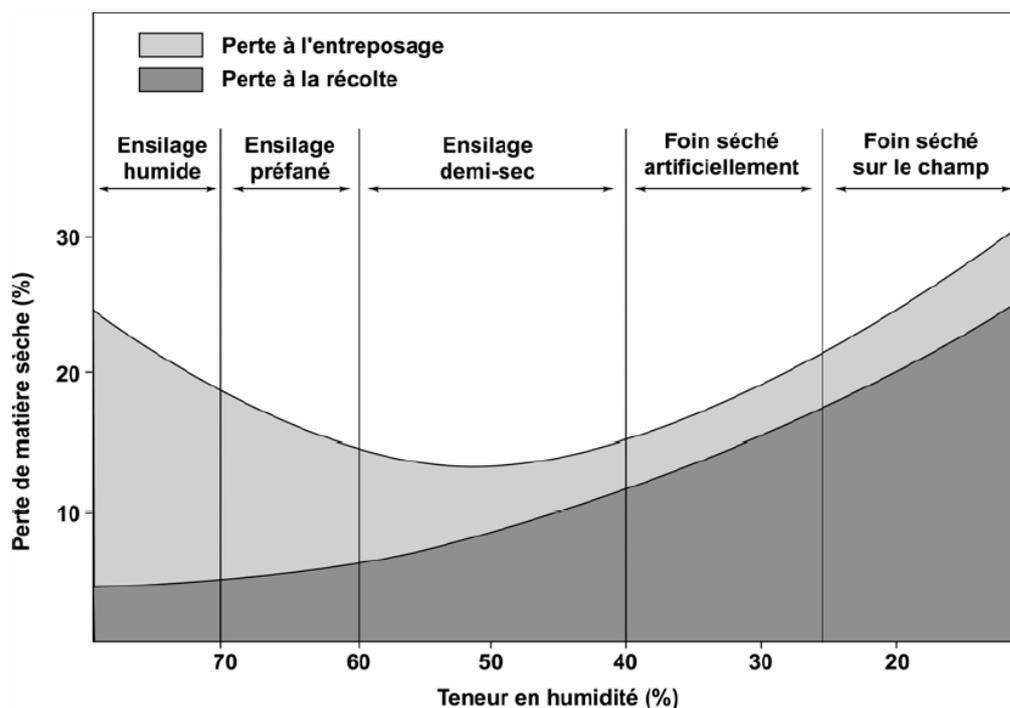
- Les pertes par lessivage : le fourrage au sol risque de voir sa qualité dégradée par les précipitations qui lessivent les nutriments solubles (sucres, minéraux et vitamines) et réhydratent les cellules des plantes qui recommencent ainsi à respirer ; les pertes par respiration se réitèrent ; le temps de séchage s'allonge, d'où un nombre de manipulations mécaniques supérieur accroissant le risque de pertes mécaniques.

- Les pertes mécaniques : les pertes mécaniques lors du fanage et de l'andainage deviennent plus importantes dès que le taux d'humidité est inférieur à 30% (Figure 1). Les feuilles sèchent plus vite que les tiges et sont donc les premiers organes perdus sur la parcelle. Cela concerne tout particulièrement les légumineuses aux folioles vulnérables. Ces pertes représentent non seulement une diminution quantitative mais surtout une perte qualitative puisque les feuilles sont les plus riches en nutriments (protéines, sucres).

TABLEAU 1 – Les pertes par respiration s'accroissent avec le temps de séchage (MOSER, 1995).

Type de conservation du fourrage	Pertes de matière sèche par respiration (%)
Ensilage préfané	2 - 3
Foin séché au champ : - dans de bonnes conditions - dans de mauvaises conditions	8 - 10 15 - 16

FIGURE 1 – Pertes à la récolte et à l'entreposage, en fonction de la teneur en eau du fourrage à la récolte (HOGLUNG, 1964, cité par AMYOT, 2006).



3. Etape par étape : comment récolter le meilleur de la prairie ?

L'enjeu pour la récolte du fourrage est d'amener le plus rapidement possible le fourrage du champ au silo ou au stockage, notamment par un séchage rapide garant de moindres pertes chimiques. Diminuer le nombre de manipulations limite également les pertes mécaniques.

3.1. Une fauche bien gérée pour un fourrage de qualité

La fauche doit permettre d'allier quantité, avec le maximum de nutriments, et qualité du fourrage pour couvrir les besoins annuels en fourrages.

– Faucher au bon moment

Le stade de développement des espèces de la prairie et les conditions météorologiques définissent le début de la période de fauche.

