

UTILISATION RATIONNELLE DE L'ÉNERGIE POUR LE SÉCHAGE DES GRAINS ET DES FOURRAGES

**Situation technico-économique du parc de séchoirs existant
et leviers d'actions actuels et futurs**

Rapport Final **Séchage des fourrages** **Septembre 2011**

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par Services Coop de France, Arvalis-Institut du végétal et SOLAGRO – Marché N°0160C0016

Coordination technique

Rémi PLEAU, Gérard DESNOS et Laure VANCRAZENEST (Services Coop de France)
Florent VARIN (Coop de France Métiers du Grain)
André LE BRAS et Régis COUDURE (ARVALIS – Institut du végétal)
Jean-Luc BOCHU et Charlotte BORDET (SOLAGRO)
Cédric GARNIER (Service Agriculture et Forêts, ADEME)

SOLAGRO

Jean-Luc BOCHU jean.luc.bochu@solagro.asso.fr
Charlotte BORDET charlotte.bordet@solagro.asso.f

L'ADEME en bref

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) est un établissement public sous la tutelle conjointe du Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables, et du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Elle participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. L'agence met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public et les aide à financer des projets dans cinq domaines (la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit) et à progresser dans leurs démarches de développement durable.

Copyright

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L. 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

REMERCIEMENTS

L'ADEME et SOLAGRO remercient les membres du comité de pilotage de l'étude pour leurs contributions, ainsi que l'ensemble des acteurs qui ont fourni les informations nécessaires à la réalisation de cette étude.

La liste exhaustive des contacts pertinents pour l'étude figure en annexe.

Nous remercions en particulier les agriculteurs qui ont pris de leur temps pour répondre à l'enquête, nous espérons que les résultats présentés dans ce rapport leur permettront d'optimiser d'avantage leurs équipements et leurs pratiques.

COMITE DE PILOTAGE DE L'ETUDE

Organisme	Membres du comité de pilotage
ADEME Angers	Cédric GARNIER Jérôme MOUSSET
ADEME Basse-Normandie	Maxime MONCAMP
ADEME Aquitaine	Alain LHUILLIER Stéphanie KHAYAT
FAO	Luc AELLEN Vincent SEIGNEURET
Terre d'Alliances	Emmanuelle BARBÉ
Vivadour	Didier BELLOUIN
Maïsadour	Patrick YZIQUEL
APCA	David PEREIRA
Ministère de l'Agriculture	Christine FORTIN
SEGRAFO	Anne-Cécile VERGER

SOMMAIRE

1.SÉCHAGE DES FOURRAGES : PRÉSENTATION GÉNÉRALE.....	8
1.1Les arguments du séchage en grange : performance, économie et respect de l'environnement.....	8
1.2Présentation de la technique.....	9
1.3État du développement.....	12
1.4Les investissements du séchage des fourrages.....	13
1.4.1Séchage en vrac.....	13
1.4.2Séchage des balles rondes.....	14
1.5Les énergies utilisées en séchage des fourrages.....	15
1.5.1Besoins en énergie.....	15
1.5.2L'énergie solaire adaptée au séchage des fourrages en vrac.....	16
1.5.3Consommations d'énergie en séchage des fourrages.....	18
1.6soutiens publics.....	20
2.ENQUÊTE AUPRÈS DES AGRICULTEURS - SÈCHEURS.....	21
2.1Préparation de l'enquête.....	21
2.1.1Élaboration du questionnaire.....	21
2.1.2Échantillonnage.....	21
2.1.3Envois.....	22
2.1.4Retours	22
2.2Analyse des retours d'enquête.....	23
2.2.1Le séchage en vrac.....	23
2.2.2Les séchoirs de balles rondes.....	38
2.3Consommations nationales d'énergie pour le séchage des fourrages.....	39
2.3.1consommations d'énergie pour le séchage	39
2.3.2Hypothèses sur le nombre de séchoirs.....	40
2.3.3Estimation globale de la consommation d'énergie directe pour le séchage des fourrages.....	40
3.LEVIERS D' ACTIONS.....	41
3.1Présentation des leviers d'actions.....	41
3.1.1Actions générales pour accompagner le développement.....	41
3.1.2Pratiques.....	41
3.1.3Technologies et équipements.....	43
3.2Synthèse des leviers d'actions.....	45
4.CONCLUSIONS.....	50
5.BIBLIOGRAPHIE.....	52
6.ANNEXES.....	53
6.1Annexe 1 : liste des personnes contactées durant l'étude.....	53
6.2Annexe 2 : Questionnaire envoyé aux agriculteurs.....	54

RESUME

Contexte

Sur une consommation d'énergie nationale, tous secteurs confondus, de 162 millions de tonne équivalent pétrole (Mtep) en 2007, l'agriculture représente une consommation d'environ 4 Mtep soit 2,5 %. Afin de préciser les leviers d'action nécessaires pour atteindre l'objectif fixé suite au Grenelle de l'Environnement de 30% d'exploitations agricoles à faible dépendance énergétique en 2013, l'ADEME a confié à *Services Coop de France*, *Arvalis-Institut du végétal* et *SOLAGRO* la réalisation d'une étude sur l'utilisation rationnelle de l'énergie dans les séchoirs agricoles à grains, graines et fourrages. En effet, comme pour tout produit alimentaire, l'élimination de l'eau contenue dans les grains et fourrages se heurte à deux problèmes majeurs : le risque d'altération de la qualité nutritionnelle et organoleptique du produit, ainsi qu'une consommation d'énergie nécessaire et considérable. Le séchage des grains, graines et fourrages est réalisé dans les exploitations agricoles et dans les organismes de collecte et de stockage des céréales ou fourrages.

L'étude comporte deux parties qui ont été menées en parallèle :

1. L'étude du séchage des grains et graines, qui constitue l'essentiel des consommations d'énergie. Il se déroule d'après les estimations faites au cours de l'étude pour 80% dans les organismes de collecte et de stockage et pour 20% dans les exploitations agricoles équipées. Cette partie a été conduite par Services Coop de France, Coop de France Métiers du grain, et ARVALIS-Institut du végétal.
2. L'étude du séchage des fourrages qui, hormis pour la filière luzerne déshydratée, se déroule principalement dans les exploitations agricoles. Cette partie a été conduite par Solagro.

Après une analyse bibliographique et une identification des principaux acteurs du séchage, une enquête auprès de différents sites a été menée spécifiquement pour dresser un état des lieux des séchoirs et de leur consommation d'énergie. Les leviers d'actions ont par la suite été identifiés pour la réalisation d'économie d'énergie dans la phase de séchage, par des améliorations de pratiques ou par des techniques ou équipements plus performants.

Le séchage des fourrages est un mode de récolte et de conservation de l'herbe qui permet de récolter à un stade optimal pour l'alimentation des herbivores une herbe excédentaire à la pâture, de la sécher de manière artificielle à l'abri des intempéries et des dégradations dues au climat, et de la stocker pour une distribution ultérieure aux animaux. Ce fourrage a en général une très haute qualité proche de l'herbe pâturée. La composition des espèces fourragères détermine la répartition énergie / protéines du fourrage. Le séchage des fourrages permet en particulier de développer et de conserver les légumineuses dans les prairies temporaires, artificielles ou permanentes, qui sont donc source d'économies d'énergie indirectes par leur apports en protéines et la fixation symbiotique qui se substitue aux engrais azotés minéraux.

État des lieux

Concernant le séchage des fourrages, il n'existe pas de recensement du nombre d'installations dans les statistiques agricoles, ni d'évaluation de la consommation d'énergie pour cet usage.

L'approche a donc consisté à consulter des acteurs de développement pour tenter de cerner l'état actuel du développement de ces techniques sur le territoire et les pratiques des éleveurs qui utilisent ces séchoirs. Deux types de séchoirs sont identifiés : le séchage en vrac appelé aussi séchage en grange, qui existent depuis les années 70', et le séchage des balles rondes, qui existe depuis le développement des presses à balles rondes dans les années 80'.

On recense en France métropolitaine environ 2000 à 3000 séchoirs en vrac et environ 150 à 200 séchoirs de balles rondes. Depuis la mise en place du PPE¹ en 2009, une réelle dynamique de

¹Plan de Performance Énergétique, lancé en février 2009 par le ministère de l'Agriculture

développement est en train de se mettre en place sur le territoire national, alors qu'elle était alors confinée à quelques zones historiques telles que les zones avec AOC fromagère interdisant l'ensilage ou les fourrages fermentés.

La consommation d'énergie pour le séchage des fourrages comprend :

- le carburant des engins agricoles pour la fauche, la fenaison, la récolte en autochargeuse ou le pressage et le transport jusqu'au siège d'exploitation. Cette consommation d'énergie n'a pas été évaluée car elle nécessite des relevés relativement précis par les éleveurs, ce qui n'était pas envisageable dans le cadre de cette étude. On peut toutefois estimer que ces opérations de récolte sont similaires à celles des pratiques de foin ou d'enrubannage.
- L'électricité pour le fonctionnement du ventilateur de séchage et de la griffe à fourrages pour la manutention.
- L'énergie thermique du séchoir pour favoriser la rapidité du séchage et la qualité des produits. Traditionnellement au fioul ou au gaz propane, depuis plus 15 ans, la plupart des séchoirs en vrac sont conçus pour utiliser l'énergie solaire récupérée sous les toits agricoles.

La consommation d'énergie des séchoirs de fourrages est finalement estimée à environ 150GWh par an, dont 50 GWh d'électricité (en énergie finale).

Les leviers d'actions

Les leviers d'actions analysés dans le cadre de l'utilisation rationnelle de l'énergie pour le séchage des fourrages portent sur les pratiques et sur les investissements dans des technologies ou des équipements complémentaires de pilotage.

Nature des actions pour économiser l'énergie	Importance relative
Actions sur les pratiques et l'entretien :	
○ Réduire la teneur en eau à l'engrangement de 5 %	++
○ Arrêter plus tôt la ventilation en fin de période	++
○ Rénover les capteurs solaires à air	++
Actions sur l'outil de production (technologies et équipements du séchoir) :	
○ Ajout d'un capteur solaire pour le séchage en vrac	++
○ Changement du ventilateur en cas de renouvellement – modification du séchoir	+
○ Variation électronique de vitesse sur les moteurs électriques	+
○ Amélioration du pilotage du séchoir	++
○ Chauffage au bois déchiqueté	+
○ Biogaz / méthanisation : valorisation de la chaleur	+
○ Ajout d'un Générateur d'Air Chaud (GAC) au fioul ou au propane en supplément du solaire	-
○ PAC pour déshumidification de l'air	+/-
○ Mise en place de recyclage de l'air (en BR)	++

GLOSSAIRE

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

AOC : Appellation d'Origine Contrôlée

ARPE : Agence Régionale Pour l'Environnement de Midi-Pyrénées

BR : Balles rondes

CETA : Centre d'Etude Techniques Agricoles

GAC : Générateur d'Air Chaud

PPE : Plan de Performance Énergétique des exploitations agricoles

SAU : Surface Agricole Utile

SFP : Surface Fourragère Principale

URE : Utilisation Rationnelle de l'Énergie

VEV : Variateur Electronique de Vitesse

1. SÉCHAGE DES FOURRAGES : PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Avec 10 millions d'ha de prairies naturelles et plus de 3 millions d'ha de prairies temporaires et artificielles, l'herbe est le principal fourrage pour les herbivores, de l'ordre de 60 millions de tonnes MS par an, dont la moitié est ingérée à la pâture, le reste étant stocké sous forme de foin, d'ensilage ou d'enrubannage. En France métropolitaine, il y a environ 200 000 exploitations avec des herbivores, principalement en bovin lait et en bovin viande.

Le séchage des fourrages est une technique de récolte et de conservation des fourrages par la voie sèche, en vrac ou en balles rondes. Elle est alternative et fréquemment complémentaire aux autres modes de conservation de l'herbe que sont les voies humides (ensilage, enrubannage) ou les voies sèches (foin traditionnel). Le séchage des fourrages s'intègre aussi en complément du pâturage, qui reste le système d'utilisation des fourrages le moins onéreux et le fréquent.

1.1 LES ARGUMENTS DU SÉCHAGE EN GRANGE : PERFORMANCE, ÉCONOMIE ET RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT

Les deux techniques de séchage ont des spécificités communes liées au système fourrager et à la conservation par la voie sèche (foin), et des atouts et contraintes spécifiques à la technique de séchage mise en œuvre.

Les raisons qui incitent les agriculteurs à utiliser le séchage en vrac sont relatives à un ensemble d'arguments plus ou moins prépondérants suivant le contexte et l'orientation de l'exploitation :

- Une récolte rapide, une sécurité accrue
- Une récolte au stade végétatif optimal
- Très peu de perte à la récolte
- Économie d'aliments complémentaires
- Amélioration des prairies
- Réduction d'intrants
- Diminution des frais vétérinaires et taux de renouvellement du troupeau
- Mécanisation de la chaîne de récolte et réduction du temps de travail.
- Obtention d'un lait de qualité.

Deux grands profils d'éleveurs sont intéressés par la technique du séchage des fourrages (Beauchamp, 2010) :

- Les éleveurs en recherche d'une autonomie alimentaire maximale sur l'exploitation : alimentation tout foin pendant l'hiver et complémentation énergétique (céréales à paille ou maïs grain, souvent produits sur l'exploitation). Ces systèmes très simplifiés présentent un intérêt certain du point de vue économique, du travail et de l'environnement. Les éleveurs biologiques sont souvent dans cette orientation.
- D'autres souhaitent conserver une productivité laitière et un niveau d'intensification plus importants tout en réduisant la part de maïs ensilage dans la ration. Dans ce cas, l'objectif est de produire un foin très riche en protéines pour compenser au maximum le déficit azoté du maïs et réduire les achats de correcteur azoté, ce qui permet d'améliorer l'autonomie protéique du troupeau.

Les autres impacts environnementaux sont liés aux contributions au maintien et au développement des prairies temporaires ou naturelles, avec :

- L'augmentation de la productivité de l'herbe qui peut contribuer à améliorer le stockage de carbone dans les prairies ;

- La diminution de la fertilisation minérale permise par les légumineuses dans les prairies particulièrement adaptées au séchage des fourrages (la luzerne est considérée comme la plus facile à sécher) ;
- Le maintien et le développement de la biodiversité des prairies par le rythme de fauche et l'utilisation de machines agricoles en général moins lourdes, limitant ainsi le tassement des sols, la durée de vie des prairies (donc moins d'implantation) ;
- La protection des sols et des eaux par la valorisation de l'herbe produite en quantité et en qualité.

Les arguments du séchage des fourrages, particulièrement le séchage en vrac, sont largement développés dans la bibliographie.

1.2 PRÉSENTATION DE LA TECHNIQUE

La technique consiste à récolter à un stade précoce une plante riche, qui donne après une bonne conservation un foin de très haute qualité nutritive, ingéré en grande quantité sans gaspillage par les animaux. On obtient au final un fourrage à 85 - 90 % de matière sèche, ce qui assure sa parfaite conservation sans échauffement ni dégradation organique.

Le climat du printemps est le principal facteur limitant pour récolter au stade optimal les fourrages. Les sols en sortie d'hiver sont en général humides et froids. Les fourrages sont en grande quantité avec une croissance de l'herbe rapide et une évolution de la composition intrinsèque du fourrage. Le séchage en vrac a pour objectif de mettre en grange - à l'abri - le fourrage à demi-sec (soit 60-65 % de matière sèche), ce qui est en général obtenu en environ 48 heures après la fauche des parcelles. Les prévisions météorologiques sont normalement fiables et bien maîtrisées sur cette durée, ce qui permet d'anticiper la fauche des parcelles. Le planning de fauche des parcelles est quant à lui le résultat du planning de gestion du pâturage et de la fauche des parcelles. La rentrée des fourrages est progressive sur une période de 15 jours à 3 semaines en première coupe.

Le fourrage est déposé en cellule par empilement progressif. La récolte doit s'étaler sur plusieurs jours. La ventilation - à l'air chaud le plus souvent - permet de sécher progressivement le fourrage de bas en haut (Fig. 1). Le fourrage reste en général dans la cellule jusqu'à sa distribution hivernale.

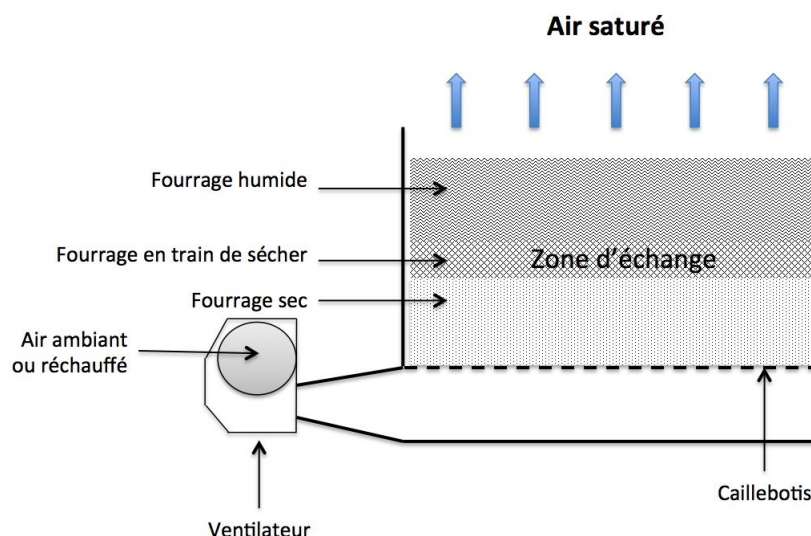


Figure 1 - Schéma du principe de séchage en vrac de fourrages (Source : SGF Conseil)

La création d'un séchoir en vrac nécessite une organisation du bâtiment adéquate avec une organisation du flux des fourrages avant et après séchage, ainsi qu'une gestion des flux d'air pour le séchage, l'air humide devant être évacué à l'extérieur (Fig. 2).

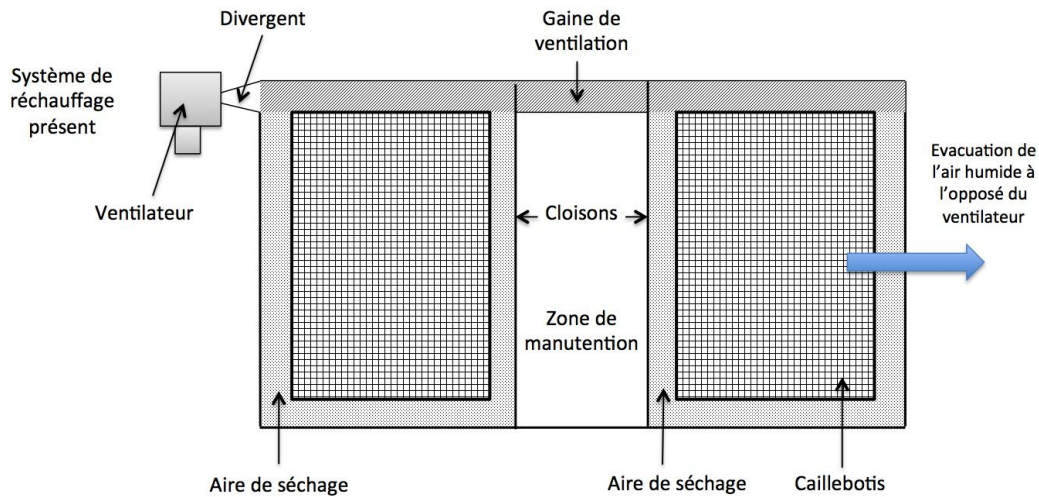


Figure 2 - Schéma de base typique d'organisation d'un séchoir en vrac avec deux aires (Source : SGF Conseil)

Le séchage du fourrage en vrac nécessite une mécanisation spécifique (Fig. 3). Fixée sous la charpente sur des rails, cette griffe assure le chargement des cellules et le déchargement en hiver. Aujourd'hui, les griffes à bras télescopique (mis en mouvement par un moteur hydraulique) permettent d'optimiser les hauteurs de bâtiments, les anciens « pont roulants » nécessitant la fixation de rail sur les côtés des cellules. Au delà des griffes à fourrages et des ponts roulant, il existe un troisième système de chargement des aires de séchage pour le fourrage en vrac : l'aéroengrangeur, qui est composé principalement d'une turbine propulsant le fourrage et d'un tube de transfert et de répartition sur le tas. Il impose de prévoir un système différent pour le déchargement des aires de stockage.

