



Note technique FOURRAGES

Foins récoltés en conditions difficiles : conséquences et prévention de l'échauffement

Quand les périodes sans pluie sont rares et de courte durée, ou si la pluie arrive plus tôt que prévu, il est difficile de récolter du foin parfaitement sec. Cela favorise le développement des moisissures et l'échauffement, avec pour conséquence une baisse de valeur alimentaire et à l'extrême un risque d'incendie.

Teneur en matière sèche minimale : variable selon le type balles

Eviter de presser un foin à plus de 20% d'humidité : il doit être craquant, même sous les andains. La teneur en **matière sèche (MS) minimale** recommandée pour une bonne conservation varie selon le type de balles. Elle est **d'autant plus élevée que** la balle a un **volume et une densité importants** :

- Petites balles carrées : 82 à 85% de MS (15 à 18% d'humidité)
- Grosses balles rondes à cœur « mou » (presse à chambre fixe) : 84 à 87% de MS (13 à 16% d'humidité)
- Grosses balles rondes à cœur serré ou carrées : 85 à 88% de MS (12 à 15% d'humidité)

Précautions à prendre pour les foins récoltés en conditions difficiles

- **Faucher plus haut** (7-8 cm) pour faciliter la circulation de l'air sous les andains et les isoler du sol humide.
- Si la faucheuse laisse des **andains étroits** (étalement sur moins de 80% de la surface du sol), réaliser un **fanage au plus tôt après la fauche** pour maximiser la surface d'exposition à l'air et au soleil.
- Pour faciliter la fin du séchage au champ en conditions peu favorables, réaliser un **pré-andainage** en constituant d'abord des petits andains et en les regroupant juste avant le pressage.
- **Limiter le diamètre des balles** : plus le volume de la balle est élevé, moins il y a de surface en contact avec l'extérieur par kilo de foin, ce qui rend plus difficile l'évacuation de la chaleur et de l'humidité
- **Faire des balles moins serrées**, moins denses : le séchage sera facilité par une meilleure circulation de l'air. Et plus de matière dans la balle permet d'atteindre une température plus élevée (il y a plus de « carburant » pour le processus d'échauffement).
- En cas de doute sur la teneur en humidité au pressage, **laisser les balles à l'extérieur** (2 à 3 semaines), et ne les rentrer qu'après avoir **contrôlé** leur **température** à l'aide d'une sonde (coût autour de 100-150 €). Un fabricant propose depuis peu une sonde « connectée » permettant le suivi en continu de la température et l'envoi d'alertes par SMS ou e-mail (coût autour de 470 €).
- Si des balles douteuses sont rentrées à l'abri, ne pas les empiler ou au moins éviter de trop les serrer pour que l'air circule, assurer une ventilation maximale du bâtiment et suivre régulièrement leur température.

Foin insuffisamment sec : quelles conséquences ?

L'hétérogénéité du séchage dans la parcelle, liée à des zones plus ou moins ombragées, un sol plus ou moins humide, ou un fourrage plus ou moins épais, ajoutées à des conditions météo qui ne sont pas toujours celles prévues au moment de la fauche, peuvent conduire à presser un foin insuffisamment sec, au moins pour certaines balles.

Quand le foin n'est pas suffisamment sec, l'humidité et la présence d'oxygène permettent le maintien de l'activité des microorganismes présents sur le fourrage (levure, moisissures, bactéries...), associée durant les 4-5 premiers jours à celle des cellules des plantes non complètement déshydratées. Cela se traduit par la **consommation** des matières solubles (**sucre**s...) présentes dans le fourrage, avec pour conséquence la **production de chaleur**, qui facilite le séchage, mais aussi une **baisse de la**

valeur alimentaire, et à l'extrême un risque d'incendie. De plus la **multiplication des moisissures** peut causer des problèmes sanitaires : problèmes respiratoires, particulièrement pour les chevaux, voire problèmes liés aux mycotoxines.

La **baisse de valeur alimentaire** concerne à la fois la **valeur énergétique** (UF), du fait d'une plus forte proportion de fibres dans le fourrage, et la **valeur protéique**. En effet, quand la température dépasse 40°C, les protéines se lient aux fibres, notamment à la lignine, et deviennent de moins en moins digestibles. La baisse des valeurs énergétique et protéique dépend de la température maximale atteinte et, dans une moindre mesure, de la durée de l'échauffement :

- **< 40°C** : baisses quasi imperceptibles.
- **40 à 60°C** : odeur de pomme pourrie, acide. 5 à 15 % de pertes de valeur énergétique et 10 à 30 % de baisse de digestibilité des protéines. Si l'échauffement s'arrête là, le foin sera gris, poussiéreux.
- **60 à 80°C** : foin de couleur brun/tabac /caramel. Pertes de 15 à 30 % en valeur énergétique et de 30 à 80 % en digestibilité des protéines.
- **80 à 90°C** : foin de couleur brun/café/noir. Fourrage inutilisable. Risque incendie maximal.