1- La fauche devrait être pratiquée au début de l'épiaison des graminées pour les ensilages et l'enrubannage et, pour le foin, dès l'apparition des premiers épis, toujours avant la fin de l'épiaison pour un bon compromis entre qualité et productivité. Après la floraison, la fauche est déconseillée car la repousse est beaucoup plus lente. Pour les grandes légumineuses (luzerne, trèfle violet, sainfoin), la fauche se fait au stade bourgeonnement.

2- Les conditions météorologiques optimales pour récolter un fourrage de qualité sont celles d'une période de beau temps (hygrométrie < 60%, température > 15°C). Par ailleurs, dans les climats froids, il ne pas faucher les graminées trop tard en saison car on risque de les fragiliser avant l'hiver.

3- Une période de repos de 15 jours à 50 jours doit être respectée entre 2 coupes, selon les conditions de pousse. Une prairie conduite de façon intensive peut être exploitée en 3 à 8 cycles par an.

Lorsque ces conditions sont réunies, le **moment idéal de la journée** pour faucher se situe :

- soit le matin, après la disparition de la rosée, pour ne pas ralentir le séchage. Le fourrage sera fané dans la journée, desséchera vite, d'où moins de pertes par respiration ;

- soit le soir, pour maximiser la teneur en sucres dans le fourrage. A l'issue de la journée, la plante a accumulé un maximum de glucides par photosynthèse. Cette stratégie est adaptée aux régions sèches, car les pertes par lessivage durant la nuit sont moins importantes.

Concrètement, ces moments doivent être, en priorité, destinés aux prairies de meilleure qualité.

Ce qu'a apporté la technologie :

Le matériel de récolte du fourrage évolue pour accroître le débit de chantier, en particulier par l'accroissement des largeurs de travail. Une faucheuse de 1,60 m de largeur de travail permet un débit de chantier de 1 à 1,5 ha/heure alors qu'une faucheuse de 8,80 m de largeur de travail assure un débit de chantier supérieur à 12 ha/h.

- Comment faucher ?

Une **hauteur de coupe** régulière et comprise entre 5 et 8 cm est un bon compromis entre qualité et rendement. Trop souvent, la fauche est trop rase, ce qui amène 3 conséquences néfastes :

1- La surface d'assimilation de la plante et les réserves étant réduites, la croissance est ralentie, voire stoppée. L'approvisionnement en eau et en éléments nutritifs est pénalisé. De plus, les espèces végétales sont plus vulnérables aux aléas climatiques, sécheresse en particulier. Pour les graminées, une fauche proche du plateau de tallage perturbe la synthèse des hormones de croissance et la photosynthèse.

2- La végétation se dégrade lorsque les espèces fourragères disparaissent en faveur d'espèces à moindre valeur.

3- Le risque de souillure du fourrage par de la terre, et donc par des spores butyriques, est accru (Tableau 2). Cette pratique implique aussi un réglage plus ras des fourches de faneuses, ce qui induit un risque supplémentaire de souillures.

Les prairies récemment implantées sont les plus sensibles à la hauteur de coupe.

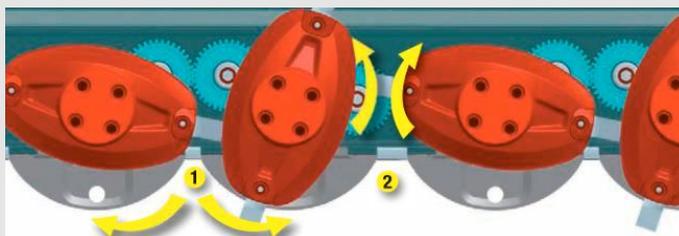
TABLEAU 2 – Impuretés dans l'ensilage d'herbe et pertes économiques (source : KALZENDORF *et al.*, Chambre d'Agriculture Weser-Ems, cité par KUHN, 2006).

Taux d'impuretés ou de terre dans le fourrage	2%	4%
Energie (UFL/kg MS)	0,87	0,84
Energie (UFL/ha avec un rendement de 10 t/ha)	8 700	8 400
Perte d'énergie (UFL/ha)		300
Perte liée à la compensation nécessaire par des concentrés (€/ha)		44
- Ensilage ingéré par vache et par jour (kg MS/VL/j)	12,8	12,2
- Ensilage ingéré par vache et par an (kg MS/VL/an, 200 j)	2 560	2 440
- Energie ingérée par vache et par an (UFL, 200 j)	2 227	2 050
- Perte d'énergie ingérée (UFL)		177
Perte liée à une ingestion d'énergie plus faible et compensée par des concentrés		
- par vache et par an (€/VL/an)		env. 25
- par hectare et par an (€/ha/an) (chargement de 1,5 VL/ha)		env. 38
Perte totale par an (€/ha/an) (chargement de 1,5 VL/ha)		82

Ce qu'a apporté la technologie :

- Les faucheuses actuelles sont équipées de systèmes d'allègement de la barre de coupe (suspensions), éventuellement aussi d'une articulation pendulaire, pour s'adapter au relief du sol et maîtriser la hauteur de coupe sans amener de terre dans le fourrage.
- Des réglages simples de la hauteur de fauche et de l'allègement permettent de s'adapter aux conditions de la parcelle à faucher.
- Les barres de coupes ont un rôle principal dans la qualité de la fauche (Figure 2).