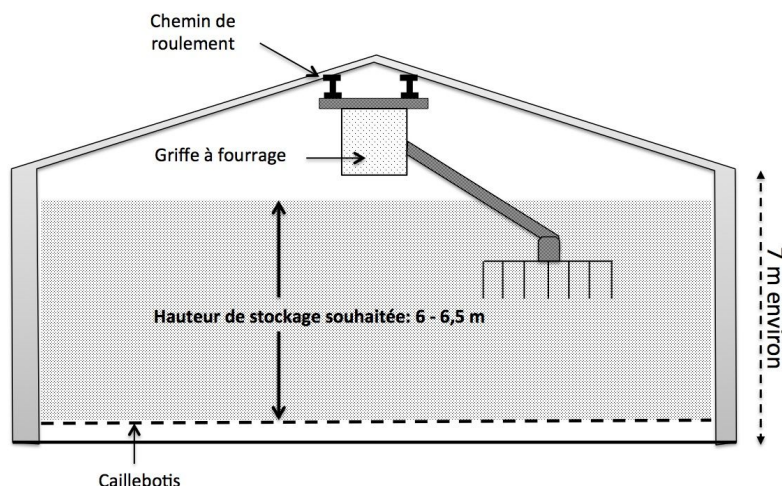


Figure 3 - Manutention du vrac à l'intérieur du bâtiment avec une griffe à bras équipé d'un grappin (Source : SGF Conseil)

L'organisation globale des bâtiments de stockage et d'élevage doit permettre de distribuer directement avec la griffe les foin aux animaux, évitant ainsi l'usage d'un tracteur. Cependant, les différentes configurations amènent à des distributions nécessitant griffe et tracteur.

De réelles économies d'énergie peuvent être obtenues avec une organisation judicieuse des équipements.

La mécanisation du séchage en vrac nécessite aussi une auto-chargeuse pour la récolte en vrac du fourrage à demi-sec et l'amener sur le siège d'exploitation. Ces remorques sont déjà utilisées et mises en œuvre pour des récoltes en affouragement en vert. Le reste de la mécanisation pour le vrac n'est pas spécifique : faucheuse, faneuse, andaineur sont utilisés. La principale différence avec le foin au champ réside dans la diminution du nombre d'opérations de manutention du fourrage sur la parcelle, avec seulement un voire deux fanages en première coupe.

Le séchage des balles rondes ou parallélépipédiques a pour objectif, en général, de conserver la chaîne de mécanisation en balles existantes sur l'exploitation. Les balles sont séchées par lot, puis mises en stockage. Comparativement au vrac, cette technique engendre plus de mécanisation et de temps de travail lors de la récolte comme lors de la distribution. Le temps de travail est proche de celui de l'enrubannage.

Le procédé de séchage est plus intensif que le séchage en vrac, avec des ventilateurs plus puissants et la nécessité de recourir à un générateur d'air chaud pour pouvoir sécher le lot dans la journée. Le fourrage est, en général, pressé plus sec (intermédiaire entre le vrac et le foin) donc avec un temps de séjour au sol plus important.

Les balles, pressées avec des réglages différents du foin sec, peuvent être installées dans ou sur un séchoir spécifique, l'air chaud permettant d'assurer la finition du séchage à l'abri des intempéries. Différentes modalités de ventilation et de contention des balles sont présentées. Elles visent à résoudre une équation délicate, voire impossible : assurer un séchage homogène d'un lot de balles dont la densité interne est intrinsèquement hétérogène, contrairement au fourrage stocké dans une cellule en vrac. Après beaucoup d'expérimentations de divers procédés de séchage en Europe, trois principes de ventilation sont développés (Fig. 4) :

- La ventilation mono-flux par le bas, comme en séchage en vrac, avec éventuellement des variantes d'utilisation (couvertles sur les balles, seconde balle par exemple) ; relativement développée car elle est simple de mise en œuvre pour sa construction et son utilisation.
- La ventilation mono-flux inversée qui nécessite deux canaux de distribution de l'air, peu développée car elle impose une construction particulière.
- La ventilation double-flux, chaque balle étant ventilée par deux arrivées d'air utilisant des gaines spécifiques. Ce système est un système « clé en main » ne nécessitant pas ou peu de construction.

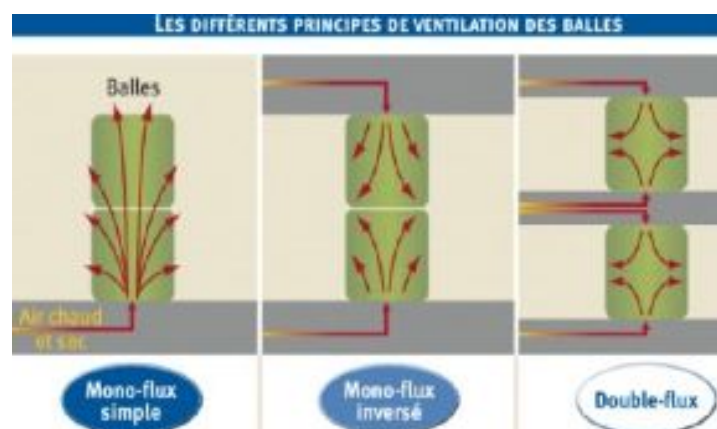


Figure 4 - Schéma des principes de la ventilation des balles rondes

La grande difficulté du séchage en bottes réside dans l'hétérogénéité interne des bottes, due à la prise en masse du fourrage à certains endroits (couronne périphérique à mi-hauteur de la balle) créant des passages préférentiels de l'air de séchage et par conséquent des zones difficiles à ventiler. Il est donc nécessaire et indispensable de mettre en bottes un fourrage plus sec qu'en séchage en vrac, et de confectionner des bottes moins serrées que pour du foin déjà sec. En général, la teneur en eau du fourrage au pressage est plutôt de l'ordre de 25 à 30 %. Le fourrage est donc plus sec, a séjourné plus longtemps au sol avec les risques liés aux conditions météorologiques (pluie, rayonnements ultraviolets, etc...), et a perdu les feuilles pour les légumineuses. Au moment de l'engrangement, la qualité du fourrage est donc en général intermédiaire entre du vrac et du foin sec au champ.

1.3 ÉTAT DU DÉVELOPPEMENT

Il n'y a pas de recensement récent des installations en France, et peu d'études nationales font état du développement de la technique. Le développement du séchage des fourrages est en outre historiquement basé dans les régions fromagères et herbagères, dans les Alpes et en Franche-Comté, en particulier dans les zones AOC où l'ensilage ou l'enrubannage sont interdits. Il est aussi bien présent dans la zone Roquefort. Plus récemment (depuis le milieu des années 90'), le séchage des fourrages s'est développé plus largement dans le massif central, dans le Grand Ouest (Bretagne, Basse-Normandie, Pays de la Loire) et de manière plus disséminée dans le reste de la France.

L'histoire du développement du séchage des fourrages nous conduit à définir cinq zones principales, avec des dynamiques différentes :

- La zone Est (Rhône-Alpes et Franche-Comté), zone historique avec interdiction d'ensilage dans les AOC fromagères.
- La zone Massif Central (Midi-Pyrénées et Rhône-Alpes pour partie, Limousin, Auvergne), zone aussi ancienne de présence de séchage, particulièrement dans l'AOC Roquefort, mais sans interdiction d'ensilage.
- La zone Ouest, zone récente de développement du séchage des fourrages due à la maturité de la technologie et au transfert régional de compétences, avec des conditions climatiques difficiles pour des fourrages en sec et une dynamique de développement de l'herbe et de l'agriculture biologique.
- La zone « Pyrénées », zone historique de présence du séchage, dans laquelle la « rentabilité » de l'investissement du séchoir est limitée par la faible taille des exploitations et des volumes à sécher.
- Les autres zones où des installations de séchage existent mais disséminées sur le territoire.

Le nombre d'installations de séchage en vrac est important, de l'ordre de 2 à 3 000 probablement en particulier dans la zone Est (Rhône-Alpes et Franche-Comté) puis dans le Massif Central puis dans l'Ouest.

Le séchage solaire des fourrages a été initié à la fin des années 70' puis disséminé petit à petit dans certaines zones à partir des promoteurs locaux, dans un contexte de crise pétrolière et de développement des énergies renouvelables. Le programme « Roquefort » de 1992-1995 a permis de réaliser une vitrine de 30 séchoirs solaires de fourrages. Depuis le milieu des années 90', la quasi-totalité des installations de séchage en vrac est réalisée avec un capteur solaire. On estime le nombre total de séchoirs solaires de fourrages à environ 600 à 700.

Dans l'Ouest, SEGRAFO recense 130 installations de séchage solaire en grange. On dénombre environ 200 installations de séchage solaire dans le Massif Central (Midi-Pyrénées, Auvergne, Limousin) et de l'ordre d'une dizaine d'installations sur la chaîne pyrénéenne. Les installations solaires ne sont pas recensées à notre connaissance dans le

Grand Est (Rhône-Alpes, Franche-Comté) mais une estimation de 1995 indiquait 100 séchoirs environ.

Les séchoirs de balles rondes sont plus récents, les tous premiers datant des années 80'. Vers le milieu des années 90', la mise au point de technologies « clé en main » a permis un léger développement de ces séchoirs. Deux systèmes principaux sont présents :

- Des séchoirs « auto-construits » basés sur l'achat de ventilateurs et de générateur d'air chaud au fioul le plus souvent, les agriculteurs construisant un système de dalles en béton armé pour le support des balles ;
- Les séchoirs clé en main, dont le plus développé est le type Clim'Air, qui ne nécessite pas de bâtiment pour le séchoir.

On estime le nombre d'installations entre 150 à 200 en France, dont environ 100 pour le système Clim'Air.

1.4 LES INVESTISSEMENTS DU SÉCHAGE DES FOURRAGES

1.4.1 SÉCHAGE EN VRAC

L'investissement pour la mise en œuvre du séchage des fourrages en vrac comprend l'ensemble de la chaîne de récolte – stockage / conservation – distribution des fourrages aux animaux. Il ne s'agit donc pas d'un simple outil de séchage (Tab. 1).

Le coût d'investissement varie de 50 000 à 300 000 €HT pour des capacités de stockage de 150 à 500 tonnes. Il dépend beaucoup des équipements déjà existants, achetés neuf ou d'occasion et du bâtiment.

La durée de vie des investissements est généralement de plus de 20 ans, les éléments les plus rapidement renouvelés étant la mécanisation au champ (faucheuse, autochargeuse...). Cependant, en comptabilité agricole, on observe souvent un amortissement des bâtiments en 12 ans et des matériels en 7 ans. Après amortissement des bâtiments, le coût résiduel devient souvent très faible, de l'ordre de 50 € par tonne.

Tableau 1 – Postes à prendre en compte pour un séchage en vrac des fourrages

Poste	Précision	Coût indicatif
Bâtiment	Neuf, possibilité souvent réduite d'aménagement dans un bâtiment existant	40 000 à 200 000 €
Aménagement intérieur du séchoir	Cellules, gaines de distribution, caillebotis	5 à 15 000 €
Manutention en bâtiment	Griffe à bras télescopique, possibilité d'alimenter directement les animaux ou obligation de passer par une remorque distributrice	25 à 45 000 €
Manutention du vrac au champs et transport	Remorque autochargeuse	30 à 50 000 € (neuf) 5 à 15 000 € (occasion)
Ventilateur(s), alimentation électrique et branchement	Ne pas oublier le raccordement électrique et / ou la modification du compteur	5 à 20 000 €
GAC	Capteur solaire à air sur hangar ou sur élevage, fioul, bois...	10 à 30 000 €

1.4.2 SÉCHAGE DES BALLES RONDES

L'investissement dans un séchage des balles rondes ne comprend généralement que les équipements spécifiques au séchoir, à savoir :

- Ventilateur, électricité & branchements divers
- Générateur d'Air Chaud (GAC), fonctionnant au fioul ou autre
- Support des balles (dalles perforées portantes, séchoir spécifique)

Cet investissement varie de 20 000 € à plus de 100 000 €HT selon la taille du séchoir (nombre d'emplacements), la technologie et le degré d'auto-construction, le hangar nécessaire ou non selon les technologies.

Pour un séchoir de 30 balles rondes, l'investissement varie de 30 000 €HT en auto-construction avec dalles béton, ventilation et GAC (hors bâtiment), jusqu'à 80 000 € en système Clim'Air. Les différences à prendre en compte dans le choix entre les systèmes sont relatives à la performance de séchage (durée de séchage par lot de balles), les coûts annexes tels que les bâtiments et le génie civil, les branchements électriques au compteur, l'emplacement du séchoir, les durées de manutention des bottes au chargement du séchoir et au déchargement et mise en stockage.

Souvent perçu comme moins onéreux, il faut toutefois ne pas oublier de prendre en compte la chaîne de mécanisation qui, bien que non spécifique le plus souvent, est indispensable au séchoir :

- Faucheuse, faneuse, andaineur.
- Presse (à balles rondes le plus souvent, de préférence à chambre variable pour homogénéiser la pression de serrage à l'intérieur de la balle).
- Manutention des balles rondes (pincés, piques sur fourche, télescopique, etc...) au champ et à la ferme.
- Plateau de transport.
- Hangar de stockage des BR.
- Matériels de distribution.

La fréquence d'usage plus importante de ces matériels sur l'exploitation ne doit pas faire penser que le coût serait plus faible (économies de fonctionnement et d'investissement). En effet, les tracteurs et machines seront plus sollicités, et il faudra donc procéder à leur remplacement / renouvellement plus rapidement (6-8 ans) que dans une solution où ils sont faiblement utilisés.

Ainsi, aux vues des contextes de mise en œuvre relativement différents, il est difficile de préciser davantage le coût total du séchage en balles rondes. Les paramètres importants à prendre en compte sont :

- le volume de fourrage à sécher en balles relativement aux autres techniques de récolte – conservation (foin, enrubannage, ensilage) et la place du pâturage.
- La nécessité de cycles de séchage des balles plus ou moins rapides (en lien avec l'herbe excédentaire à faucher et stocker).
- La possibilité ou non de dégager du temps pour l'auto-construction de certaines parties du séchoir de balles.
- Le degré d'automatisation de l'installation et la surveillance que l'éleveur peut y consacrer.

1.5 LES ÉNERGIES UTILISÉES EN SÉCHAGE DES FOURRAGES

1.5.1 BESOINS EN ÉNERGIE

L'eau à enlever au fourrage pour qu'il soit sec (85% de MS au minimum) dépend de son humidité à la récolte. A la fauche, l'herbe est à environ 20% de MS. Le foin traditionnel au champ est en général autour de 80% de MS, et par très beau temps environ 85-90%MS.

La différence de teneur en eau du fourrage à l'engrangement est sensible. Il y a 420 kg d'eau par tonne sec à évaporer si le fourrage est à 60% de MS, et « seulement » 310 kg d'eau s'il est à 65% de MS.

Le séchoir doit donc évaporer beaucoup plus d'eau, ce qui avec des équipements identiques va imposer une durée de séchage d'autant plus grande. Le rythme de fauche et d'engrangement sera ralenti. Quand la météorologie du moment le permet, il est nettement préférable de laisser le fourrage au sol et laisser l'eau s'évaporer au champ le plus possible.

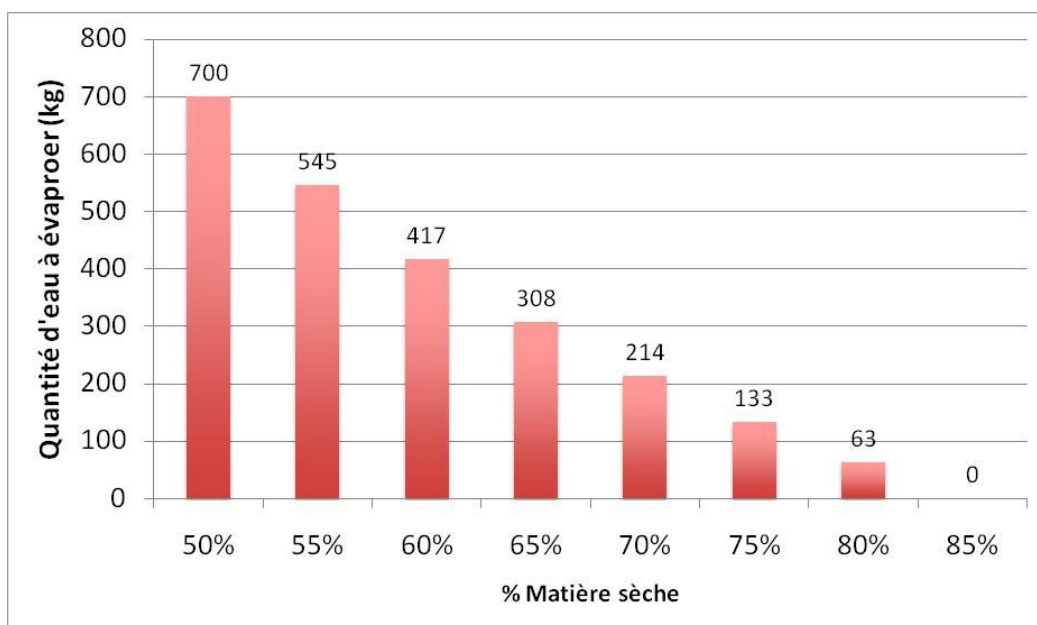


Figure 5 - Quantité d'eau à éliminer (kg/1 tonne de foin) en fonction de la teneur initiale en MS du fourrage (%) pour obtenir un foin à 15%.

Enlever l'eau du fourrage nécessite de l'énergie pour dans un premier temps vaporiser l'eau interne à la matière, passant ainsi de l'état liquide à l'état vapeur. Ensuite, cette eau est entraînée par l'air mis en mouvement par un ventilateur.

L'eau est plus ou moins liée aux constituants de la matière. L'eau libre est facilement évaporée (comme à l'air libre) et une ventilation avec un air assez humide (80%) peut permettre d'en enlever une grande partie. L'eau liée par adsorption sur les constituants de l'herbe, nécessite par contre plus d'énergie pour s'évaporer. Il faudra donc un air plus sec pour finir de sécher le fourrage. La courbe d'équilibre hygroscopique du fourrage avec l'air permet de définir la teneur en eau du fourrage en fonction de l'humidité relative de l'air.

Pour des fourrages de type « légumineuses » avec une faible teneur en sucre, il faudra un air de séchage avec une humidité relative maximale de 75%. Pour des fourrages de type « graminées » avec une teneur en sucre de l'ordre de 16-17%, il faudra un air sec avec une humidité relative maximale de 55%.