Attention : les résultats d'analyse d'un fourrage qui a chauffé s'interprètent avec précaution. La baisse de digestibilité des protéines ne sera pas visible à partir des analyses classiques. La protéine est bien présente dans le fourrage mais sa digestibilité est inférieure à la « normale » : les **valeurs PDI calculées par le laboratoire seront surestimées**. La baisse de valeur énergétique (UF) pourra être appréciée, celle-ci étant liée à l'augmentation de la proportion de fibres, qui est mesurée par l'analyse (cellulose brute « CB », NDF...)

Malgré une appétence qui peut être excellente quand ces foins « caramélisés » ne sont pas moisissus, il faudra **tenir compte de leur plus faible valeur énergétique et protéique dans le rationnement**.

Un bon foin est plus sensible à l'échauffement qu'un mauvais foin !

Un fourrage jeune (regain...) est plus sensible à l'échauffement qu'un fourrage fauché tardivement (stade floraison ou plus tard), car il est plus riche en matières organiques solubles (sucres, protéines). Or, cette matière organique soluble est le carburant des réactions métaboliques à l'origine de l'échauffement



Pour pouvoir adapter au mieux leur utilisation, pensez à repérer les balles susceptibles d'avoir chauffé : fiche cartonnée sous une ficelle, jalons de couleur...

Contrôle de la température des balles

En cas de doute sur la teneur en humidité du foin, il est prudent de faire un **suivi des températures tant qu'elles dépassent 40-45°C**, ce qui peut durer plusieurs semaines. Après une première montée en température liée à la respiration des cellules des plantes encore vivantes et des microorganismes, il arrive souvent que la température redescende après 3-4 jours, une fois que les cellules des plantes ne sont plus actives. Elle peut ensuite remonter, pour parfois plusieurs semaines, si les levures et moisissures ont pu se multiplier.

Température des balles : interprétation et conseils de conduite

Moins de 45°C	Température normale	Surveiller régulièrement
45 à 55°C	Echauffement inquiétant	Eviter d'entasser les balles si elles ne sont pas encore rentrées. Sinon surveiller la température du tas au moins 2 fois par jour
55 à 65°C	Formation de vapeur d'eau. Température dangereuse.	Rechercher les endroits surchauffés, multiplier les mesures à ces endroits, aérer les tas à partir du sommet
65 à 75°C	Odeur de roussi, augmentation de la vapeur d'eau. Température très dangereuse.	Entailler les foyers surchauffés, tenir à proximité des moyens d'extinction. Surveiller la température, si besoin sortir le fourrage.
Plus de 75-80°C	Odeur de roussi très prononcée, affaissement du tas par endroits. Température extrêmement dangereuse	Risque d'incendie très élevé : protéger les alentours, éloigner les véhicules... Ne pas tenter de déplacer les balles (risque d'appel d'air favorisant la combustion). Alerter les pompiers.

Quelles solutions pour presser un fourrage encore trop humide ?

1. L'enrubannage :

En évitant l'entrée d'air, l'enrubannage permet de stopper assez rapidement l'activité des microorganismes et des cellules des plantes, ce qui limite l'échauffement et les pertes de valeur alimentaire. La teneur en **matière sèche optimale** pour l'enrubannage se situe **entre 45 et 60%**.

Les enrubannages réalisés à des teneurs en **MS supérieures**, cas fréquent quand il était prévu de récolter en sec, ont un **risque plus élevé de mauvaise conservation** (développement de moisissures). Pour limiter ce risque, il faut renforcer au maximum les précautions permettant de **réduire la présence d'air et les entrées dans la balle** :



- Faire des **balles denses et régulières**, ce qui est facilité par un andain de largeur proche de celle du pick-up de la presse. Le **hachage** facilite l'obtention de densités élevées, notamment pour les fourrages à maturité avancée, riches en tiges.
- Un plus **gros diamètre** permet de réduire la surface en contact avec l'air extérieur par kilo de fourrage.
- **Enrubanner au plus vite après le pressage** pour limiter les pertes par respiration du fourrage et la déformation des balles : **dans les 12 h** si les températures sont fraîches, et plutôt **dans les 2 h par températures élevées**.
- Mettre plus de couches de plastiques, surtout en présence de tiges dures dans le fourrage ou pour des durées de stockage longues.
- Stocker de préférence les balles à l'ombre et les boudins avec une orientation Nord-Sud, pour limiter les trop fortes variations de température au cours de la journée et une trop grande différence entre le côté exposé au Nord et le côté Sud, causes de phénomènes de condensation sous le plastique, à l'origine de zone trop humides ou trop sèches mal conservées.