FIGURE 2 – Exemple de technologie d'une barre de coupe qui améliore la qualité de la fauche (OPTIDISC®).



Au cours du fonctionnement, les couteaux de la barre de coupe présentent 2 types de positionnement au fur et à mesure de leur rotation :

1 : L'écartement est réduit lorsque les disques sont divergents, ce qui favorise le recouvrement de la fauche et évite des traînées d'herbe non fauchées

2 : L'écartement est augmenté lorsque les disques convergent, pour une évacuation facilitée du fourrage vers l'arrière et une coupe propre : pas de recoupe, et une coupe nette et franche pour un fourrage de qualité.

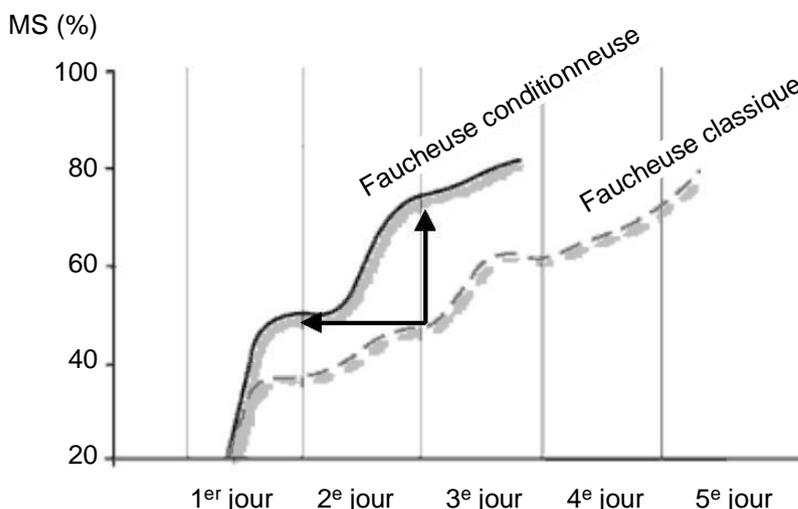
- La "dépose" du fourrage

La "dépose" du fourrage derrière la faucheuse influe sur l'homogénéité du séchage. Les andains formés par la faucheuse doivent être réguliers et larges pour que le séchage du fourrage soit homogène et qu'il débute dès la coupe.

- Le conditionnement : pour ou contre ?

Le conditionnement a pour objectif d'accélérer le séchage du fourrage (Figure 3). Le temps de séchage est ainsi de 25 à 30% plus court, d'où un gain de 0,3 heure/ha dans des conditions d'épandage large et sans passage de faneuse (MISERQUE, 2002). C'est l'égratignement ou l'écrasement de la cuticule des tiges et feuilles qui augmente leur dessiccation.

FIGURE 3 – Comparaison de la vitesse de séchage entre fauche standard et fauche avec conditionnement (source : VIGNAU-LOUSTAU et HUYGUE, 2008)).



Pour le **foin**, même avec conditionnement, la faneuse reste indispensable.

Avec conditionnement, les exigences météorologiques pour la fenaison sont moins élevées puisque la fenêtre de beau temps peut être plus courte mais, en revanche, cela exige une météo stable, car le fourrage conditionné absorbe plus rapidement l'eau en cas de pluie et la qualité du fourrage peut en être détériorée.

Le conditionnement réduit les pertes liées aux actions mécaniques du fait de la réduction du nombre de passages de la faneuse, mais il accroît le risque de détérioration du fourrage lors du fanage.

Une faucheuse - conditionneuse exige une force de traction et une consommation de carburant supérieures à une faucheuse mais permet une économie de main d'œuvre puisqu'elle évite le passage de 2 tracteurs et 2 machines dans un laps de temps court. Cet investissement est à raisonner selon la structure d'exploitation, les choix de l'agriculteur et la main d'œuvre disponible.

La technologie au service de la qualité du fourrage :

Moduler l'intensité du conditionnement est indispensable pour préserver toute la qualité du fourrage. L'intensité du conditionnement doit être adaptée aux caractéristiques du fourrage (maturité, teneur en matière sèche, rendement) ; elle doit notamment être abaissée pour les légumineuses aux feuilles plus fragiles et pour le foin, du fait du risque de brisures. Lorsque les conditions météorologiques sont favorables au séchage, l'intensité du conditionnement peut également être réduite.