En séchage des fourrages en vrac, l'énergie provient principalement de l'air ambiant. Dans la plupart des situations climatiques du printemps, l'air ambiant n'est pas suffisamment sec pour pouvoir finir de sécher le fourrage, ce qui se traduit le plus souvent par une fin de séchage qui s'étale dans le temps. Il est donc recommandé de sécher avec un apport de chaleur.

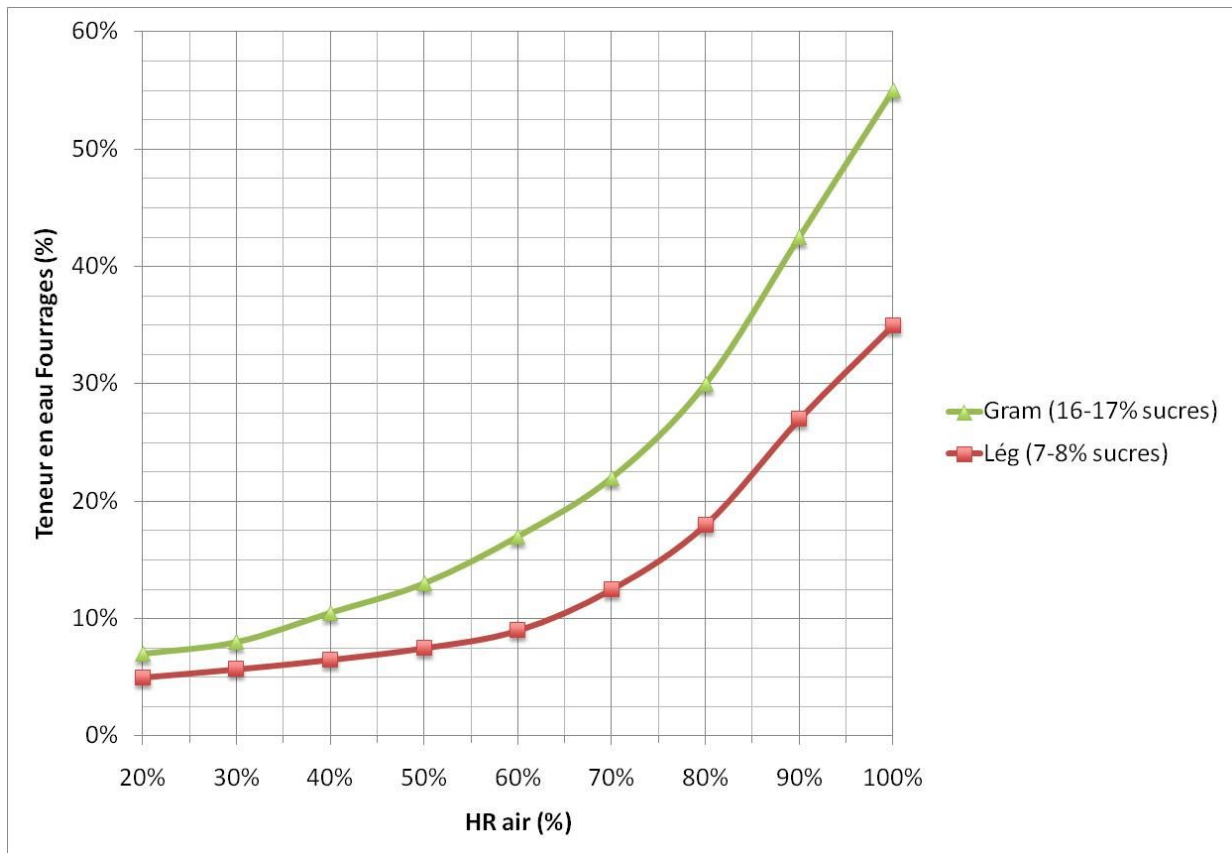


Figure 6 – Évolution de la teneur en eau des fourrages de type « graminées » ou « légumineuses » selon l'humidité relative de l'air (à T = 20°C).

Ne pas oublier d'évacuer l'air humide ...

Les quantités d'eau à évaporer en séchage des fourrages sont importantes : de l'ordre de 300 à 400 kg par tonne de foin sec, soit de 90 tonnes à 120 tonnes (ou m³) d'eau pour un séchoir de 300 tonnes. Il faudra donc prévoir une évacuation de cet air très chargé en humidité qui se traduit par de très larges ouvertures vers l'extérieur du bâtiment de séchage.

Les caractéristiques des fourrages n'imposent pas un séchage intensif à haute température. A la ferme, le débit de séchage de l'installation peut être adapté aux conditions de récolte (météorologiques et humaines). Le fourrage peut être séché sur plusieurs jours sans être notablement dégradé, car il est notamment déjà largement pré-séché au champ. Les dégradations seront d'autant moins importantes que l'on maintiendra une faible température, ce qui peut être obtenue par une simple ventilation à l'air ambiant, même humide.

1.5.2 L'ÉNERGIE SOLAIRE ADAPTÉE AU SÉCHAGE DES FOURRAGES EN VRAC

La technique de captage de l'énergie solaire pour le séchage en grange est apparue vers la fin des années 70', dans une optique de réduction de la facture énergétique. Les vastes toitures des bâtiments agricoles, recevant donc de grandes quantités d'énergie solaire, pouvaient en effet naturellement faire l'objet d'une transformation pour valoriser cette

énergie. Les systèmes de capteurs solaires utilisés aujourd'hui sont essentiellement des capteurs toiture nus. La couverture du bâtiment de stockage ou des animaux est transformée en capteur solaire simplement par la mise en place d'une sous-face en panneau isolant – le plus souvent, qui crée un canal d'air aspiré par le ventilateur du séchoir (Fig. 5).

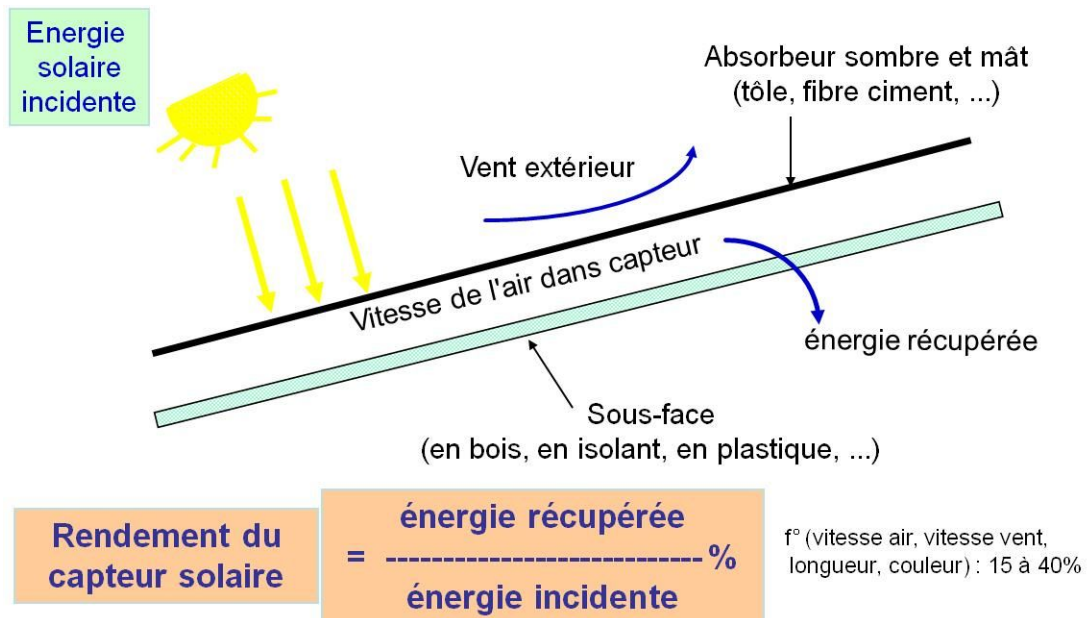


Figure 7- Schéma de principe d'un capteur solaire à air (capteur toiture sans effet de serre) pour le séchage

Les capteurs solaires utilisés permettent de récupérer l'équivalent énergétique de 2000 à 5000 litres de fioul par an (selon la taille de l'installation). La plupart de cette énergie ne serait pas consommée si c'était une énergie payante (fioul, propane électricité) à cause du coût élevé qu'elle représenterait. En effet, en l'absence de capteur solaire, la pratique usuelle des agriculteurs qui ont un brûleur fioul ou propane (avec une consommation par exemple de 10 ou 15 litres de fioul par heure) est de mettre en marche le GAC essentiellement quand les conditions sont défavorables (pluies, brouillard, fourrage qui ne sèche pas car récolté trop humide ...). La puissance de GAC n'étant pas suffisante pour donner une réelle capacité d'absorption de l'eau et son coût de fonctionnement étant jugé trop élevé, le processus de séchage est donc principalement à l'air ambiant.

Dans le cas du solaire, le capteur solaire de par sa construction, est utilisé systématiquement dès le démarrage du ventilateur, quelle que soit la météorologie du moment. Par mauvais temps, le capteur solaire ne chauffe pas l'air de séchage ; la ventilation - intermittente le plus souvent - a surtout pour objectif d'éviter l'échauffement du fourrage. Par temps « moyen » ou « mitigé » avec un ciel nuageux et des éclaircies, le rayonnement solaire est souvent suffisant pour permettre de chauffer l'air de quelques degrés dans la journée.

Le capteur solaire permet de mettre plus d'énergie – gratuite - dans le processus de séchage, diminuant sa durée et sécurisant le séchage par temps incertain.

Le rendement moyen d'un capteur solaire à air pour le séchage des fourrages est d'environ 30 %. Ce rendement varie beaucoup (de 5 jusqu'à 40 %) en fonction des vitesses du vent extérieur et de l'air à l'intérieur du capteur, la longueur du circuit d'air dans le capteur et la couleur de la toiture. Comme pour tout bâtiment, certaines règles de dimensionnement doivent être respectées pour atteindre un rendement optimal.

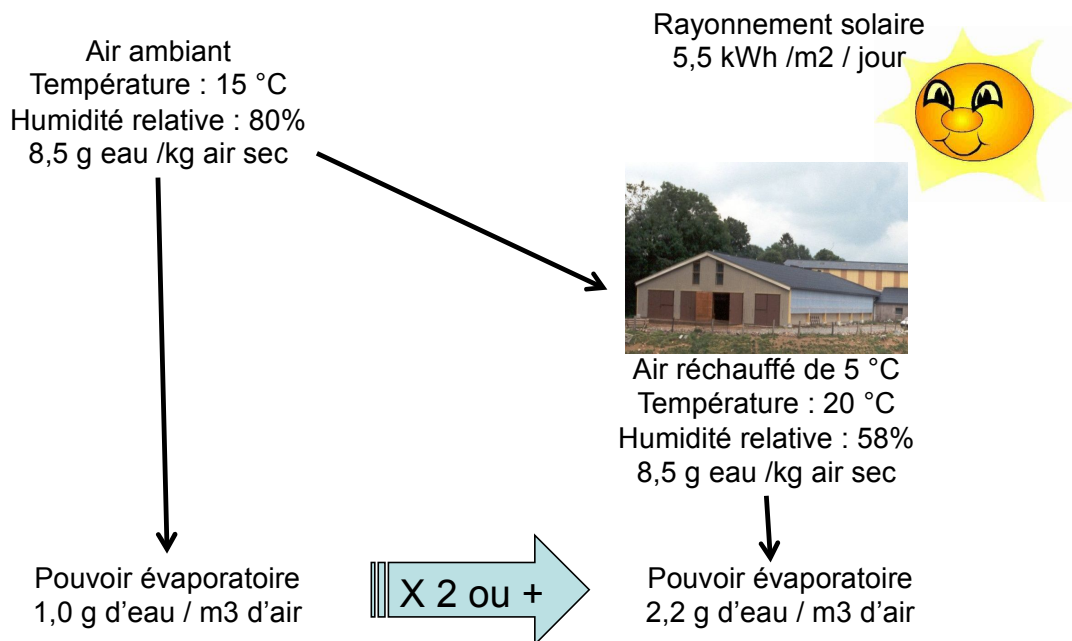


Figure 8- Intérêt d'un capteur solaire pour augmenter le pouvoir évaporatoire de l'air ambiant : l'air est réchauffé en moyenne de quelques degrés (3 à 5°C en général sur la journée). L'échauffement suit la courbe d'ensoleillement et monte jusqu'à 10 ou 15°C selon les capteurs.

L'énergie solaire, obligatoirement récupérée par le mode de circulation de l'air, augmente la rapidité du séchage en doublant le pouvoir évaporatoire réel de l'air ambiant : le fourrage, récolté principalement quand les conditions météorologiques sont favorables, sèche rapidement ce qui permet d'accélérer le rythme de récolte et par conséquent la fauche au stade optimal. La durée du séchage est ainsi diminuée de 30 à 50 % par rapport à une ventilation à l'air ambiant. Les économies de consommation électrique du ventilateur sont en moyenne de 30 à 50 %.

Le programme de démonstration menée sur la zone de Roquefort (1992-1995) a permis de montrer que l'énergie solaire était la plus adaptée au séchage en vrac des fourrages. Il a initié par la suite la création de groupes d'éleveurs (association SEGROFO) et une dynamique d'animation et de dissémination de la technique en France.

Pour le séchage des balles rondes ou parallépipédiques, le solaire est en général moins adapté. Le solaire existe dans les séchoirs auto-construits car ils ont pour objectif de sécher les bottes sur plusieurs jours, donc avec un niveau d'exigence thermique plus faible.

Pour les séchoirs « clés en main » le solaire ne peut, en général, pas être utilisé car les bottes sont usuellement mises en séchage en fin d'après-midi et mises en stockage le lendemain. L'ensoleillement existant ne peut pas être valorisé. De plus, ces séchoirs sont souvent installés en extérieur et non sous bâtiment. Il faudrait donc une proximité géographique (20-30 m maximum) avec un bâtiment agricole pour envisager le solaire. Dans tous les cas, un capteur solaire ne pourrait pas être utilisé seul.

1.5.3 CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE EN SÉCHAGE DES FOURRAGES

Le séchage des fourrages en vrac utilise donc le principe du séchage lent à basse température. L'énergie nécessaire à l'évaporation de l'eau contenue dans le fourrage provient de l'air ambiant qui est souvent réchauffé de quelques degrés pour augmenter sa capacité d'absorption de vapeur d'eau.

L'énergie utilisée pour le séchage des fourrages comprend :

- l'électricité pour le fonctionnement du système de ventilation ;

- l'énergie pour le générateur de chaleur : capteur solaire à air le plus souvent, fioul domestique, propane, bois déchiqueté, chaleur issue d'une cogénération au biogaz.

En vrac, l'énergie thermique dans les exploitations est souvent faible. Les GAC au fioul ou au propane sont mis en marche surtout par sécurité, lors des périodes pluvieuses. Le séchage par empilement du fourrage dans une cellule s'étale sur plusieurs jours et le cycle de séchage de la coupe peut être étalé sur 3 semaines ou un mois selon la récolte et la météo. Avec le capteur solaire, ces GAC ne sont plus nécessaires dans la quasi-totalité des situations géographiques.

En balles rondes, le débit de séchage impose souvent de sécher sur une courte période un lot de balles, qui bloquent le séchoir tant qu'elles ne sont pas sèches. Il est donc nécessaire de chauffer l'air pour sécher plus vite et pour maîtriser la durée du cycle. Les GAC fonctionnent surtout au fioul.

Tableau 2 – Consommation spécifique d'énergie pour le séchage par ventilation de quelques produits agricoles (Source : ARPE Midi-Pyrénées, 2006)

Type de séchage	Consommation kWh/kg d'eau évaporée (à titre indicatif)	Notes
Séchage solaire de fourrage en grange	0,6 (énergie solaire gratuite plus 0,1 pour la ventilation électrique)	Variation selon la durée journalière de ventilation, le rendement du capteur solaire, la zone géographique et la période de séchage.
Séchage traditionnel en grange	0,25	Utilisation d'une énergie classique payante (contrairement à l'énergie solaire), séchage moins rapide et moins efficace, moindre qualité des fourrages
Séchage solaire de céréales	0,7 = énergie solaire gratuite plus 0,15 pour la ventilation électrique	
Séchage classique de céréales à haute température	1,1	1 kWh thermique et 0,1 kWh électrique
Séchage de plantes aromatiques et médicinales ou de fruits	8	Consommation importante : saturation incomplète de l'air en eau en raison de la faible épaisseur de produits. Le solaire est donc ici très intéressant.

La consommation d'énergie pour le séchage des fourrages en vrac est d'environ 0,1 kWh par kg d'eau évaporée en séchage en grange avec capteur solaire, et de l'ordre de 0,25 kWh par kg d'eau évaporée en séchage traditionnel en grange avec du fioul ou du propane utilisé ponctuellement.

La consommation d'énergie pour le séchage des balles rondes est d'environ 0,5 à 1 kWh par kg d'eau évaporée. Le faible nombre de suivis énergétiques et la variabilité des modalités d'utilisation de ces séchoirs ne permettent cependant pas d'avoir une connaissance précise des consommations d'énergie pour le séchage.

La consommation d'électricité pour le séchage en vrac des fourrages est d'environ 100 kWh par tonne de MS. Elle peut être réduite entre 50 et 70 kWh par tonne en présence de capteur solaire.

La consommation d'électricité pour le séchage des balles rondes est de l'ordre de 50 à 150 kWh par tonne de MS, plus environ 200 à 400 kWh par tonne MS pour le combustible. Cette variation de la consommation d'énergie est principalement due à la présence de recyclage

de l'air et à la teneur en eau du fourrage à la récolte qui est beaucoup plus faible que celle du vrac (70-75% de MS souvent).

Tableau 3 – Comparatif des consommations d'énergie entre le séchage des fourrages en vrac et en balles rondes

	Vrac	Balles rondes
Récolte/transport	Autochargeuse	Pressage + chargement remorques
Mise en séchage	Électricité pour la griffe Une seule manutention (stockage direct)	Chargeur sur tracteur pour installation sur séchoir et pour sortie du séchoir et mise en stockage
Séchage	Électricité : <100 kWh /tMS Combustible : faible ou 0 en solaire Coût : 5 à 7 € / tMS	Électricité : 100 à 150 kWh /tMS Combustible : 200 à 400 kWh /tMS Coût : 30 à 50 € /tMS
Distribution aux animaux	Électricité pour la griffe en général (1/4 h /jour)	Fioul pour tracteur
Globalement	Faible	Élevé

1.6 SOUTIENS PUBLICS

Historiquement, le séchage des fourrages a été aidé par les fonds publics sur le solaire, dans le cadre des fonds spécifiques au développement des énergies renouvelables de l'Europe, de l'ADEME et des Conseils Régionaux. L'existence de cette aide au solaire a permis de motiver les agriculteurs et de leur signifier une certaine reconnaissance institutionnelle de leurs projets. Les bâtiments et les matériels de mécanisation nécessaires au séchage ont été soutenu avec les procédures en vigueur : mécanisation « zone montagne », création de bâtiment de stockage des fourrages par exemple. Aujourd'hui, le soutien public est variable sur le territoire, en fonction des politiques et moyens spécifiques et disponibles mis en œuvre dans chaque Région.

Le soutien public au séchage existe en partie dans le plan de modernisation des bâtiments d'élevage « PMBE2 » pour des aides aux investissements, dans la mesure où les fonds régionalisés le permettent et ne l'excluent pas. La mécanisation en vrac (autochargeuse, griffe à fourrages, ventilateur) peut être soutenue par certains conseils régionaux et généraux.