2. Les conservateurs pour foin humide :

Les **conservateurs à base d'acide propionique**, et certains conservateurs de type biologique, permettent de limiter le développement des moisissures et l'échauffement des foins récoltés entre 15 et 25 voire 30% d'humidité, à conditions d'être appliqués en quantité suffisante : en général **4 à 5 litres /tonne de fourrage** avec des conservateurs dosant autour de 90% d'acide propionique, pour une teneur en humidité de 20 à 25%. La dose à utiliser est d'autant plus élevée que l'humidité est importante, d'où l'intérêt d'avoir une sonde d'humidité sur la presse pour pouvoir ajuster la quantité d'acide si des parcelles ou zones de parcelles sont plus humides.

Autre **point essentiel** : une **bonne répartition dans le fourrage** au moment du pressage, ce qui nécessite un équipement de pulvérisation adapté à monter sur la presse (coût autour de 1500 à 2000 €). Une répartition homogène du conservateur est facilitée par des andains larges et minces. Le prix des produits à base d'acide propionique est voisin de 2.25 à 2.5 €/kg. Le coût à la tonne de matière sèche est donc voisin du coût du plastique pour enrubannage, autour de 12 € par tonne de MS.

Les produits à base d'acide propionique tamponné, les plus fréquents (AGRI FONGIL PROTECT, LUPRO-GRAIN, VITASIL PRO...) sont peu corrosifs pour le matériel et l'utilisateur.

L'efficacité des conservateurs à base d'acide propionique pour limiter les pertes et la dégradation de la valeur alimentaire a été mise en évidence dans plusieurs essais, sauf pour des balles rondes de gros diamètre (1.5 m). La mise en œuvre des précautions indiquées plus haut reste toutefois nécessaire (serrage et diamètre des balles...). Il sera préférable de stocker ces balles humides traitées dans un lieu bien ventilé et pas trop serrées, et de contrôler régulièrement leur température.



Pompe pour incorporation de conservateur

Comment apprécier la teneur en matière sèche du fourrage ?

Avec de l'expérience, l'appréciation visuelle et le toucher du fourrage permettent d'estimer de manière plus ou moins précise sa teneur en MS : une herbe à **82-84 % MS** se caractérise par des **feuilles cassantes** et des **tiges sèches**. Au toucher, aucune sensation d'humidité ne doit être ressentie, sur le dessus, à l'intérieur et au-dessous de l'andain. Sur les tiges, les nœuds ne doivent plus comporter de zones de couleur « vert chlorophylle », signe de la présence résiduelle d'eau.

Des **sondes** permettent de **mesurer l'humidité** (et souvent aussi la température des fourrages), pour un coût autour de 300 € (200 € sans la température). La plupart des modèles sont basés sur la **mesure de la conductivité électrique** (liée à la teneur en eau). Ils **s'utilisent sur des fourrages compactés**, donc sur des **balles déjà pressées**, avec une précision meilleure pour les balles à densité élevée. La fiabilité de ces sondes semble meilleure pour des taux d'humidité faibles (jusqu'à 20% environ). Elle peut aussi être fortement réduite par des piles insuffisamment chargées ou une pointe sale.

Des études ont montré une grande imprécision pour les mesures réalisées sur andains. Possibilité pour une estimation de l'humidité sur andains : prélever plusieurs échantillons et les tasser fortement dans un seau ou un tube PVC puis y faire plusieurs mesures avec la sonde.

La teneur en humidité peut aussi être mesurée **par séchage** d'un échantillon de fourrage avec un **four à micro-ondes** : c'est une méthode précise mais plus longue et contraignante (environ 15-20 minutes par échantillon) :

- placer un récipient d'eau rempli aux 2/3 dans un coin du four, pour éviter la combustion
- peser un échantillon de 100 à 200 g de fourrage avec une balance ménagère précise (+/- 2 g).
- placer l'échantillon dans un récipient adapté aux micro-ondes, si possible ajouré (égouttoir en plastique...), sans tasser.
- chauffer par petites périodes : 2 minutes un fourrage humide, 1 minute pour un foin presque sec.
- peser l'échantillon après chaque période de séchage, jusqu'à ce que le poids n'évolue plus.

Si l'échantillon de départ faisait exactement 100 g, le pourcentage d'humidité est égal à 100 - poids de l'échantillon sec. Sinon il est égal à :

$$\frac{(\text{poids de l'échantillon frais} - \text{poids de l'échantillon sec})}{\text{poids de l'échantillon frais}} \times 100$$