L'adaptation de l'intensité du conditionnement permet aussi d'optimiser la force de traction nécessaire et la consommation de carburant.

Les faucheuses conditionneuses disposent **de nombreux systèmes pour adapter l'intensité du conditionnement** :

- par la fréquence de rotation du conditionneur ;
- pour les conditionneurs à doigts : i) par la position du peigne par rapport à la tôle défectrice ; ii) en modulant l'espace entre le rotor du conditionneur et la tôle défectrice : un espace réduit produit un conditionnement plus intense du fourrage par le frottement des tiges et une rupture de leur cuticule ; un espace large permet au rotor de remplir principalement une fonction d'aération du fourrage ;
- pour les conditionneurs à rouleaux : par la pression du rotor.

- L'épandage large

Une dépose du fourrage en andains larges augmente la **vitesse de séchage** du fourrage par une meilleure exposition au soleil et par une plus grande surface ventilée. Ceci permet d'économiser un passage de faneuse. Le fourrage est ainsi moins travaillé. Les pertes au champ sont moins importantes avec cette technique qu'avec la technique traditionnelle. Une dépose en andain étroit est idéale pour l'ensilage et pour faciliter la reprise du fourrage par les outils de récolte suivants. Techniquement, ce sont les volets arrière orientables qui règlent la largeur de l'andain. En revanche, cette technique présente l'inconvénient de faucher en roulant sur le fourrage fraîchement coupé.

3.2. Le fanage : une phase clé sur le chemin de la qualité

Le fanage vise à accélérer le séchage du fourrage tout en conservant la qualité et le rendement du fourrage. Une conduite inadaptée peut cependant fortement dégrader la valeur alimentaire du fourrage et en réduire le rendement.

Juste après la fauche, la dessiccation est la plus importante, puis elle diminue régulièrement (Figure 4). Le premier fanage réalisé directement après la fauche en accroît l'efficacité tout en manipulant un fourrage encore vert et donc peu sensible aux pertes mécaniques. **Les passages ultérieurs avec la faneuse sont effectués lorsqu'une différence d'humidité entre le dessus et le dessous du fourrage fauché est constatée.** Il est impératif d'**adapter la vitesse de rotation des toupies en fonction du taux d'humidité du fourrage.**

Au champ, le séchage du fourrage est interrompu par la nuit au cours de laquelle l'humidité de l'air augmente. Il est conseillé de faner après la disparition de la rosée, afin de ne pas placer du fourrage humide vers le sol, ce qui augmenterait le temps de séchage. Les conditions optimales pour un bon

séchage sont une hygrométrie inférieure à 60% et une température supérieure à 15°C avec une légère brise. L'ouverture des stomates favorise l'évapotranspiration naturelle entre 80% et 60% d'humidité.

Comment faner efficacement ?

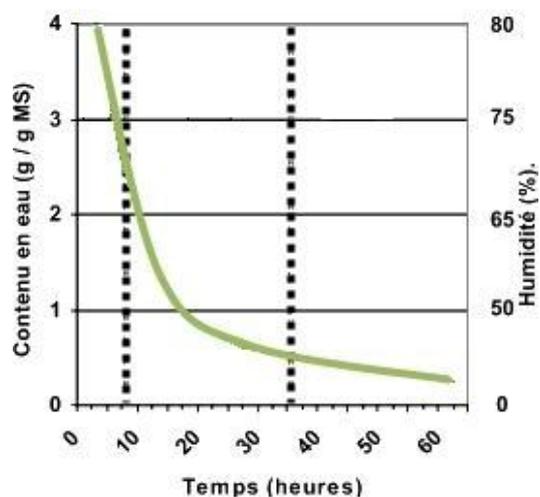
- La "dépose" de fourrage doit être uniforme pour un séchage rapide et régulier. Un taux d'humidité constant sur toute l'épaisseur du fourrage limite le développement de moisissures.

- Un fourrage au sol doit être déposé de façon aérée et structurée ; il laissera ainsi passer l'air entre les brins d'herbe et l'évapotranspiration de l'herbe sera favorisée.

- Effectuer un retournement intégral pour obtenir un taux d'humidité homogène dans le fourrage : le fanage aura permis d'exposer la totalité du fourrage à la lumière, ce qui ouvre les stomates des feuilles et favorise la dessiccation par un accroissement des échanges hydriques.

- Limiter les pertes mécaniques des brisures et effeuillage : la fréquence de rotation de la prise de force doit être ralentie au fur et à mesure que le fourrage sèche afin de limiter les pertes mécaniques de matière sèche et de qualité. Les feuilles sont fragilisées et friables ; le risque de brisures est donc important. Les pertes peuvent s'élever (selon l'espèce et sa maturité) jusqu'à 33% des protéines et 20% de la matière sèche.