La partie « solaire » est, selon les zones, soit intégrée à l'ensemble des équipements de séchage, soit soutenue par les fonds régionaux « énergies » de l'ADEME ou du Conseil Régional. Le Plan de Performance Énergétique des exploitations agricoles (PPE) permet d'aider le séchage solaire depuis 2009. L'évolution annuelle du budget du plan rend encore le soutien incertain. Les projets de séchage sont des projets étudiés sur plusieurs années avant d'être décidés par l'agriculteur. L'incertitude du financement met en avant l'effet d'opportunité. L'intervention de certaines collectivités territoriales (Conseils Régionaux, Conseils Généraux) permet d'accompagner des agriculteurs et de développer la technique sur certaines zones. L'hétérogénéité territoriale rend difficile une communication générale. Depuis 2010, il existe une articulation régionale entre le PMBE et le PPE dans le cadre des aides du CPER et des fonds européens régionalisés.

2. ENQUÊTE AUPRÈS DES AGRICULTEURS - SÈCHEURS

2.1 PRÉPARATION DE L'ENQUÊTE

2.1.1 ÉLABORATION DU QUESTIONNAIRE

Bien que centré sur les consommations d'énergies liées au séchage, le questionnaire a été enrichi de questions plus générales, sur l'exploitation, le fourrage séché ou les investissements liés au séchoir. Celles-ci devaient permettre de comprendre certains aspects liés au séchage et d'expliquer des configurations de séchoirs particulières.

Le questionnaire envoyé aux agriculteurs abordait les aspects suivants :

- L'exploitation : SAU, SFP, type de production, ateliers présents et effectifs animaux...
- L'installation de séchage de fourrage : quantité séchée, autres modes de conservation du fourrage sur l'exploitation, vrac ou balles rondes, hauteur et nombre de cellules...
- Les fourrages à sécher : espèces et proportions, teneur en eau, description des opérations de séchage par coupe...
- Caractéristiques de l'installation : puissance, débit et marque des ventilateurs, type de manutention, GAC...
- Consommations d'énergie : Quantités utilisées sur l'exploitation et pour le séchoir, coûts associés, description du contrat d'électricité...
- Achats d'aliments du bétail : nature, quantité et coûts
- Investissements liés à l'installation de séchage : description des investissements passés, leurs montants et les aides publiques éventuelles
- Divers : régulation des ventilateurs, mesure de la pression, mesure Δt du capteur solaire, actions d'économie d'énergies mises en place ou en projet, état de fonctionnement global du séchoir, commentaires de l'agriculteur.

Pour plus de détails, l'intégralité du questionnaire envoyé est présentée en Annexe 2.

Pour plus de facilité de remplissage, le questionnaire a été envoyé sous format papier, permettant les éventuelles annotations et explications de la part de l'agriculteur.

2.1.2 ÉCHANTILLONNAGE

Une partie de l'échantillon est constituée de fermes répertoriées par Solagro au cours du temps ayant un séchoir de fourrage, la plupart du temps solaire. Certaines d'entre elles ont été accompagnées par Solagro pour leur mise en œuvre. D'autres fermes ont été identifiées suite à la publication d'articles dans la presse agricole relatant leur installation de séchage. D'autres coordonnées ont été fournies par des directions régionales de l'ADEME lors d'une étude précédente sur les énergies renouvelables dans les exploitations agricoles. Ces fermes sont principalement situées sur les zones Massif Central et Pyrénées.

Solagro s'est rapproché de SEGROFO Ouest, qui a aimablement accepté de se joindre à l'enquête en fournissant son listing de coordonnées d'agriculteurs adhérents sur la région grand Ouest.

Enfin, les contacts pris avec des organismes agricoles et SGF Conseil pour obtenir des adresses sur le Grand Est (Alpes, Franche Comté), la Chambre d'Agriculture de Haute-Savoie et les CETA de Bornes et de la Semine ont permis l'ajout d'une quinzaine d'agriculteurs de la région Est à l'échantillon enquêté. Ces agriculteurs venaient de suivre une formation sur l'optimisation de l'utilisation de leur séchage en grange organisée par le CETA des Bornes et de la Semine.

2.1.3 ENVOIS

L'envoi des questionnaires s'est déroulé en deux temps :

1. Une première série de **127 questionnaires** a été envoyée le 9 mars 2011 aux adhérents de SEGRAFO.
2. Une seconde série a été envoyée le 30 mars 2011 aux **198 agriculteurs** sécheurs identifiés par Solagro.

Le 05 mai 2011, **16 enquêtes** ont été envoyées à des agriculteurs ayant suivi une formation organisée par le CETA des Bornes et de la Semine. Cependant, étant donné la difficulté de prendre contact avec les acteurs du Grand Est, le questionnaire a été envoyé trop tard pour pouvoir prendre en compte les éventuels retours dans ce rapport.

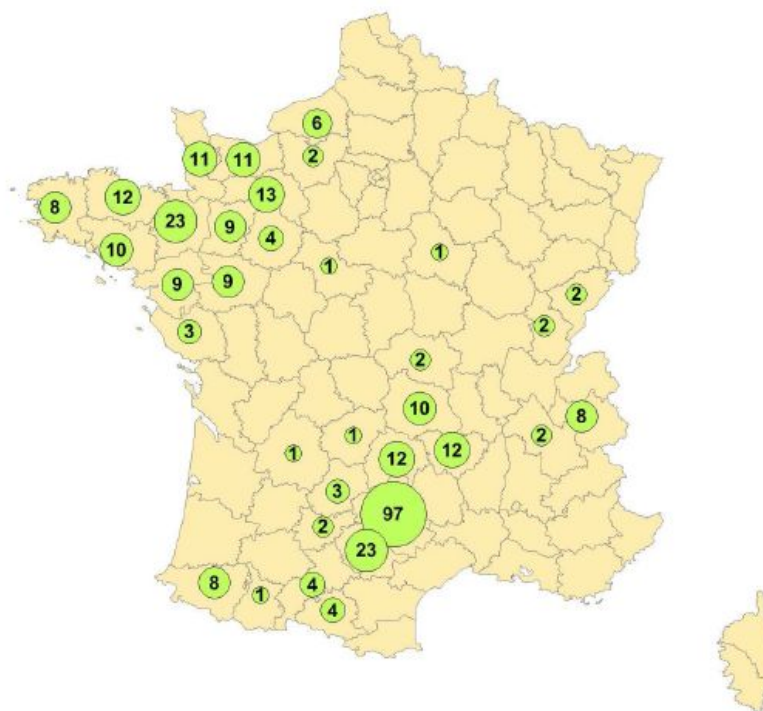


Figure 9 - Répartition géographique des envois de questionnaire

2.1.4 RETOURS

67 questionnaires ont été retournés avant le 03 mai 2011 par les agriculteurs. Seul 2 d'entre eux étaient inexploitables, les séchoirs n'étant pas encore en service.

Tableau 4 - Comptabilisation des retours

Questionnaires envoyés	325
Envois retournés défaut d'adressage	5
Retour de l'enquête complété par l'agriculteur	67
Taux de retour	21 %
Retours non exploitable	2
Nombre de réponses exploitées	65

32 questionnaires ont été retournés par des éleveurs de la zone Massif Central (soit 48 %), principalement de l'Aveyron.

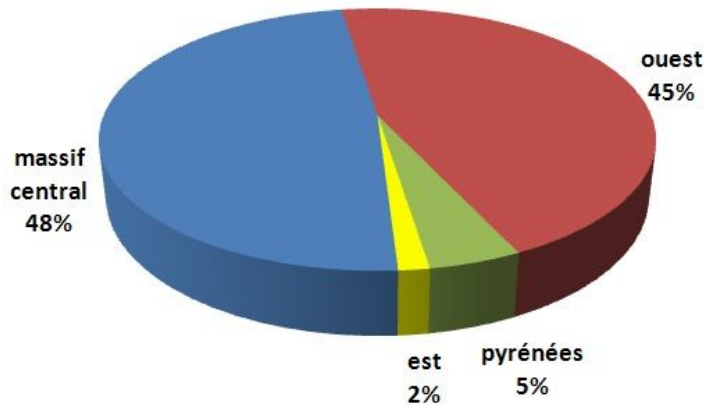


Figure 10 - Répartition géographique des retours

30 questionnaires (soit 45 %) ont été retournés par les éleveurs de l'Ouest, adhérents de l'association SEGRAFO Ouest. On note ici un fort taux de réponse lié à l'animation proposée par l'association autour du séchage de fourrage.

6 des répondants possèdent un séchoir en balles rondes et 60 sont en séchage en vrac (séchage en grange).

Les productions principales des exploitations sont surtout des productions laitières, bovines, ovines et caprines. La production ovine est concentrée sur le massif central.

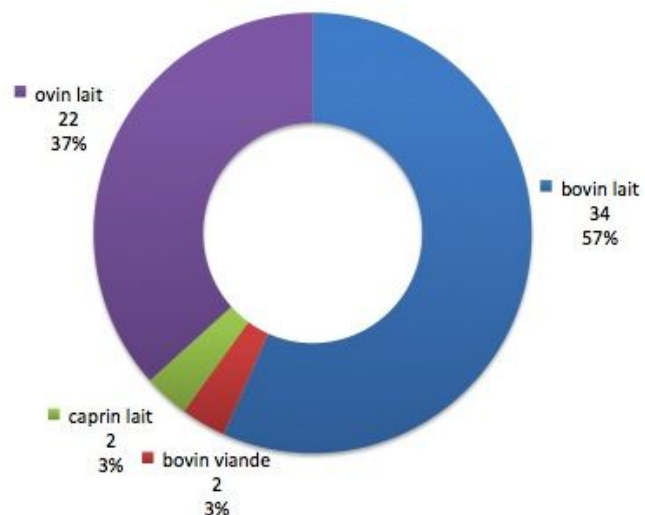


Figure 11 - Type de production majoritaire des questionnaires retournés

2.2 ANALYSE DES RETOURS D'ENQUÊTE

2.2.1 LE SÉCHAGE EN VRAC

Le séchage en vrac concerne 90 % des exploitations qui ont répondu. Ces exploitations ne sont pas représentatives des exploitations pratiquant le séchage, par la zone géographique comme très certainement par les pratiques des éleveurs. Les résultats de l'enquête ont plutôt une vocation descriptive de la variabilité des situations et donnent des repères sur la description des installations, leur fonctionnement et les impacts énergétiques (puissance installée, consommation, etc...).

2.2.1.1 Description des exploitations

Tableau 5 - Production et label de qualité des exploitations

Production principale	Qualité	Ouest	Massif Central	Pyrénées	Est	Total
Bovin lait	AB	7	1			8
	AOC			1	1	2
	Non précisé	16	8			24
Bovin viande	Non précisé	1	2			3
Caprin lait	Non précisé	1	1			2
Ovin lait	AB		3			3
	AOC		11			11
	Non précisé	2	4	1		7
Total		27	30	2		60

34 fermes avec séchoirs (soit 57 % des fermes) ont une production bovin lait et 21 fermes (35 %) élèvent des ovins lait. Dans les fermes de l'Ouest, l'élevage bovin lait se retrouve dans 85 % des fermes ayant répondu (23 fermes). 7 exploitations produisent du lait de vache en agriculture biologique. Les fermes avec séchoir enquêtées dans le Massif central élèvent à 60 % des ovins lait (18 fermes). 11 d'entre elles sont situées en zone de qualité AOC principalement Roquefort. L'élevage bovin lait représente 30 % des situations (9 fermes).

Tableau 6 - Surfaces moyennes des fermes (classées par atelier destinataire du fourrage séché)

	Ouest			Massif Central			Pyrénées		
	Nombre de fermes	SAU (ha)	SFP (ha)	Nombre de fermes	SAU (ha)	SFP (ha)	Nombre de fermes	SAU (ha)	SFP (ha)
Bovin lait	23	96	87	9	79	72	1	38	38
Bovin viande	1	97	70	2	55	27	0		
Caprin lait	1	29	20	1	60	50	0		
Ovin lait	2	72	42	18	92	71	1	20	12
Total	27	91	80	30	84	69	2	29	25

Dans l'Ouest, les élevages bovins avec séchoirs sont des fermes d'une centaine d'hectares avec une surface fourragère entre 70 et 90 % de la SAU. Les fermes en caprin lait ou ovin lait sont plus petites. Dans le Massif Central, les élevages ovins lait avec séchoirs sont les fermes les plus grandes : 91 ha de SAU en moyenne avec presque 80 % de la surface en SFP. Les fermes avec élevage bovins viande sont les plus petites : 55 ha de SAU en moyenne et 27 ha de SFP (49 % de la SAU).

Les exploitations bovin lait et caprin lait sont intermédiaires à ces deux groupes en terme de taille. Dans les Pyrénées, les fermes sont nettement plus petites, de l'ordre de 20 à 30 ha de SAU.

2.2.1.2 Installations de séchage

Tableau 7 - Années de construction des séchoirs

Année construction séchoir	Nombre de fermes de l'Ouest	Nombre de fermes du Massif Central	Nombre de fermes des Pyrénées	Nombre de fermes de l'Est	Total
Avant 1990	0	5	0	0	5
1990-1999	0	9	0	0	9
2000-2005	4	14	2	0	20
2005-2010	21	1	1	1	24

75 % des séchoirs datent des années 2000 à nos jours. Les séchoirs de l'Ouest sont récents : près de 80 % des séchoirs ont moins de 5 ans. Les séchoirs du Massif Central sont souvent plus anciens. Cette répartition selon l'ancienneté des séchoirs reflète partiellement l'historique du développement du séchage. En effet, si le développement des séchoirs dans l'Ouest est bien récent, celui des zones Massif Central, Pyrénées ou Est date plutôt des années 80 et est globalement moins intense en proportion dans les dix dernières années.

Tableau 8 - Répartition des fermes selon la quantité de fourrages séchés par zone

T de fourrage séché	Nombre de fermes de l'Ouest	Nombre de fermes du Massif Central	Nombre de fermes des Pyrénées	Nombre de fermes de l'Est
<150	1	8	2	0
150-200	10	7	0	0
200-250	6	6	0	0
250-300	2	5	0	0
300-350	3	0	0	0
350-400	1	2	0	1
>400	2	0	0	0

Les petits séchoirs (moins de 150 tonnes) sont présents dans le Massif Central et dans les Pyrénées. Les séchoirs les plus fréquents ont des volumes de 150 à 300 tonnes, dans l'Ouest et le Massif Central. Les grands séchoirs sont présents dans l'Ouest surtout et dans une moindre mesure dans le Massif Central. A noter qu'il existe des installations de plus de 500 tonnes mais elles ne font pas partie des réponses.

Les installations sont constituées en moyenne de **3 aires** de séchage (de 1 à 6 aires par installation) de surface moyenne **158 m² par aire**. Ceci représente une surface totale de séchage par exploitation de **380 m²** en moyenne. La surface des aires de séchage est variable de 50 m² à 770 m² pour les plus grandes.

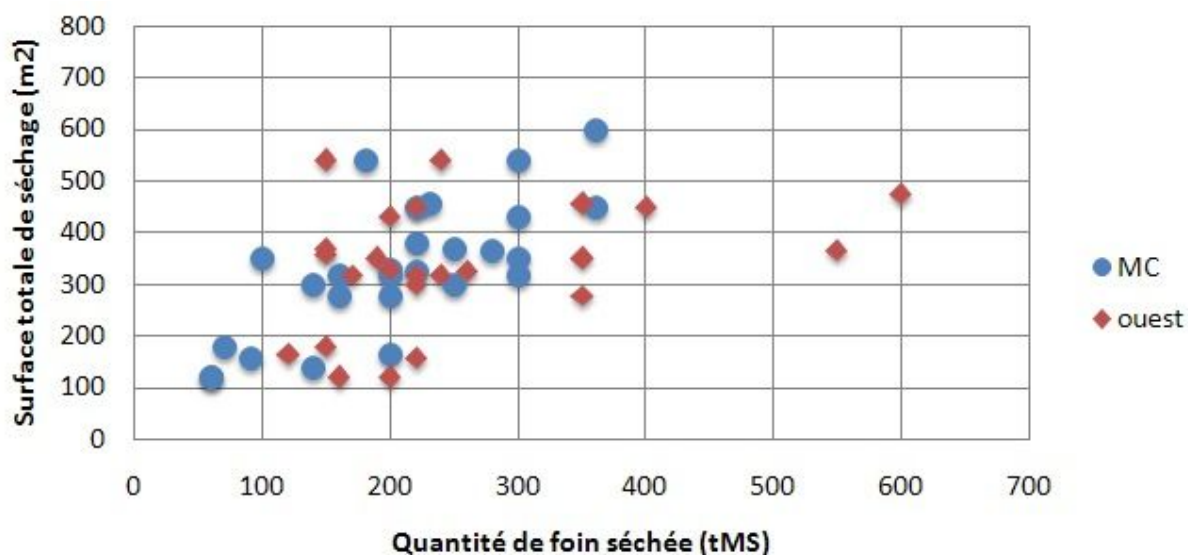


Figure 12 - Taille des aires de séchage en fonction de la quantité séchée par an

La surface de séchage est corrélée à la quantité de foin séchée. En moyenne, le ratio est de 2 m²/tMS. Il n'y a pas de différence entre les zones géographiques, ni dues à l'année d'installation.

La forte variabilité s'explique par une hauteur de stockage variable selon les exploitations et une gestion différente des lots de fourrages, par coupe et/ou par espèce et selon les modalités de distribution aux animaux.

Hauteur du stockage

La hauteur utile optimale est un compromis entre le volume nécessaire au stockage du fourrage, la densité moyenne du fourrage stocké qui dépend de sa nature de sa teneur en eau à l'engrangement et de la hauteur et le coût additionnel en hauteur ou en surface. L'expérience des dimensionnements techniques amène dans le cas d'une construction neuve à considérer une hauteur utile de 6 à 7 m.

La hauteur de stockage du fourrage est souvent un des points délicats de l'aménagement dans des bâtiments existants. Ils sont souvent trop bas pour optimiser la hauteur et la densité, car ils ont été conçus pour du stockage à partir d'une manutention par engins motorisés au sol.

La hauteur moyenne du stockage est de **6,3 m**. Dans les exploitations enquêtées, elle varie de 3 à 9 m et sans distinctions régionales.

2.2.1.3 Récoltes et fourrages séchés

Les espèces

Les espèces fourragères sont reconnues pour être plus ou moins facile à sécher de manière artificielle. La luzerne est considérée comme une espèce facile à sécher, contrairement à des trèfles ou aux ray-grass dont les nœuds ont du mal à sécher. Les prairies naturelles, en particulier en coupe précoce, sont usuellement séchées en zone herbagère. La présence de mélanges multi-espèce permet d'obtenir un fourrage complet et limite les difficultés de séchage de certaines espèces. Il était intéressant d'analyser avec le recul, sur les exploitations pratiquant le séchage les espèces utilisées par les éleveurs.

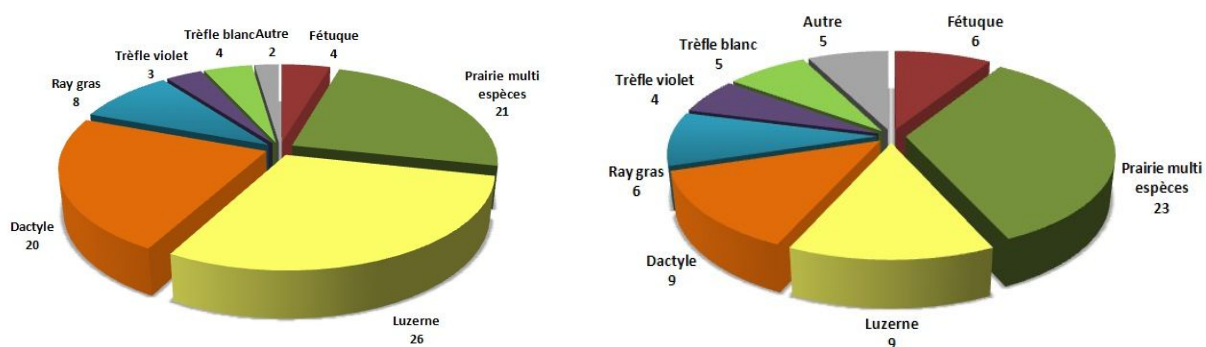


Figure 13 - Répartition des espèces fourragères séchées dans l'Ouest (gauche) et dans le Massif Central (droite)

La prairie mélangée multi-espèces est présente dans 23 exploitations de l'Ouest (soit dans 85 % des cas). La luzerne et le dactyle sont les deux autres espèces les plus fréquemment utilisées : chacune est citée dans 9 exploitations sur les 27 séchoirs en vrac de l'Ouest (soit 33 % des cas).

Dans les exploitations en possédant, la prairie multi-espèces représente 75 % de la quantité de fourrage séché. La luzerne quant à elle, représente en moyenne 30 % des quantités séchées dans les exploitations en ayant.

Dans les fermes du Massif Central, la luzerne, le dactyle et la prairie multi-espèces représentent $\frac{3}{4}$ des citations. La luzerne est présente dans 87 % des fermes du Massif Central (26 exploitations), le dactyle et la prairie multi-espèce dans 70 % des cas.

Dans les exploitations en possédant, la luzerne représente 40 % de la quantité de fourrage séchée. Le dactyle quant à lui, représente en moyenne 22 % des quantités séchées dans les exploitations en ayant. La prairie multi-espèce représente 41 % de la quantité de fourrage séchée dans les exploitations la cultivant.

Dans les 2 fermes Pyrénéennes, de la luzerne et de la prairie multi-espèces sont séchées.

La teneur en eau

Tableau 9 - Teneur en eau du fourrage récolté (1^{ère} coupe)

Teneur en eau du fourrage	Nombre de fermes de l'Ouest	Nombre de fermes du Massif Central	Nombre de fermes des Pyrénées	Nombre de fermes de l'Est	Total
25 %	1	1	0	0	2
30 %	2	5	1	0	8
35 %	6	8	0	0	10
40 % et +	20	12	1	1	34
Ne sais pas	1	3	0	0	4

Dans 57 % des cas, le fourrage est récolté à teneur en eau de 40 % ou plus. Le fourrage récolté dans l'Ouest lors de la première coupe pour être séché en grange est plutôt humide. Dans 74 % des fermes enquêtées, sa teneur en eau est de 40 % ou plus. Seuls 11 % des cas (3 fermes) récoltent un fourrage à moins de 30 % d'humidité.

Dans le Massif Central, le fourrage récolté est plus sec que celui des fermes de l'Ouest car il est récolté plus tardivement.

Dans 40 % des fermes enquêtées, sa teneur en eau est de 40 % ou plus. 20 % des cas (6 fermes) récoltent un fourrage à moins de 30 % d'humidité.

Coupes

Le séchage en grange permet de récolter plusieurs coupes de fourrage. Une part importante des éleveurs pratiquent 4 coupes de fourrages, en général jusqu'en septembre. Les éleveurs de l'Ouest pratiquent fréquemment 4 coupes de fourrages et certains jusqu'à 5 coupes. Dans les autres régions, les éleveurs pratiquent 3 à 4 coupes.

Cette pratique est la conséquence d'une meilleure valorisation de l'herbe même avec un faible volume sur pied permise par la présence du matériel sur l'exploitation qui garantit un foin de qualité même en récolte tardive. La réalisation de ces coupes tardives est dépendante de la pluviométrie estivale qui limite la pousse de l'herbe.

Tableau 10 - Nombre de coupes par exploitation enquêtée de l'ouest

Nombre de coupes	Nombre de fermes de l'Ouest	Nombre de fermes du Massif Central	Nombre de fermes des Pyrénées	Nombre de fermes de l'Est
2	5	7	0	0
3	4	11	1	1
4	14	9	1	0
5	2	0	0	0

Les conditions climatiques plus sèches du centre de la France, permettent aux exploitations de faire uniquement 3 coupes dans 37 % des cas (11 fermes). Dans 9 cas sur 11, 4 coupes peuvent être réalisées par les agriculteurs. 7 fermes ne réalisent que 2 coupes. Le nombre de coupes et les espèces présentes ne sont pas liés. La saison de récolte des fourrages s'étale sur 7 mois de l'année : les coupes les plus précoces commencent mi-avril et les plus tardives sont faites jusqu'à mi-octobre.

Tableaux 11 - Nombre de jours de séchage en grange par coupe (estimation des agriculteurs) des fermes de l'Ouest

Nombre de jours de séchage en grange	Nombre de fermes		
	Coupe 1	Coupe 2	Coupe 3
1 à 4	4	4	4
5 à 9	2	6	9
10 à 14	4	5	3
15 à 19	4	0	0
20 à 24	3	3	0
25 à 29	0	0	0
>=30	1	0	0

Lors de la 1^{ère} coupe, les durées de séchage sont très variables, de 2 à 50 jours. En moyenne, la première coupe est séchée pendant 17 jours (12 jours dans l'Ouest et 20 jours dans le Massif Central). La seconde coupe sèche pendant 11 jours, la 3^{ème} pendant 8,5 jours et la 4^{ème} pendant 7,5 jours.

Les durées de séchage sont plus longues pour les séchoirs du Massif Central que pour l'Ouest. Ceci peut être lié à l'installation (nombre de ventilateurs) mais aussi à la durée de séchage par jour de fonctionnement.

Tableaux 12 - Nombre de jours de séchage par coupe (estimation des agriculteurs) des fermes du Massif Central

Nombre de jours de séchage	Nombre de fermes		
	Coupe 1	Coupe 2	Coupe 3
1 à 4	3	5	3
5 à 9	4	5	6
10 à 14	4	7	5
15 à 19	1	4	2
20 à 24	2	3	2
25 à 29	2	0	0
30 à 34	6	1	1

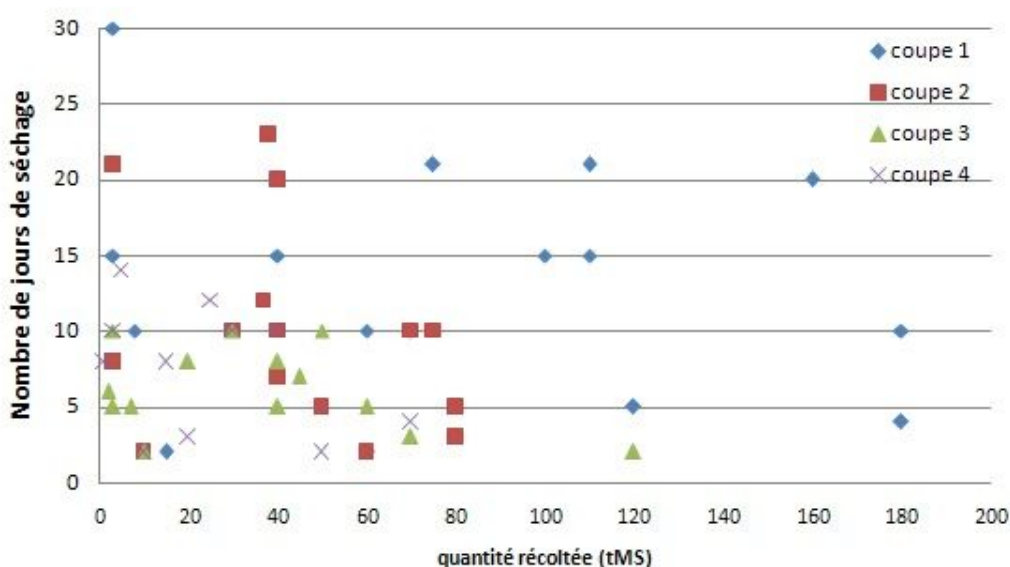


Figure 14 - Nombre de jours de séchage en fonction de la quantité récoltée, par coupe. Exemple avec les fermes de l'Ouest

Les données présentées sur la figure 14 montrent qu'il n'y a pas de lien direct entre le nombre de coupes réalisées sur une exploitation ou la quantité récoltée avec le nombre de jours de séchage, quelle que soit la coupe.

La première coupe concerne en moyenne une surface de 29 ha et 90 tMS (soit un rendement moyen de 3,1 tMS/ha). Celle-ci est séchée pendant 17 jours avec des durées de 22 h/jour au départ et de 8h/jour à la fin de la période de séchage. Ces installations permettent ainsi de sécher **8,4 tMS/jour**.

La 4^{ème} coupe est réalisée sur une surface moyenne de 14,5 ha et permet de récolter 21 tMS (soit un rendement moyen de 1,4 tMS/ha). Le fourrage est alors séché pendant 7,5 jours en moyenne, 21h/jour au départ et 8 h/jour à la fin. **4,8 tMS** sont alors séchés par jour de fonctionnement.

Ces caractéristiques de séchage sont détaillées dans les tableaux ci-dessous pour les deux grandes régions identifiées :

Tableau 13 - Caractéristiques du séchage par coupe. Fermes de l'Ouest

	Surface récoltée moyenne (ha)	Quantité récoltée moyenne (tMS)	Nombre de jours de séchage moyen	Quantité séchée/jours de séchage	Durée moyenne du séchage (au début) en h/j	Durée moyenne du séchage (à la fin) en h/j
Coupe 1	29	87	12	7,25	22	9
Coupe 2	23	54	9	6	21	8
Coupe 3	21	34	6	5,6	21	9
Coupe 4	14	20	7	2,9	21	9

Tableau 14 - Caractéristiques du séchage par coupe. Fermes du Massif Central

	Surface récoltée moyenne (ha)	Quantité récoltée moyenne (tMS)	Nombre de jours de séchage moyen	Quantité séchée/jours de séchage	Durée moyenne du séchage (au début) en h/j	Durée moyenne du séchage (à la fin) en h/j
Coupe 1	29	88	20	4,4	22	7
Coupe 2	22	50	11	4,5	21	7
Coupe 3	17	26	11	2,4	21	8
Coupe 4	16	23	8	2,9	21	7

Sur les 3 premières coupes, les séchoirs de l'Ouest sont plus efficaces que ceux du Massif Central : 7,25 tMS sont séchées par jour lors de la coupe 1 dans l'Ouest contre 4,4 tMS/jour dans le Massif Central.

2.2.1.4 Matériels et investissements

48 % des séchoirs enquêtés sont équipés d'un seul ventilateur et 40 % ont deux ventilateurs. 5 exploitations sont équipées de 3 ventilateurs. Les fermes du Massif Central sont très majoritairement (20 fermes/30) équipées d'un seul ventilateur. Ceci est dû à l'ancienneté des séchoirs de cette région. Les séchoirs plus récents de l'Ouest possèdent principalement 2 ventilateurs (14 fermes/27).

Les résultats de l'enquête montrent que la puissance de chaque ventilateur n'est pas dépendante du nombre de ventilateurs présents. Leur puissance moyenne est de 13,5 kW, et varie entre 9 à 20 kW. Un ventilateur peut être utilisé pour une ou plusieurs cellules.

Tableau 15 - Nombre de fermes ayant 1, 2 ou 3 ventilateurs

	Nombre de fermes de l'Ouest	Nombre de fermes du Massif Central	Nombre de fermes des Pyrénées	Nombre de fermes de l'Est	Total
Séchoir avec 1 ventilateur	8	20	1		29
Séchoir avec 2 ventilateurs	14	9		1	24
Séchoir avec 3 ventilateurs	4	1			5

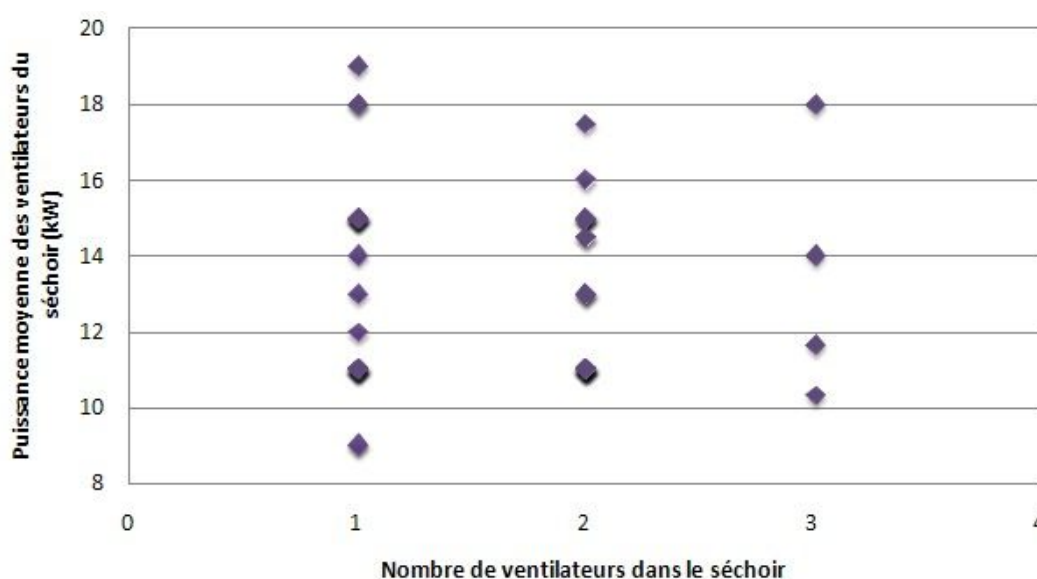


Figure 15 - Puissance moyenne des ventilateurs présents sur l'exploitation (kW) en fonction du nombre de ventilateurs présents (tous séchoirs confondus)

Peu d'agriculteurs ont connaissance du débit de leurs ventilateurs. Les débits renseignés sont en moyenne de 49 000 m³/h et varient entre 11 500 et 80 000 m³/h, avec là encore pas de liens directs entre la puissance unitaire et le débit (fig. 16).

Les ventilateurs de puissance 11 kW (15 CV) ont des débits variant entre 10 000 et 55 000 m³/h, les ventilateurs de puissance 15 kW (20 CV) ont des débits de 50 000-80 000 m³/h et ceux de 18-19 kW ont des débits compris entre 70 000 et 80 000 m³/h.

La comparaison de la puissance cumulée installée et de la quantité de fourrages séchée (Fig.17) montre une nouvelle fois qu'il n'y a pas de lien direct entre les 2 paramètres. Même si la tendance générale et naturelle est à l'augmentation de la puissance installée avec la quantité de fourrages séchée, la disparité des points démontre une disparité des situations et permet de conclure qu'au sein de chaque région, pour un même besoin, il y a des situations de suréquipement et donc des possibilités d'économies d'énergie et d'investissement.

Les résultats de l'enquête nous permettent de préciser que 43 % des ventilateurs sont de marque Zumstein, 14 % sont AEBI et 14 % Lanker. D'autres marques sont citées comme Wild et Solyvent.

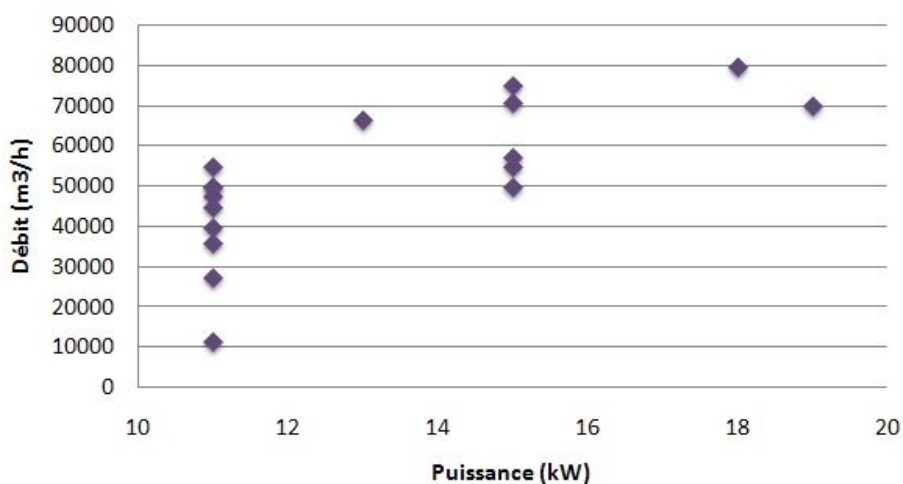


Figure 16 - Relation entre la puissance (kW) et le débit (m³/h) des ventilateurs utilisés dans les séchoirs de fourrage français

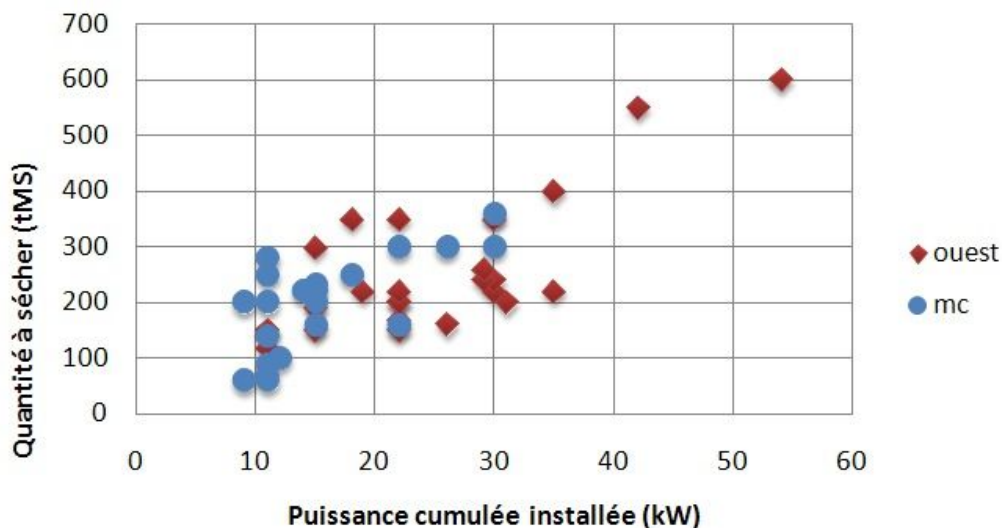


Figure 17 - Puissance des ventilateurs (kW) en fonction de la quantité séchée (tMS)

Distribution du fourrage

47 exploitations enquêtées utilisent une griffe à bras pour distribuer le fourrage séché. Cela représente 78 % des fermes. 17 possèdent un pont roulant pour acheminer le fourrage, soit 28 % des cas. 3 exploitations ont les deux systèmes sur leur exploitation.

Tableau 16 - Longueur de la griffe

Longueur de la griffe (m)	Nombre de fermes de l'Ouest	Nombre de fermes du Massif Central	Nombre de fermes des Pyrénées	Nombre de fermes de l'Est	Total
De 6 à 8	1	7	1	0	9
De 8 à 10	20	6	0	0	26
De 10 à 12	5	4	0	1	10

Ce sont les griffes d'une longueur de 8 à 10 m que l'on retrouve le plus fréquemment (58 % des griffes). La longueur la plus fréquente est 9 m. Les marques de griffe Palfinger – Stepa, AUER et Kiwa sont les plus utilisées.