FIGURE 4 – Evolution du séchage du foin en conditions de laboratoire (source : MOSER, 1995).



La technologie au service de la qualité du fourrage au cours du fanage :

- Les toupies et leurs fourches sont conçues pour le retournement optimal du fourrage. Les toupies de faible diamètre présentent un avantage reconnu car, grâce à leur angle de piquage plus incliné ; elles permettent une dépose homogène sur la surface prairiale, un foisonnement et une aération idéale du fourrage, un meilleur soulèvement du fourrage pour un retournement intégral. Ces toupies agressent moins le fourrage, ce qui limite les pertes de valeur nutritive tout en gagnant 33% de temps de séchage.

- Le débit de chantier ne doit pas compromettre la qualité de récolte du fourrage : l'ensemble du fourrage doit être fané ; pour des largeurs de plus de 10 mètres en zones vallonnées, les châssis doivent être articulés pour une adaptation parfaite du châssis au sol (Photo 1).

PHOTO 1 – Pour les faneuses de grande largeur, le châssis articulé est indispensable pour la qualité du fourrage (source : KUHN).



- La largeur de la faneuse doit être un multiple de celle de la faucheuse pour ne pas rouler sur le fourrage lors du premier fanage et ainsi éviter la souillure du fourrage. Le fanage doit être pratiqué à bon escient : aussi peu que possible mais aussi souvent que nécessaire.

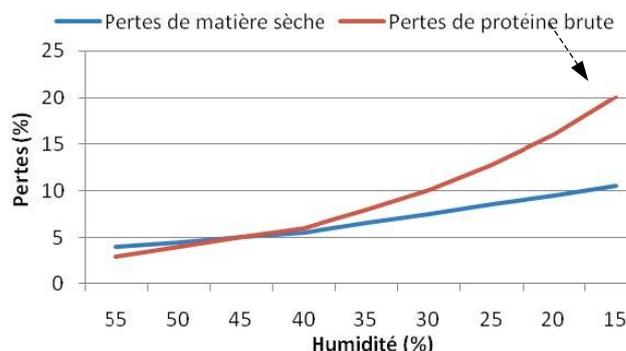
- L'emploi de carters réducteurs permet de former des andains étroits, en particulier pour la nuit afin de limiter la réhumectation du fourrage ou pour les zones et périodes à fortes rosées.

3.3. L'andainage : une manipulation obligatoire, mais délicate

L'andainage prépare le fourrage au pressage ou au ramassage en vrac. Il doit être réalisé de manière très délicate pour ne pas détériorer la qualité ni la production du fourrage.

L'andainage se pratique au taux de matière sèche recherché. Un andainage mal géré engendre des pertes de matière sèche mais surtout de nutriments digestibles tels que les sucres et jusqu'à 20% pour les protéines brutes (Figure 5). Le risque d'endommagement des feuilles lors de l'andainage est encore plus prononcé que lors du fanage. L'agressivité de la manipulation du fourrage sec par andainage équivaut à deux passages de faneuse. Pour le foin, l'andainage est effectué lorsque d'herbe a un taux d'humidité inférieur à 35%.

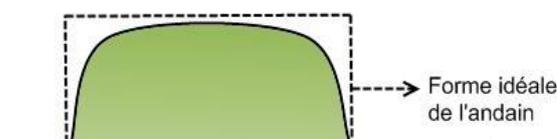
FIGURE 5 – Pertes de matière sèche et de protéines brute lors du râtelage de la luzerne (source : BUCKMASTER, 1993).



Andainer efficacement :

- L'andaineur doit faciliter la reprise du fourrage par la presse, l'ensileuse ou la remorque ensileuse, grâce à un andain homogène et de forme optimale, se rapprochant du parallélogramme (Figure 6).
- Il doit ramasser l'intégralité du fourrage en réduisant au minimum les pertes et les souillures, c'est pourquoi une adaptation de l'andaineur au relief du sol est essentielle.
- Un andain bien structuré permet de parachever le séchage du fourrage par une son aération optimale
- Il ne doit pas dégrader le tapis végétal ; pour cela, il ne faut pas andainer avec une hauteur de râtelage non adaptée.

FIGURE 6 – Forme optimale de l'andain pour faciliter la reprise.



La technologie au service de la qualité du fourrage lors de l'andainage

- L'articulation des rotors et les roues positionnées sous les rotors, au plus près des fourches, assurent le suivi des dénivellations du sol et évitent le ripage dans les virages.
- La forme des fourches est étudiée pour râtelier en douceur : le fourrage n'est pas souillé, le couvert végétal est préservé. Des formes spécifiques des bras de fourches permettent un dégagement du fourrage au-dessus de l'andain, pour éviter d'emmener du fourrage au-delà de l'andain et la formation d'andains volumineux.
- La facilité des réglages de la hauteur de râtelage permet une adaptation au microrelief de la parcelle.

- L'andaineur à tapis offre des perspectives intéressantes : il ramasse le fourrage au moyen de pick-up puis le dépose sur le tapis qui regroupe le fourrage en andains. Le fourrage est râtelé sans contact avec le sol et n'est plus agressé par les fourches. Par ailleurs, les andains sont réguliers et sans torsade, ce qui facilite la reprise du fourrage par tous les matériels de récolte. De plus, le fourrage est déposé au sol par gravité (Photo 2) ; l'andain est donc très aéré et le fourrage continue de sécher uniformément.

PHOTO 2 – Andaineur à tapis de grande largeur de ratelage.



- Pour les grande largeur de râtelage, l'andaineur à tapis limite l'introduction d'impuretés et le risque de brisure par rapport à l'andaineur à rotor qui déplace le fourrage au sol.

3.4. La phase finale de la récolte : du pressage à l'enrubannage

– Le pressage

Le pressage est principalement utilisé pour des raisons de facilité de transport et de gain de place au stockage. Il reste une manipulation à mener avec soin, surtout pour un fourrage récolté en foin ou en regain.

Le taux d'humidité a une influence sur la qualité du fourrage suite au pressage. Un fourrage insuffisamment sec verra sa qualité se détériorer car les nutriments, en particulier les sucres, seront consommés par les moisissures. Lors de la distribution, il présentera alors un risque pour la santé animale et humaine en raison de la production de poussières. Enfin, la part de refus s'accroît. Un taux d'humidité trop élevé présente également un risque d'incendie, dû à un échauffement lié à la fermentation. Même si les balles réduisent la zone de contact du fourrage avec l'environnement, il est essentiel que la récolte soit entreposée dans un lieu aéré et à l'abri des intempéries.

La technologie au service de la qualité lors du pressage

- Pour obtenir un fourrage sec : **rechercher des balles aux cœurs aérés**. Le foin ou le regain sont des fourrages qui doivent atteindre une teneur en matière sèche élevée. Mais, pour éviter toutes les moisissures, il faut que le fourrage continue à sécher lors de l'entreposage. Pour la préservation de la qualité du fourrage, un pressage qui crée des cœurs aérés permet à l'air de circuler dans les balles et facilite la reprise lors de la distribution aux animaux.

Les presses à chambre fixe ont l'avantage de conditionner le foin pour qu'il ne chauffe pas en aérant le cœur de la balle. Mais la dimension des balles et la densité sont plus faibles. Les presses à chambre variable permettent d'obtenir des balles de foin avec un cœur aéré, mais il faut préalablement les régler : elles peuvent conditionner aussi bien le foin que la paille. Les presses haute densité permettent quant à elles de produire des balles carrées régulières qui facilitent la manutention, le transport et le stockage ; elles allient la "praticité" et la préservation de la qualité du fourrage. Les chambres de pré-compression permettent à la presse de s'adapter aux variations des andains pour produire des balles régulières

- Pour obtenir des balles régulières, la presse doit être conçue pour alimenter en continu la chambre de pressage en fourrage, indépendamment des variations de quantité.

- Les couteaux doivent être adaptés au type de fourrage : la largeur de coupe minimale des couteaux varie de 45 à 70 mm.

- L'enrubannage : un compromis entre le foin et l'ensilage

L'enrubannage permet de prendre le risque de récolter un fourrage tôt dans la saison malgré une météo incertaine. De plus, c'est une méthode qui demande moins de main d'œuvre qu'une chaîne d'ensilage et, à l'exception de l'enrubanneuse, elle utilise les mêmes matériels de récolte que la fenaison. La principale différence par rapport au foin ou à l'ensilage est que la récolte du fourrage se fait idéalement à 50% de matière sèche.

Pour éviter à la fois la consommation inutile des sucres et la déformation des balles, il est préférable d'enrubanner directement après le pressage. Un décalage de quelques heures est possible, sans dépasser 24 heures et si des intempéries ne surviennent pas.

Enrubanner efficacement :

- Un **pressage dense** est nécessaire. Contrairement au foin, l'air doit être chassé du fourrage pour rendre les sucres solubles immédiatement disponibles pour les bactéries acidifiantes et favoriser la fermentation.

- Une balle avec une **forme régulière** est essentielle pour éviter la formation de poches d'air entre les différentes couches de film étirable. Cette uniformité va permettre de conserver au mieux le fourrage.