2.2.1.5 Investissements

Le montant de l'investissement total s'élève en moyenne à **163 000 €** pour une installation de séchage en vrac soit **770 €/tMS**. Ce ratio varie de 100 à 1 900 €/tMS selon la nature des investissements que les agriculteurs ont indiqué.

Les investissements des fermes de l'Ouest sont en moyenne plus élevés, soit 980 €/tMS alors que les investissements plus anciens des installations du Massif Central s'élèvent à 530 €/tMS.

Tableau 17 - Montant des coûts d'investissement et des aides associées (France)

	Montant moyen (€)	Montant maxi (€)	Nombre de questionnaires renseignés
Montant bâtiment + capteur	106 954	310000	42
Montant manutention vrac (griffe ou pont)	30 294	115 000	39
Montant ventilation / électricité	11 419	26 750	30
Montant GAC solaire	13 417	74 000	8
Montant GAC solaire et/ou fioul	4 100*	6 700*	2*
Montant autochargeuse	27 190	58 000	45
Montant faucheuse	11 469	33 000	26
Montant faneuse	7 935	15 000	17
Montant andaineur	9 230	16 500	18
<i>Aides sur bâtiment + manutention + ventilation + GAC</i>	<i>30 938</i>	<i>102 840</i>	<i>25</i>
<i>Aides sur matériel</i>	<i>12 058*</i>	<i>20 000*</i>	<i>6*</i>
Montant investissement total	163 248	423 492	49
Montant aide total	37 757	140 000	34

* Attention au faible effectif

Le coût du bâtiment se situe entre 54 000 et 310 000 € (**105 000 €** en moyenne soit 470 €/tMS) ce qui représente **64 %** de l'investissement total. Les enquêtés n'ont toutefois pas considéré la même chose derrière l'intitulé « bâtiments » certains prenant en compte ou non une aire de stockage, le capteur solaire, les aménagements du bâtiment d'élevage...

Les agriculteurs sont aidés à hauteur de 20 % en moyenne (varie de 5 à 52 %) ce qui représente une aide de 36 000 € et 32 800 € en moyenne sur le bâtiment d'élevage où se trouve le séchoir soit 185 €/tMS.

2.2.1.6 Énergies utilisées pour le séchage

Énergie solaire

Les exploitations enquêtées réalisant du séchage en vrac ont toutes un capteur solaire qui leur permet de chauffer l'air qui sèche le fourrage.²

²Il ne s'agit évidemment pas de toutes les exploitations équipées d'un séchoir de fourrages en vrac.

Tableau 18 - Nombre de fermes par classes de surfaces de leur capteur solaire

Surface du capteur solaire	Nombre de fermes de l'Ouest	Nombre de fermes du Massif Central	Nombre de fermes des Pyrénées	Nombre de fermes de l'Est	Total
<300	0	1	1	0	2
300 à 800	12	18	0	0	30
800 à 1000	4	6	0	0	10
1000 à 1400	1	4	0	0	5
1400 à 1700	1	0	0	1	2
1700 à 2000	3	0	0	0	3

La superficie moyenne du capteur est de **750 m²** (890 m² pour les fermes de l'Ouest et 633 m² dans le Massif Central). 59 % des capteurs solaires ont une surface comprise entre 300 et 800m². 3 capteurs solaires situés dans l'Ouest ont une superficie supérieure à 1700 m². La nature des isolants utilisés pour le capteur solaire sous toiture est très diverse. On retrouve fréquemment du polyuréthane, du Styrodur et du polystyrène.

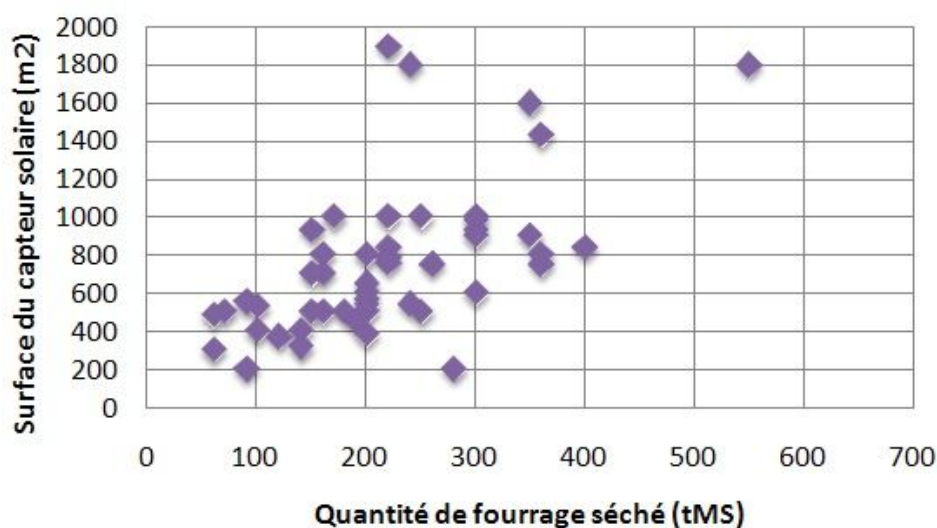


Figure 18 - Surface du capteur solaire en fonction de la quantité de fourrage séché

La surface du capteur solaire croît de manière tendancielle avec la quantité de fourrage séché mais sans relation claire. Sur les exploitations enquêtées, 4 m² de capteur solaire sont nécessaires en moyenne pour sécher 1 tonne de MS (varie de 1 à 8). Il n'y a pas non plus de lien direct ressortant des résultats de l'enquête entre la surface du capteur solaire et le débit de ventilation, comme le laissaient supposer les graphiques 13 à 15.

Électricité

L'estimation des consommations d'électricité liées au séchage des fourrages est difficile lorsqu'il n'y a pas de compteur électrique dédié au séchoir, ce qui est le cas de la grande majorité des sites. Les retours de l'enquête permettent tout de même d'estimer aux dires des agriculteurs que le séchage consomme en moyenne **23 800 kWh** d'électricité pour une

consommation globale des exploitations de 52 000 kWh, variant entre 2 500 et 75 000 kWh. La consommation électrique liée au séchage représenterait donc **46 %** de la consommation électrique des fermes.

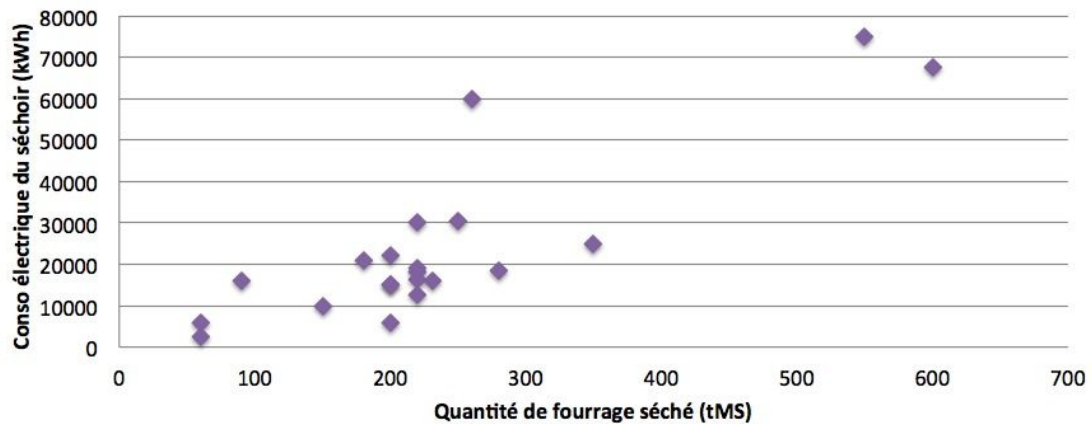


Figure 19 - Consommation électrique du séchoir en fonction de la quantité de fourrage séché (20 répondants)

Les exploitations consomment en moyenne **97 kWh/tMS** de fourrage séché. Cette consommation varie entre 30 et 230 kWh/tMS. Les fermes de l'Ouest sont un peu plus consommatrices : 98 kWh/tMS en moyenne contre 95 kWh/tMS pour les séchoirs du Massif Central. D'après les résultats présentés sur la figure 19, la consommation électrique suit une tendance générale et naturelle à la hausse avec la quantité de fourrages séchée. La disparité des consommations, notamment autour de 200 tMS, démontre tout de même une nouvelle fois qu'il existe de fortes différences de consommation, d'un facteur 2 à 3, sur des tonnages équivalents.

La figure 20 montre également que le niveau de consommation globale d'électricité n'est pas lié à la puissance des ventilateurs installée, signe que la pratique de l'agriculteur et la conduite globale du séchage prime sur le niveau de consommation.

Le coût de l'électricité lié au séchage est de 1 700 € en moyenne (de 150 à 5 000 €). Ce coût représente ainsi 40 % du coût de l'électricité de l'exploitation qui est de 4 200 € en moyenne. Il est à noter que ce ne sont pas forcément les mêmes personnes enquêtées qui ont répondu aux questions sur les quantités et sur les coûts. On constate néanmoins que les valeurs moyennes sont cohérentes.

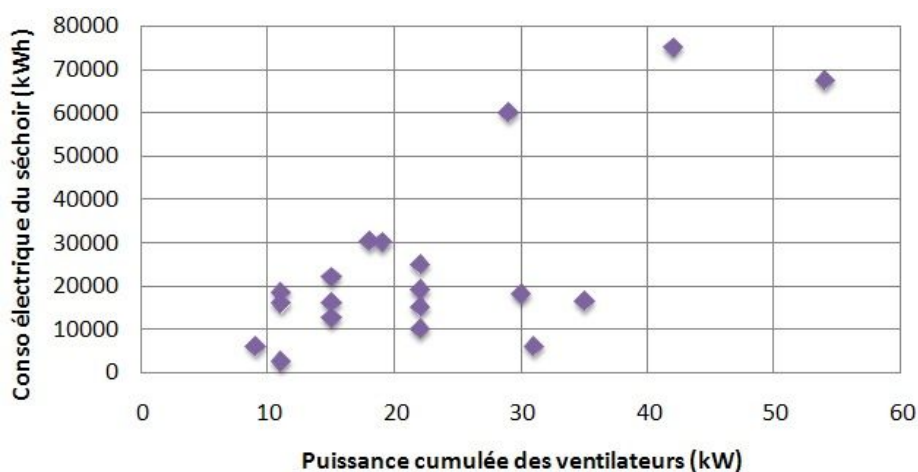


Figure 20 - Consommation du séchoir (kWh) en fonction de la puissance cumulée des ventilateurs (kW)

26 agriculteurs déclarent posséder un compteur commun domestique/exploitation. 4 d'entre eux ont également un compteur propre à l'exploitation. La puissance moyenne de ce compteur commun est de 38 kW et sa consommation moyenne est de 48 000 kWh. 20 d'entre eux ont un tarif bleu pour l'électricité et 6 ont un tarif jaune. Les trois options Tempo, EJP (qui n'est plus accessible chez EDF depuis plusieurs années) et heures pleines/heures creuses sont utilisées par les agriculteurs en proportion similaire. 1 seul utilise le tarif de base.

18 agriculteurs possèdent un compteur séparé entre l'exploitation et leur habitation. Le compteur de l'exploitation est d'une puissance de 45 kW et indique une consommation en moyenne de 51 200 kWh. 12 d'entre eux ont un tarif bleu d'électricité (donc inférieur à 36 kVA) et 6 ont un tarif jaune (supérieur à 36 kVA). L'option heures pleines/heures creuses est la plus utilisée (7 agriculteurs). L'option Tempo est utilisée dans 6 cas et l'option EJP est souscrite par 2 agriculteurs. 1 seul utilise le tarif de base.

Une analyse plus détaillée des consommations d'électricité nécessiterait de compléter les données des questionnaires souvent disparates et incomplètes sur la consommation totale d'électricité par compteur, la répartition domestique / professionnelle, et la part estimée pour le séchage. Certains n'ont complétés que des données de coût.

Fioul

Sur toutes les exploitations réalisant du séchage de fourrage en vrac, seulement deux déclarent utiliser du fioul pour sécher leur fourrage, en complément d'un capteur solaire.

La première est située dans l'Ouest, élève des bovins lait et sèche 260 tMS de fourrage récolté en 4 coupes entre le 20 mai et le 20 septembre. Malgré l'installation solaire sous toiture de 750 m² (isolant bois), l'éleveur consomme 3 000 L de fioul pour le séchoir. Cela représente 55 % de la consommation de fioul de la totalité de son exploitation (5 500 L). C'est également l'exploitation qui a la plus forte consommation électrique par tonne de fourrage : 230 kWh/tMS.

La seconde est une exploitation du Massif Central, en ovin lait AOC qui sèche 220 tMS de fourrage en 3 coupes entre fin mai et septembre. Son séchoir est installé dans une vieille grange et possède un capteur solaire de 1 000 m² (isolant styrodur). Il consomme 400 L de fioul pour compléter son capteur par temps de pluie. Cette consommation représente 4 % de sa consommation de fioul totale (9 000 L). Par ailleurs il consomme 56 kWh/tMS séchée d'électricité.

2.2.1.7 Fonctionnement du séchoir et outils de pilotage

Régulation de la ventilation

49 exploitations enquêtées sont équipées d'une horloge permettant de réguler le fonctionnement des ventilateurs, autre que le bouton Marche/Arrêt. Cela représente 82 % de l'effectif. 4 séchoirs possèdent un capteur de température ou d'hygrométrie. Ces séchoirs datent tous d'avant l'année 2000. 5 agriculteurs régulent eux-mêmes leurs ventilateurs en décidant de leur marche et arrêt.

Les fermes enquêtées dans l'Ouest utilisent toutes un système d'horloge pour réguler le fonctionnement de leur séchoir.

Les fermes équipées d'une horloge consomment en moyenne 24 500 kWh électrique (moyenne sur 49 fermes) et celle qui n'ont pas de régulation 24 400 kWh (moyenne sur 5 fermes). Aux vues de ces effectifs et résultats on ne peut pas conclure sur les bénéfices de la minuterie sur la consommation électrique.

La consommation électrique des séchoirs avec capteur de température/hygrométrie est plus faible : 12 500 kWh. Attention cependant au faible effectif de ce dernier groupe.

Il n'y a pas encore de système de régulation tel que la variation de vitesse assujettie à la pression dans la gaine.

Mesure de la pression

71 % des agriculteurs mesurent régulièrement la pression dans la gaine ou sous le tas (soit 42 agriculteurs).

La mesure de la pression dans la gaine après le ventilateur est un bon indicateur du risque de prise en masse du fourrage dû à une teneur en eau souvent trop élevée à l'entrée. Elle permet de piloter au fur à mesure la quantité de fourrage à engranger. Tant qu'elle monte progressivement et normalement, il est possible d'engranger du fourrage. Si elle est trop élevée, il est nécessaire de reprendre le tas de fourrages à la griffe pour enlever cette surcharge sur le ventilateur et permettre la traversée normale du fourrage par l'air de séchage.

Mesure de la performance du capteur solaire

27 % des agriculteurs enquêtés (16 exploitations) mesurent la différence de température de l'air entre l'entrée et la sortie du capteur solaire. Le ΔT moyen est d'environ $6,8^\circ$ (varie de 3 à 15°) et le ΔT maxi observée est de $11,5^\circ$ (varie de 5 à 20°).

La mesure du ΔT permet de vérifier le bon dimensionnement technique du capteur solaire, compte tenu des conditions locales. L'augmentation de température d'un capteur solaire dépend de la vitesse de l'air à l'intérieur (le dimensionnement vise en général une vitesse moyenne de 4 m/s), de la vitesse du vent extérieur – qui concurrence l'énergie récupérée par effet de convection, de la longueur du capteur solaire (l'échauffement n'est pas proportionnel avec la longueur), et de la couleur de la toiture (effet corps noir).

Problèmes de fonctionnement du séchoir

7 éleveurs déclarent connaître des problèmes de fonctionnement de leurs séchoirs. Ces problèmes sont de plusieurs ordres :

- Manque de chaleur : 2 agriculteurs constatent que le capteur solaire est parfois insuffisant comme seul apport de chaleur en début de saison ou par mauvais temps. Ils réfléchissent à la mise en place d'un générateur de chaleur d'appoint.
- Homogénéité du séchage : Certaines zones sèchent mieux que d'autres ou la hauteur du fourrage ne permet pas de bien sécher la totalité du foin engrangé.
- Problèmes techniques ou liés à l'installation : Un ventilateur neuf fait disjoncter l'installation électrique, un aéroengrangeur qui souffle trop quand le tas est haut et quelques fuites d'air qui diminuent l'efficacité de l'installation.

2.2.1.8 Actions mises en place ou envisagées par les éleveurs

Actions existantes

7 agriculteurs considèrent la récupération d'air chaud sous toiture comme leur principale action d'économie d'énergie déjà réalisée, et 2 agriculteurs ont récemment mis en place des panneaux photovoltaïques sur une de leur toiture, pas forcément celle du séchoir.

Les autres actions mises en place consistent à :

- Récolter plus sec : laisser sécher plus longtemps en extérieur et/ou retournement des andains.
- Contrôler plus régulièrement le % de MS pour réguler la ventilation.
- Homogénéiser le séchage en mélangeant le fourrage, la couche supérieure étant la plus difficile à sécher.
- Optimiser la performance du capteur solaire en peignant la toiture en noir.

Actions envisagées

Certaines actions concernent des économies d'énergie :

- Améliorer l'étanchéité du capteur solaire et/ou de la diffusion de l'air dans le fourrage.
- Régulation du ventilateur, basée sur l'hygrométrie et sur un contrôle plus régulier du % de MS.
- Modification de l'installation : augmentation du nombre de ventilateurs pour réduire la durée de séchage. **Attention : les résultats présentés dans ce rapport démontrent que le nombre et la puissance des ventilateurs ne sont pas liés directement à la consommation d'énergie du séchoir pour un même tonnage.**
- Récolter du fourrage plus sec, le laisser plus longtemps au sol.

D'autres personnes pensent à utiliser une source d'énergie renouvelable :

- Chaudière bois plaquettes.
- Chaleur issue de la méthanisation des effluents d'élevage.

Certains sont en attente de solutions.

2.2.2 LES SÉCHOIRS DE BALLEES RONDES

Généralités

Seuls 5 exploitants utilisant un séchoir de balles rondes ont répondu au questionnaire. D'autres exploitants pourtant connus directement de Solagro n'ont pas répondu.

Les productions agricoles concernées sont : bovin lait, caprin lait, ovin lait et bovin viande. Les exploitations sont situées dans l'Ouest (50 et 61), dans le Massif Central (12 et 15) et sur la chaîne pyrénéenne (31). Les séchoirs sont âgés de 5 à 25 ans.

La SAU des exploitations varie de 30 à 130 ha, et la SFP de 30 à 60 ha.

Les séchoirs sont de tailles diverses : de 20 t/an à plus de 120 t. Le séchoir est l'unique mode de conservation pour une exploitation, les autres combinant avec du foin traditionnel ou de l'ensilage d'herbe. Il permet de sécher des luzernes, des dactyles et des prairies multi-espèces.

Ces situations sont courantes : le séchoir de BR est un complément aux autres modes de récolte des fourrages, en général en balles. Il permet de sécher les premières coupes en voie sèche, et les autres coupes si besoin. Chez certains, le séchoir de BR a une importance aussi grande dans le système fourrager que celle en séchage vrac.