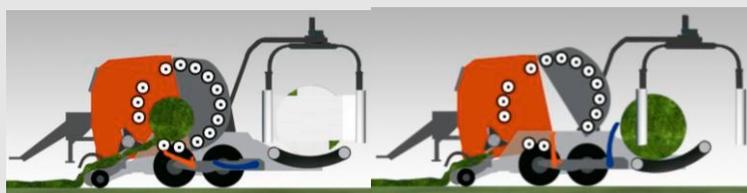
- **Un recouvrement efficace et hermétique des balles** est indispensable : le nombre de couches de film garantit la conservation de la balle, mais il faut aussi optimiser le coût de l'enrubannage. Le mode de recouvrement doit assurer une bonne répartition du film et envelopper hermétiquement la balle pour une adaptation optimale à toutes les situations (durée de stockage, taux d'humidité).

- L'élément indispensable de l'enrubannage : **un film étirable de qualité**. Pour que le fourrage soit conservé de manière optimale, le film à utiliser doit être solide, résistant aux UV et hermétique. Un film de couleur claire évite l'échauffement du fourrage et la prolifération des micro-organismes. L'application d'un film pré-étiré permet un meilleur scellement entre les couches. Le pré-étirement recommandé est compris entre 55 et 70% de la largeur d'origine du film.

La technologie au service de la qualité de l'enrubannage

- Pour un enrubannage immédiat : la presse enrubanneuse ou la combinaison presse - enrubanneuse permettent de gagner en temps, en main d'œuvre, en débit de chantier et en qualité (Figure 7). La perte de fourrage est limitée au maximum et l'enrubanné obtenu est d'une qualité supérieure.

FIGURE 7 – Schéma de fonctionnement d'une presse enrubanneuse (à gauche : la presse commence à confectionner une balle pendant qu'elle enrubanne la précédente, pour pouvoir travailler en continu).



- Un enrubannage "3D" (Photo 3) recouvre en premier la partie cylindrique de la balle pour chasser l'air et conserver la forme de la balle. Une répartition plus uniforme du film permet d'optimiser sa consommation tout en sécurisant la conservation du fourrage.

PHOTO 3 – Meilleure conservation du fourrage grâce à l'enrubannage "3D"



3.5. L'entretien des prairies est essentiel pour le maintien de la qualité

– L'entretien des pâtures

Après chaque saison de pâturage ou avant une repousse, un entretien de la prairie peut s'avérer nécessaire pour maintenir sa qualité et éviter les refus. Les pertes à la pâture peuvent être comprises entre 1 et 2 tonnes de matière sèche par hectare et par an selon la hauteur du fourrage lors de la mise à l'herbe. Le broyage des refus a plusieurs rôles : nettoyage des plantes ligneuses (ronces...) en les broyant, déprimage mécanique et élimination des adventices.

Le nombre de passages et la fréquence de la fauche des refus doivent être ajustés en fonction de l'utilisation de la pâture. Le broyage est à réaliser hors des périodes de stress (périodes sèches) qui peuvent débuter dès mai.

Il est préconisé de broyer à une hauteur minimale de 5 cm pour ne pas endommager le plateau de tallage des graminées et maintenir les légumineuses dans la prairie.

La finesse du broyage et une répartition homogène des résidus sont primordiaux pour ne pas dégrader la prairie et autoriser une repousse de la pâture rapide et homogène. A ce titre, les broyeurs à axe verticaux sont déconseillés, car ils peuvent avoir tendance à andainer la matière broyée.

La technologie au service de la qualité

Il faut choisir convenablement les outils de coupe adaptés à l'objectif du broyage : "marteau cuillère" pour le broyage de l'herbe et des refus de pâtures, "couteau Y" pour le broyage des broussailles, "couteau Y" combiné à un couteau droit pour les travaux de débroussaillage et le broyage des bois de taille.

– La régénération des prairies

Lorsque la prairie est trop dégradée (dégradation de la végétation ou de la structure du sol), une réimplantation permettra de retrouver tout son potentiel. Si la dégradation est due à l'évolution de la végétation, la technique du sursemis par semis direct est la plus rentable. Elle présente plusieurs intérêts : la préservation de la structure du sol et de son activité biologique, l'absence d'érosion et de battance, la réduction du temps de travail, et de ne pas remonter de cailloux en surface.

La technologie au service de la qualité

Les semoirs spécialisés "semis directs" sont adaptés pour positionner les semences prairiales à l'optimum de profondeur par une pénétration dans le mat racinaire.