Les teneurs en eau au pressage des balles sont plus faibles que celles en vrac : moins de 35 % et souvent moins de 30 %.

Deux technologies principales existent en séchage de balles rondes : les systèmes auto-construits avec génie civil pour supporter les balles et le passage du tracteur de manutention, et le système « clés en main » de type Clim'Air qui comprend un bloc de ventilation / air chaud et un système de distribution de l'air et de calage des balles. Les retours d'enquête portent exclusivement sur les systèmes auto-construits.

Les équipements mis en œuvre comprennent outre le génie civil qui supporte les balles rondes, un ventilateur et un générateur d'air chaud le plus souvent au fioul (un cas en solaire seul, un cas en bois déchiqueté).

Les ventilateurs sont, dans ces séchoirs, d'une puissance similaire à celles du vrac, soit de l'ordre de 10 à 15 kW. On note dans le système le plus ancien la présence de deux ventilateurs axiaux de 3 kW chacun, et un ventilateur entraîné par la prise de force du tracteur. Ce dernier système s'explique par un séchoir qui imposait un renforcement de ligne électrique depuis le poste de transformation situé à 700 m et un changement de tarif de compteur électrique. L'agriculteur a préféré mettre en place un ventilateur entraîné par prise de force, avec une contrainte forte d'arrêt du ventilateur la nuit. Une serre solaire s'avérant insuffisante en terme de chaleur, il a profité de l'existence d'une chaudière bois plaquette existante pour l'habitat pour utiliser le brûleur plaquette avec un échangeur eau/air. Ce dernier lui permet de sécher aussi des céréales récoltées légèrement humides.

Les GAC fioul ont une puissance de l'ordre de 120 kW. La consommation de combustible est de 300 à 1200 litres par an. La consommation d'électricité n'a pas été renseignée.

Pilotage du séchoir et actions d'économies d'énergie.

Le pilotage du fonctionnement du séchoir est principalement manuel. Un seul séchoir est équipé d'horloge et d'un tube en U pour mesurer la pression. L'augmentation de température de l'air est de l'ordre de 5 à 7 degrés pour 2 séchoirs et de 15 degrés pour un autre.

Deux agriculteurs relèvent des difficultés de fonctionnement :

- difficulté pour connaître le niveau de séchage du fourrage à l'intérieur des balles ;
- difficulté de sécher les balles rondes, la pression nécessaire est plus importante. Le séchage des balles est irrégulier. Le système de séchage est difficile à conduire et demande de la manutention.

Les actions d'économie d'énergie envisagées citées sont :

- La ventilation par le haut et par le bas (type système Clim'Air).
- Installer un recyclage de l'air (l'air n'étant pas saturé en sortie des balles le plus souvent).
- Faire une étanchéité sous les balles (la jonction dalle support – balle est souvent un passage préférentiel de l'air de séchage).
- Isoler les gaines d'air chaud de raccordement au ventilateur.

Les retours d'enquête illustrent les difficultés usuelles du séchage des balles rondes, en particulier sur les séchoirs auto-construits. Les contraintes doivent être bien analysées préalablement à l'investissement afin que l'installation de séchage donne une appréciation satisfaisante. Le faible investissement initial ne doit pas être la seule clé d'entrée, d'autant plus que ces séchoirs imposent des équipements de mécanisation en bon état pour pouvoir fonctionner correctement et qui doivent être intégrés dans l'investissement de la chaîne de récolte – conservation – distribution.

2.3 CONSOMMATIONS NATIONALES D'ÉNERGIE POUR LE SÉCHAGE DES FOURRAGES

2.3.1 CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE POUR LE SÉCHAGE

Les données correspondent à un séchoir moyen de 230 t de fourrages avec une durée de séchage de l'ordre de 50 jours par an.

A l'échelle des exploitations agricoles pour le séchage en vrac comme pour le séchage des balles rondes, la consommation d'électricité est estimée à 23 000 kWh par an, ce qui représente environ la moitié de la consommation d'électricité des élevages laitiers. Les

enquêtes n'ont pas permis de faire un état suffisamment précis de la consommation totale d'électricité pour l'exploitation agricole et pour le séchage.

L'énergie solaire récupérée peut être évaluée à environ 35 à 50 MWh par exploitation, évitant une consommation de fioul domestique similaire. Ces données sont issues de la bibliographie sur le séchage solaire des fourrages (Bochu, 1997).

2.3.2 HYPOTHÈSES SUR LE NOMBRE DE SÉCHOIRS

Le nombre de séchoirs en vrac est estimé entre 2000 et 3000 en France, dont environ 150 à 200 séchoirs de balles rondes.

Le nombre d'installation avec capteur solaire à air est évalué à 700 installations. Ils sont en effet peu fréquents en Franche Comté et en Rhône-Alpes, ou plus précisément, il n'a pas été possible d'obtenir d'information sur ces zones.

2.3.3 ESTIMATION GLOBALE DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE DIRECTE POUR LE SÉCHAGE DES FOURRAGES

Pour la France métropolitaine, la consommation d'énergie (finale) pour le séchage des fourrages (vrac et balles rondes) est estimée à 50 GWh par an pour l'électricité, à laquelle s'ajoute environ 100 GWh d'énergie solaire récupérée. Bien que les équipements soient présents sur les exploitations, nous ne tenons pas compte des consommations de combustibles (fioul, propane) par absence de retour suffisant des enquêtes, et négligeons la consommation nationale vu le faible nombre d'installations de balles rondes.

3. LEVIERS D' ACTIONS

3.1 PRÉSENTATION DES LEVIERS D' ACTIONS

3.1.1 ACTIONS GÉNÉRALES POUR ACCOMPAGNER LE DÉVELOPPEMENT

Dimensionnement technique : création d'un outil d'aide au dimensionnement du séchoir de fourrages (guide technique, calculateur)

Le dimensionnement technique et économique d'une installation de séchage nécessite de définir :

- Les volumes à sécher à court et moyen terme, avec les espèces fourragères, un calendrier prévisionnel de récolte (il doit tenir compte des besoins de stocks et des différents fourrages stockés) avec les teneurs en eau à la récolte.
- Les infrastructures (bâtiment) et les équipements de séchage (ventilateur, gaines, capteur solaire ou GAC).
- Le circuit aéraulique de l'entrée avant ventilateur jusqu'à la sortie de l'air humide à l'extérieur.
- Le circuit « fourrages » (aménagement, implantation, etc...).
- La vérification du débit de séchage de l'installation.
- Les performances énergétiques (consommation d'énergie thermique et électrique, consommation spécifique) et GES sur la campagne de séchage.
- Les coûts prévisionnels d'investissement et de fonctionnement et les ratios économiques.

Le calculateur peut aider à définir les dimensions des circuits aérauliques et des ventilateurs, calculer le débit de séchage selon les caractéristiques thermiques de l'air. La responsabilité du conseil ne se substitue pas à la celle des entreprises qui fournissent les matériels et équipements.

Création des compétences techniques spécifiques pour l'accompagnement des agriculteurs

L'outil d'aide au dimensionnement peut être un guide technique accompagné éventuellement d'un calculateur. Au-delà de cet outil, il est nécessaire pour développer plus largement le séchage des fourrages de disposer d'un corps de techniciens compétents en séchage des fourrages, personnes à compétences multiples en fourrages et alimentation, en bâtiments, en équipements pour le séchage (ventilation et manutention), et en conduite de séchage des fourrages.

La création d'un groupe de travail rassemblant les organismes impliqués pourrait être proposée.

3.1.2 Pratiques

Réduire la teneur en eau à l'engrangement de 5 % (augmenter la teneur en MS avant récolte)

La teneur en eau du fourrage est un élément primordial : la réduction de la teneur en eau à la récolte de 40 % à 35 % permet de réduire la quantité d'eau à enlever de 10 kg pour 100 kg de fourrages, soit 22 % d'eau en moins. Ce gain au champ peut être obtenu en quelques heures.

La consommation d'énergie électrique peut être réduite d'autant, et le débit de séchage de l'installation est augmenté simultanément. La sensibilisation des agriculteurs dans leurs pratiques préalables à l'engrangement est un axe majeur d'économie d'énergie. Les conditions météorologiques du site et de l'année sont les facteurs limitant avec lesquels les agriculteurs doivent composer. La fenêtre météorologique doit être suffisamment fiable pour ne pas « mouiller le foin » tout en maintenant une haute qualité du fourrage. Enfin, il n'est

pas conseillé de mettre en place cette pratique en période d'apprentissage mais plutôt après quelques années d'expérience de conduite du séchoir.

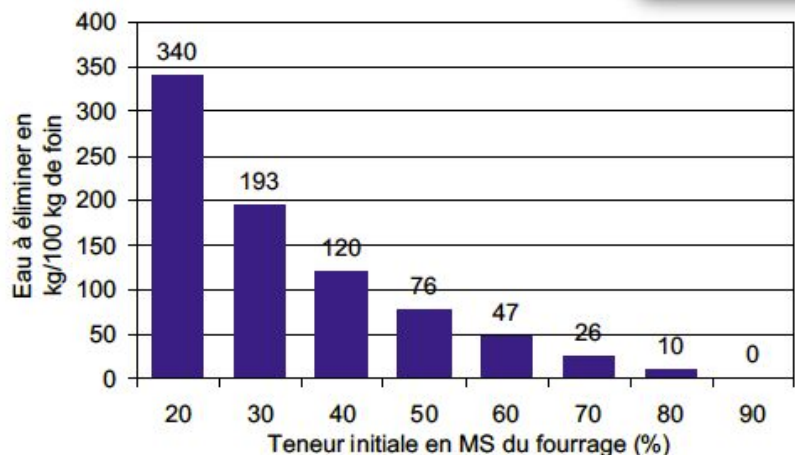


Figure 21 – Influence de la teneur initiale en MS sur la quantité d'eau à éliminer

Il s'agit de trouver un équilibre entre temps de séchage au champ, perte des feuilles, et dégradation du fourrage. On considère généralement que 65 % de MS est la limite pour que les plantes ne soient pas trop cassantes : perte de feuill.

Arrêter plus tôt la ventilation en fin de période

Une des difficultés fréquentes des éleveurs est de déterminer l'arrêt de la ventilation. Un séchage insuffisant engendre une dégradation de la valeur alimentaire du fourrage et un risque d'échauffement et d'incendie.

La fin de séchage en vrac est en général pratiquée par une ventilation en discontinu sur plusieurs jours. Le pilotage est effectué à partir de l'observation visuelle et olfactive en début de matinée, après démarrage du ventilateur (dégagement de buée, touché du fourrage au-dessus du tas, odeur, etc...).

Si les outils de pilotage peuvent aider à piloter la ventilation selon les caractéristiques de l'air avant séchage, il est difficile et risqué dans le cas du séchage en vrac d'assujettir l'arrêt de la ventilation de la cellule à des capteurs automatiques. La décision doit rester humaine. La formation des agriculteurs doit impérativement aborder ce point.

Rénovation des capteurs solaires à air

Les capteurs solaires à air utilisés pour le séchage ne sont pas fragiles. La coloration des toitures en noir ou couleur sombre et mât, et assurer l'étanchéité des isolants (sous-couche) sont les actions prioritaires pour garantir de bonnes performances. Les dégradations susceptibles d'apparaître au fur et à mesure des années portent sur :

- la dégradation des panneaux isolants de la sous-couche du capteur (déformation éventuelle surtout sur les bords des panneaux, trous de souris ou dus à la manutention, etc.). Elles entraînent des fuites dans le capteur qui diminuent l'échauffement de l'air.
- la couleur de la toiture en noir ou sombre et mât : en l'absence de contrainte d'urbanisme et d'architecture, la couleur noire mâte est conseillée à la création de l'installation pour optimiser la captation du rayonnement solaire. Pour diverses raisons, et en particulier dans les installations ayant des GAC au fioul ou une ventilation à l'air ambiant, la couleur des toitures peut être claire. Les mesures comparatives d'échauffement de l'air entre fibrociment gris clair et du fibrociment teint en brun sombre ont montré un gain de 50 %. L'amélioration de l'échauffement permet de réduire la durée de séchage et par conséquent de limiter la dégradation de fourrage. Le gain potentiel est estimé à environ 30 – 40 % de durée de ventilation.

Il est à noter que les travaux en hauteur sur toiture sont des travaux dangereux et que des règles strictes de sécurité doivent être respectées.

3.1.3 Technologies et équipements

Ajout d'un capteur solaire pour le séchage en vrac

Beaucoup d'installations de séchage en grange ont été conçues dans les années 80' et 90' sans capteur solaire, en particulier dans la zone Est (Franche-Comté et Rhône-Alpes). L'objectif est d'équiper ces installations de capteur solaire à air afin d'améliorer les capacités de séchage et la qualité des fourrages, tout en réduisant la consommation d'électricité.

Le potentiel est de l'ordre du millier d'installations. L'énergie (solaire) récupérée est de 35 à 50 MWh /an, et l'électricité économisée d'environ 6 600 kWh /an soit 4 600 €HT /an.

Changement du ventilateur en cas de renouvellement ou modification du séchoir

Des installations construites dans les années 80' ne correspondent plus aujourd'hui aux besoins des exploitations, qui ont évolué en général avec une augmentation de la taille. Le changement de ventilateur, s'il a lieu, doit être effectué en s'équipant de moteurs à haute efficacité énergétique IE2 ou IE3, la norme IE2 étant obligatoire depuis juin 2011.

Variation Électronique de Vitesse (VEV) sur moteurs électriques

Les moteurs en triphasé des ventilateurs de séchage sont en général installés en démarrage étoile – triangle. L'ajustement du débit du ventilateur est effectué par la pression due à l'installation et au fourrage, et de la courbe débit – pression du ventilateur. Dans les séchoirs en vrac, la pression varie de 2 mbar à plus de 10 mbar, selon la hauteur maximale du fourrage et sa consistance. Dans les séchoirs de balles rondes, la pression est en général plus stable, le séchoir fonctionnant par lot de balles homogènes. Une modification de pression peut toutefois exister entre le début de séchage du lot et la fin (modification des passages préférentiels de l'air).

La mise en place d'une VEV permettrait de réguler le débit selon la pression aval du ventilateur, en stabilisant le débit d'air autour d'une valeur cible. Ceci peut permettre de réduire l'appel de puissance sur le réseau et la consommation électrique en début de séchage.

Il faut noter que dans l'état actuel des connaissances et des prix des énergies, le séchage est principalement obtenu par un important volume d'air avec une faible augmentation d'humidité absolue de l'air. Il pourrait être utile d'analyser la performance de séchage d'un volume d'air moins élevé avec un pouvoir évaporatoire plus fort. Cette stratégie permettrait de réduire les besoins de débit et de pression d'air, donc de puissance des ventilateurs et de consommation électrique.

Amélioration du pilotage du fonctionnement du séchoir

En général, le pilotage du séchoir vrac est effectué avec l'odeur et la vue, combiné avec l'état du fourrage en cours de séchage et les prévisions. Le pilotage, hésitant au début, s'améliore avec l'habitude et l'expérience de l'agriculteur. Les technologies actuelles peuvent permettre d'ajuster le fonctionnement du ventilateur (marche / arrêt) selon les caractéristiques de l'air de séchage (température, hygrométrie).

L'automatisation du fonctionnement peut s'envisager principalement par des sondes hygrométriques, le séchage n'étant efficace en fin de séchage qu'avec une hygrométrie relativement faible de l'air. Les sondes de températures placées sur le tas ne permettent cependant pas d'avoir une représentation suffisante de l'hétérogénéité sur la cellule de séchage.

A minima, des horloges manuelles marche / arrêt permettent de déclencher facilement le ventilateur. Elles doivent être ajustées quotidiennement à l'avancement du séchage de la cellule et aux conditions météorologiques prévisionnelles.

Pour les balles rondes, les séchoirs auto-construits ne sont en général pas pilotés (au-delà des horloges). Les séchoirs « clés en main » sont en général pilotés à partir d'un cycle de température et sont équipés d'un système de régulation de la température.

Chauffage au bois déchiqueté

Le développement du chauffage au bois déchiqueté dans certaines régions permet d'envisager par le séchage la création d'un usage complémentaire de la chaufferie intéressant car la période de séchage (de mai à septembre) est décalée des besoins de chauffage de l'habitat ou des usages professionnels agricoles classiques (serres, bâtiment d'élevage).

La difficulté réside dans l'adéquation de la puissance des différents usages. Pour le séchage des fourrages en vrac, la puissance moyenne est de l'ordre de 100 kW, et pour du séchage en balles rondes de l'ordre de 150 – 200 kW. Elles varient avec la taille de l'installation de séchage et le débit de ventilation.

Il est possible de concevoir les installations de séchage en vrac avec un apport de chaleur en base par le bois déchiqueté. Il ne permettra pas en général de s'affranchir des pratiques actuelles de ventilation séchante (ventilation continue tant que du fourrage frais est placé en cellule, puis quelques temps après ventilation intermittente calée sur les meilleures heures de la journée). Un apport de chaleur complémentaire en solaire qui permet de démultiplier l'échauffement de l'air en particulier avec un soleil franc, n'est pas une aberration ni un luxe.

Biogaz / Méthanisation : valorisation de la chaleur

Le développement de la méthanisation dans les exploitations agricoles amène des agriculteurs-éleveurs à réfléchir à la valorisation de la chaleur excédentaire de l'installation de méthanisation en particulier pendant les périodes où les besoins de chauffage sont plus faibles ou absents. Cette complémentarité des besoins est une opportunité pour les deux technologies.

Comme dans le cas des chaufferies au bois, il faudra veiller à l'adéquation des besoins de puissance pour le séchage. Il est possible de concevoir les installations de séchage en vrac avec un apport de chaleur en base par le biogaz. Il ne permettra pas en général de s'affranchir des pratiques actuelles de ventilation « séchante » (ventilation continue tant que du fourrage frais est placé en cellule, puis quelques temps après ventilation intermittente calée sur les meilleures heures de la journée). Un apport de chaleur complémentaire en solaire, permettant de démultiplier l'échauffement de l'air en particulier avec un soleil franc, n'est pas une aberration ni un luxe.

Une note spécifique sur ce sujet sera ultérieurement proposée par Solagro et l'ADEME, en travail complémentaire à cette étude.

Ajout d'un GAC fioul / propane en sus du solaire

Cette solution pourrait s'envisager pour réduire la consommation d'électricité. Pour le séchage en vrac, cette solution pourrait permettre de pallier soit à des conditions météorologiques défavorables, soit pour améliorer le débit de séchage de l'installation.

L'augmentation de la température de l'air de séchage permet en effet de disposer d'air suffisamment sec pour finir d'extraire l'eau du fourrage (selon les courbes de sorption du fourrage). Ce principe est utilisé dans les séchoirs de grains et d'autres procédés industriels, avec du séchage « haute température » de plus de 100°C.

En vrac, la préconisation actuelle consiste à attendre les belles périodes pour achever le séchage des dernières couches de la cellule. Sur les coupes tardives d'automne, la finition

du séchage peut être une réelle difficulté. Il n'est donc pas nécessaire en vrac d'ajouter un GAC au fioul ou au propane.

PAC déshumidification de l'air

La technologie de la déshumidification de l'air avant séchage utilise une pompe à chaleur pour condenser la vapeur d'eau par refroidissement de l'air puis réchauffage. Elle est peu développée en séchage des fourrages à cause des coûts importants qu'elle engendre en investissement (machines et réseau électrique) et en fonctionnement. Il n'est pas prouvé sur le terrain que le système permet une économie d'électricité et une amélioration de l'efficacité énergétique (ratio kWh /tonne fourrage séché).