4. Et demain, encore des évolutions...

4.1. Pour améliorer encore la qualité du fourrage

La quête de nouvelles techniques visant la qualité du fourrage se poursuit :

- pour la barre de coupe, afin d'améliorer la qualité de fauche, de permettre des débits de chantier plus élevés sans pénaliser la qualité de fauche et du fourrage ;
- pour le système de conditionnement grâce à un réglage aisé de l'intensité de conditionnement et à la réduction des besoins en puissance au niveau de la prise de force ;
- pour les rotors d'andainage afin de limiter l'introduction d'impuretés tout en râtelant des largeurs importantes et à des vitesses d'avancement plus élevées.

4.2. Pour accroître le débit de chantier

Les travaux se poursuivent pour augmenter le débit de chantier, en particulier par les largeurs de travail. Le confort et la facilité de prise en main (ergonomie, réglages, entretien...) font partie des axes de travail qui améliorent également le débit de chantier, notamment en diminuant la fatigue du chauffeur. Mais l'accroissement des largeurs de travail engendre en contrepartie des machines plus lourdes générant de forts risques de compaction du sol, néfastes pour la végétation prairiale. Des marges de progrès existent également à ce niveau. Les adaptations du matériel concerneront les pneumatiques (dimensionnement, basse pression) et l'évolution vers du matériel traîné plutôt que porté.

4.3. L'électronique, nouvel associé

Au-delà du pilotage, l'électronique devient un allié pour améliorer la logistique des chantiers de récolte ; en voici quelques exemples :

- par le contrôle de fonctionnement des outils : contrôle de la vitesse de rotation des disques des faucheuses ou des rotors des faneuses, de la hauteur de coupe ; par un débit proportionné à l'avancement des andaineurs ;

- par l'enregistrement des travaux, des informations (matière sèche, parcelles d'origine...), par le marquage des balles de fourrage ;

- dans une dimension plus futuriste, il peut également s'agir de l'angle de piquage des toupies de faneuses selon le taux de matière sèche...

L'électronique sera également une aide précieuse pour choisir le moment opportun pour intervenir, par exemple avec des capteurs de taux de matière sèche ou d'humidité.

4.4. Le respect de la faune

La prairie est reconnue pour son rôle environnemental et notamment en tant qu'habitat d'espèces protégées. Mais la faucheuse peut blesser mortellement le petit et grand gibier. C'est pourquoi les modes de fauche comportant des systèmes d'alarme (ultrasons, caméra infrarouge) se développent.

En conclusion, le développement du matériel de récolte du fourrage, mené en collaboration avec les éleveurs, vise à concilier qualité de récolte, et par conséquent qualité du fourrage, et débit de chantier. Alors que les éleveurs expriment en premier lieu leurs exigences en termes de fiabilité du matériel, leurs attentes concernent de plus en plus le respect de la qualité du fourrage, du champ à l'auge, d'autant plus que les coûts des concentrés s'accroissent. Néanmoins, en tant que constructeur de matériel agricole, nous constatons, hélas, encore trop souvent que les éleveurs n'utilisent pas au mieux leur matériel (réglages, conditions d'utilisation...). Constructeurs et développement agricole auraient intérêt à s'associer pour les accompagner et leur permettre d'accroître les performances de leurs entreprises agricoles.

Références bibliographiques

- AMYOT A. (2006) : "Les systèmes de récolte des fourrages et d'alimentation en production ovine", *Symp. Ovin, Maîtriser la production ovine pour mieux en vivre*, CRAAQ, www.Agrireseau.qc.ca, 32 p.
- BUCKMASTER D.R. (1993) : Alfalfa raking losses as measured on artificial strubble. *American Society of Agricultural Engineers* 36 : 645-651.
- HOGLUNG C.R. (1964) : *Agricultural economics*, Report 947, Michigan State University, East Lansing.
- KALZENDORF C., KAWALEWSKY H.H., FÜEBBEKER A. : Landwirtschaftskammer **Weser-Ems**, Oldenburg (Germany), Referat Landtechnik.
- KUHN (2006) : "Les solutions Kuhn. Suspension Lift Control® pour girofaucheuses et faucheuses - conditionneuses, Kuhn, brochure, 4 p.
- MISERQUE O., OESTGES O., STILMANT D., LUXEN P. (2002) : *Synthèse des essais de faucheuses conditionneuses*, Journée "Actualités Fourrages", Libramont, 11 décembre 2002, 11 p.
- MOSER L.E. (1995) : "Post-harvest physiological changes in forage plants", *Post-harvest physiology and preservation of forages*, CSSA special publication n° 22, Madison Wisconsin, 1-19.
- RENAUD J. (2002) : Récolte des fourrages à travers les âges, éd. La France Agricole, 416 p.
- VIGNAU-LOUSTAU L., HUYGHE C. (2008) : Stratégies fourragères, éd. La France Agricole, 336 p.