Mise en place de recyclage de l'air (BR)

Les séchoirs de balles rondes auto-construits fonctionnent au niveau aéralique comme des séchoirs en vrac : l'air de séchage traverse les balles et est évacué à l'extérieur. Etant donnée la faible hauteur de contact entre l'air et le fourrage, l'air est peu saturé en eau et donc peu efficace.

La mise en place de recyclage de l'air améliore l'efficacité énergétique du séchage : l'air est évacué à l'extérieur quand il est saturé en eau ou proche de la saturation.

Le système automatique est piloté par des sondes hygrométriques et de températures. Le cycle de séchage est pré-programmé.

3.2 SYNTHÈSE DES LEVIERS D' ACTIONS

Les tableaux suivants regroupent l'ensemble des leviers d'action décrits précédemment pour le séchage en vrac et en balles rondes. La grille de codification est la suivante :

- Facilité de mise en œuvre : ++ (très facile) +/- (variable selon situations) – ou – (difficile ou très difficile).
- Montant de l'investissement : € (1 à 2 000 €) ; €€ (5 à 25 000 €) ; €€€ (plus de 25 000 €).
- Impact en terme d'économies d'énergie : basée surtout sur l'économie d'énergie électrique (seule énergie du séchage en vrac)

SECHAGE DES FOURRAGES EN VRAC

Points concernés	Mise en œuvre	Investissement	Économie d'énergie	Échéance	Type d'action	Priorité	Commentaires
Développer l'offre de conseil en séchage							
Dimensionnement technique : création d'un outil d'aide au dimensionnement du séchoir de fourrages		-	-	CT	Création d'outil	1-2	L'outil d'aide au dimensionnement doit permettre de définir les caractéristiques techniques de la ventilation et les résultats de séchage.
Création de postes ou formations de « conseillers séchage des fourrages » et d'un groupe technique national		-	-	CT	Coordination & formation	1-2	Selon objectifs de développement du séchage des fourrages. Nécessite des compétences techniques en séchage (domaine multidisciplinaire).
Optimiser les pratiques des agriculteurs							
Réduire la teneur en eau à l'engrangement de 5 %	+ / -	0 ou €	+++	CT	Conseil	1	Gain sur la quantité d'eau à évaporer (voir figure 21)
Arrêter plus tôt la ventilation en fin de période	+ / -	0	+	CT	Appui technique	1	Difficulté à apprécier la teneur en eau du tas de fourrages
Rénovation des capteurs solaires à air (couleur, étanchéité)	++	€	+	CT	Appui technique	1	Améliore le captage de l'énergie solaire

Améliorer l'outil de production (matériels et équipements)							
Ajout d'un capteur solaire pour le séchage	+	€€	++	CT	Appui technique	1	Conversion des séchoirs en vrac en séchage solaire
Amélioration du pilotage du fonctionnement du séchoir	++	€	+	CT – MT	Appui technique	1	asservissement à l'hygrométrie de l'air de séchage (entrée), généralisation des horloges M/A
VEV sur moteurs électriques	+	€€	+	MT	Références	2	Asservissement de la vitesse à la pression après ventilateur
Changement du ventilateur en cas de renouvellement / modification du séchoir	+	€€	+	MT	Appui technique	2	Utilise des moteurs électriques plus efficaces (IE2 ou IE3) A généraliser en neuf.
Chauffage au bois déchiqueté	- / --	€€	+++	CT – MT	Appui technique	2	Envisageable si autres besoins de chaleur justifiant l'investissement
Biogaz / Méthanisation : valorisation de la chaleur	Selon projet biogaz	€	+++	CT – MT	R&D Références appui technique	2	Adéquation Puissance calorifique / gain en hygrométrie de l'air de séchage.
Ajout d'un GAC fioul / propane en sus du solaire	++	€€	0 ou -	-	Appui technique	3	Peu d'intérêt par la faible utilisation annuelle et le prix de l'énergie. Ne compense pas le gain de consommation d'électricité.
PAC déshumidification de l'air	+	€€€	0 ou -	-	Appui technique	3	Investissement important (PAC et branchement au réseau électrique) et coût de fonctionnement élevé (abonnement et prix de l'énergie).

SÉCHAGE DES FOURRAGES EN BALLES RONDES

Points concernés	Mise en œuvre	Investissement	Économie d'énergie	Échéance	Type d'action	Priorité	Commentaires
Optimiser les pratiques des agriculteurs							
Réduire la teneur en eau à l'engrangement de 5 %	+ / -	0 ou €	+++	CT	Appui technique	1	Gain sur la quantité d'eau à évaporer (voir figure 21)
Arrêter plus tôt la ventilation en fin de période	+ / -	0	+	CT	Appui technique	2	Appréciation de la teneur en eau des balles rondes par sonde
Améliorer l'outil de production (matériels et équipements)							
VEV sur moteurs électriques	+	€€	+	MT	références	1	Asservissement de la vitesse à la pression après ventilateur
Changement du ventilateur en cas de renouvellement / modification du séchoir	+	€€	+	MT	Appui technique	2	Utilise des moteurs électriques plus efficaces (EE1) – A généraliser en neuf (vérifier obligation en agricole sur moteur 20-50 kW)

Ajout d'un capteur solaire pour le séchage	++	€€	+	CT	Appui technique	2	Dépend de la durée d'usage du séchoir de BR, de son type (présence d'un toit ou non)
Amélioration du pilotage du fonctionnement du séchoir BR	++	€	+	CT-MT	Appui technique	1	Mettre en œuvre des capteurs de pilotage : asservissement à l'hygrométrie de l'air de séchage (entrée), généralisation des horloges M/A
Chauffage au bois déchiqueté	- / --	€€	++	CT-MT	Appui technique	2	Envisageable si autres besoins de chaleur justifiant l'investissement
Biogaz / Méthanisation : valorisation de la chaleur	Selon projet biogaz	€	++	CT-MT	R & D / appui technique	2	Substitution partielle ou totale du fioul
PAC déshumidification de l'air	+	€€€	0 ou <0	-	Appui technique	3	Investissement important (PAC et branchement réseau électrique) et coût de fonctionnement élevé (abonnement et prix de l'énergie)

4. CONCLUSIONS

Le séchage des fourrages est un système de récolte et de conservation des fourrages par la voie sèche, qui se positionne pour les éleveurs à côté du pâturage, du foin traditionnel séché au champ et des systèmes de conservation humide que sont l'ensilage et l'enrubannage. Les conditions climatiques usuelles, en particulier au printemps lors de la première coupe, ne permettent pas d'obtenir un foin sec de bonne qualité par séchage extérieur. Le séchage en grange permet alors de sécher ce fourrage - de haute valeur alimentaire car récolté au bon stade - à demi-sec « à l'abri » afin de le conserver dans les meilleures conditions. On obtient ainsi un fourrage de qualité situé entre une herbe jeune et appétante et un très bon foin de regain. La composition des prairies est le plus souvent de type multi-espèces, associant des graminées et des légumineuses, mais on trouve aussi des parcelles en mono espèce de luzerne (très souvent) ou de graminées (parfois).

Deux techniques de séchage artificiel des fourrages à la ferme se côtoient depuis les années 80' :

- le séchage en vrac des fourrages qui permet d'optimiser la qualité des fourrages dans des conditions économiques compétitives sur le long terme mais avec un investissement initial élevé et peu soutenu, avec des frais de fonctionnement très faible ;
- le séchage en balles conditionnées, le plus souvent en balles rondes, qui permet de sécher un foin récolté avec le matériel déjà disponible sur l'exploitation et qui est souvent associé à d'autres mode de récolte de l'herbe. L'investissement initial est moins élevé mais les frais de fonctionnement – y compris en renouvellement de manutention – est plus important.

Le développement de ces deux techniques est inégal : on compte environ 2000 à 3000 séchoirs en vrac, dans les zones d'AOC fromagères interdisant la conservation par ensilage ou enrubannage mais aussi en zone de concurrence avec les autres techniques de conservation dans l'ouest de la France, le massif central et de manière disséminée sur le territoire métropolitain. On ne compte que 150 à 200 séchoirs de balles rondes, répartis sur tout le territoire.

L'enquête sur l'utilisation rationnelle de l'énergie dans le séchage des fourrages à la ferme a confirmé les tendances relevées dans la bibliographie ancienne et récente. Le séchage en vrac utilise principalement un capteur solaire pour chauffer l'air. Le séchage des balles rondes mobilise plutôt du fioul.

La consommation d'énergie pour le séchage des fourrages est d'environ 150 GWh/an (dont 1/3 d'électricité finale et 2/3 d'énergie thermique utile, principalement sous forme de d'énergie solaire récupérée). Une installation moyenne de séchage des fourrages a une capacité de 250 tonnes avec un capteur solaire de 750 m². La consommation d'électricité pour le séchage en vrac est de 20 à 30 000 kWh/an par exploitation, ce qui représente une consommation d'électricité similaire à celle du bloc de traite dans les élevages laitiers.

Les actions envisageables pour réduire les consommations d'énergie portent globalement sur l'optimisation des pratiques des éleveurs et sur l'investissement dans des équipements économes. Comme pour tout secteur d'activité, les priorités et facilités de mise en œuvre de ces actions restent cependant dépendantes de nombreux facteurs, dont les contraintes liées aux équipements et pratiques existantes sur l'exploitation.

Cette étude montre par ailleurs l'importance d'assurer une offre de conseil large et adaptée, par le biais des préconisations des diagnostics énergétiques par exemple, et par les formations et sessions de conseil et de démonstration aux agriculteurs d'autre part. La mise en œuvre de ces actions par les éleveurs nécessite donc le développement de compétences

de conseillers agricoles spécialisés et de proximité. Ils sont indispensables pour un développement accéléré et pérenne du séchage des fourrages dans les différentes régions. Les contextes et le développement du séchage étant en effet différents entre ces régions, la mise en œuvre des actions sera ainsi différenciée et adaptée à l'échelon territorial.

Enfin, l'émergence actuelle de nombreux projets couplant séchage des fourrages et production d'énergies renouvelables (photovoltaïque, méthanisation, biomasse...) nous permet de rappeler qu'il reste fondamental de raisonner ses pratiques et ses investissements de manière globale, à l'échelle de l'exploitation voire du territoire, dans un objectif qui doit rester la réduction de la dépendance énergétique globale de l'exploitation. C'est en effet la seule voie possible pour parvenir à réduire la fragilité économique des entreprises due aux hausses et fluctuations des prix des énergies fossiles.

5. BIBLIOGRAPHIE

Bochu, J-L. et als, **Séchage solaire des produits agricoles en Europe**, Programme Thermie action SE 22, Commission Européenne Direction Générale de l'Énergie, SOLAGRO, Rhône Alpes Energie. Mars 1996, 41 p.

Bochu, J-L., **Séchage solaire des fourrages en zone Roquefort : résumé du rapport technique final**, Solagro, 1997, 5 pages.

Coll., **Le séchage solaire des fourrages**, ARPE, SOLAGRO, ADEME, Document PRELUDE, 2006, 19 p.

Luminet, S., **Séchage en grange du foin conditionné, Bilans du suivi réalisé en 2001 dans la région Midi-Pyrénées**, Stéphane LUMINET Chambre d'agriculture de l'Aveyron, Chambre d'agriculture du Tarn, INRA, SOLAGRO. Février 2002

Fontanier, F., Garel, **Le séchage en grange du foin conditionné en grosses bottes**, Pôle fromager AOC Massif Central, mai 2008, 53 pages.

Arranz, J-M. et als, **Le séchage en grange dans les Pyrénées Atlantiques, quel avenir ?**, SICA Centre de Recherche et d'expérimentation sur l'élevage Ovin et la Montagne. Décembre 2001, 52 pages.

Beauchamp, JJ. (coord.), **Le séchage en grange : pour récolter le meilleur de l'herbe. Des expériences en Normandie**, Chambres d'agriculture de Normandie, Institut de l'Élevage, SEGRAFO Ouest, INRA, 2010, 80 pages.

Nydegger, F., **Le séchage en grange, sous le signe d'un meilleur rendement**, Agroscope Tanikon ART, Techniques Agricoles, Juin/Juillet 2007, 3 pages.

Falaise, D., Lusson, JM., **Le séchage solaire en grange des fourrages**, RAD, CIVAM, ADEME, Région Bretagne, MAAp, 2009, 2 pages

Holpp, M., **Séchage des balles rondes**, Rapport de la FAT n°616, Agroscope FAT Tanikon, 2004, 10 pages

Verger, A-C., **Référentiel technico-économique : séchage en grange des fourrages en Bretagne**, SEGRAFO Bretagne, 2010, 19 pages + annexes.

Charrier, Y., **Le séchage des fourrages – support de formation d'agriculteurs**, SGF Conseil, 2000, communication personnelle.

Bochu, JL., **Séchage solaire des fourrages : supports de formation**, 2010, communication personnelle.

Coll., **Sécher du foin en grange : pour récolter le meilleur de l'herbe**, Chambres d'agriculture de Normandie, Institut de l'Élevage, Réseaux d'élevage, SEGRAFO Normandie, MAAp, 2008, 8 pages.

Coll., **Les systèmes Bovins laitiers en Normandie : repères techniques et économiques 2008/2009**, Réseaux d'élevage, Institut de l'Élevage, Chambres d'agriculture de Normandie, 2010, 8 pages.

Coll., **Le séchage solaire en grange : Fiche technique**, CRAMP, Solagro, CasDAR, MAAp, 2010, 2 pages.

EHLG, **Le séchoir solaire en grange, Fiche technique**, Energies et Agriculture, EHLG, 2008, 4 pages.

Solagro, **Le séchage solaire des fourrages : Installation de A. Bazerque**, Solagro, AFME Midi-Pyrénées, 1985, 4 pages.

Et les nombreuses autres fiches de réalisations d'installation en France.

6. ANNEXES

6.1 Annexe 1 : liste des personnes contactées durant l'étude

Anne-Cécile VERGER, animatrice séchage en grange, SEGRAFO Ouest

Yann CHARRIER, consultant spécialisé, SGF Conseil

Eric POTTIER, chef du service fourrages, Institut de l'élevage

Héloïse AUGROS, Coordinatrice du Pôle Biomasse et Energies Rhône-Alpes, Coop de France Rhône Alpes Auvergne.

Pierre LAURENT, ADEME DR Auvergne, en charge de l'agriculture

Hervé BAFFIE et **Elise LEAL**, ADEME DR Rhône-Alpes, en charge de l'agriculture

Claude GALLAY, Conseiller séchage en grange, CDA Haute-Savoie

Claire MIARD, Chargée d'études Energie, CDA Savoie

Véronique NOCHEZ, conseillère énergie, CDA Haute-Savoie

Emilie GUYARD, animatrice CETA de Bornes et CETA de Semine, CDA Haute-Savoie

Benoit LABASCOULE, conseiller énergie, CDA Aveyron

Isabelle FORGUE, conseillère énergie, CDA Doubs

Gilbert GIRARD, distributeur, Ets CLIMAIR France

Jean-Marc BORIES, assemblier - distributeur, Ets BORIES Equipements

Gilles GRUBER, distributeur STEPA-PALFINGER et ZUMSTEIN, Ets AGRIMANU

Merci à tous les agriculteurs qui ont pris le temps de répondre à notre enquête postale.

6.2 Annexe 2 : Questionnaire envoyé aux agriculteurs



Utilisation rationnelle de l'énergie dans le séchage



Enquête sur la consommation d'énergie du séchage de fourrage

Identification

Nom Prénom ou Raison sociale : (Facultatif)
 Adresse de l'exploitation : (Facultatif)
 Commune :
 Département :
 Téléphone : (Facultatif)
 E-mail : (Facultatif)

Description de l'exploitation

SAU :ha SFP :ha

Type de production :

Ateliers présents sur l'exploitation : Effectif animaux :

1-
 2-
 3-

Description de l'installation de séchage de fourrage

• Complétez :

Quantité de fourrage séché / an :tMS Année de mise en service :

Quantité de foin :tMS Quantité d'ensilage : tMS (herbe/maïs)

Quantité d'enrubannage :tMS

• Cochez la case qui correspond à votre installation et complétez :

Séchage en vrac (grange)

Hauteur du stockage : m Nombre d'aires de séchage :

Surface des aires de séchage :

1-
 2-
 3-

Séchage en balles rondes, nombre de balles par lot :

Séchage en balles carrées, nombre de balles par lot :

Les fourrages à sécher

Quelles espèces séchez-vous et en quelle proportion ?

- Luzerne % Ray-gras % Trèfle violet %
 Fétuque% Dactyle % Prairies multi-espèces %
 Brome% Trèfle blanc % Autre..... %

Quelle est la teneur en MS de la 1^{ère} coupe qui est mise en séchage ?

- > 75 % MS 75 % 70 % 65 % 60% 55% moins 50% MS
 Ne sais pas

Décrivez les opérations de séchage par coupe :

Période de coupe	Surface récoltée ha	Quantité récoltée tMS	Durée du séchage	
			Nombre d'heures/jour (au début du séchage)	Nombre d'heures/jour (à la fin du séchage)
Coupe 1				
Coupe 2				
Coupe 3				
Coupe 4				

Caractéristiques de l'installation

Cochez les matériels dont vous disposez et complétez leurs caractéristiques

• Ventilation :

Matériel	Puissance	Débit	Marque	Modèle
Ventilateur 1				
Ventilateur 2				
Ventilateur 3				

- Manutention : Griffe à bras Longueur du bras :m Marque / modèle :
 Pont roulant

- Générateur d'air chaud

- Propane
 Fioul
 Bois
 Biogaz
 Solaire sur toiture

Puissance	Utilisation hors séchage

Surface: m2
 Nature de l'isolant:

Divers

- Votre ventilateur possède-t-il un appareil de régulation autre que Marche/Arrêt ?
 Non Horloge basé sur un capteur de température Ne sais pas
- Mesurez-vous la pression dans la gaine ou sous le tas (tube en U)?
 Oui Non Ne sais pas
- Votre installation de séchage présente-t-elle certains problèmes de fonctionnement ?
 Non Oui, lesquels ? :
- Avez-vous mis en place des actions visant à réduire la consommation énergétique de votre séchoir ? Non Oui, lesquelles, depuis quand ? :
- Avez-vous identifié des points à améliorer sur votre séchoir, notamment en ce qui concerne sa consommation énergétique ? Quelles actions envisagez-vous de mettre en œuvre ?
- Si vous avez un capteur solaire, mesurez vous la différence de température ΔT entrée/sortie (performance du capteur) ? Oui Non Ne sais pas
 Si oui : ΔT moyen : °C ΔT maxi : °C
- Si vous avez une toiture photovoltaïque, rencontrez-vous des difficultés concernant une éventuelle surchauffe des panneaux ? Oui Non Ne sais pas
 Les panneaux photovoltaïques sont-ils affectés par les mouvements de la griffe ?
 Oui Non Ne sais pas
- Autres commentaires :

Merci de votre collaboration

A retourner avec l'enveloppe jointe à :
 Charlotte BORDET – SOLAGRO 75 voie du TOEC – CS 27608 – 31076 TOULOUSE cedex 3
 charlotte.bordet@solagro.asso.fr
 tél : 05 67 69 69 20 – fax : 05 67 69 69 00

Consommation d'énergie

Complétez les lignes du tableau suivant selon l'énergie que vous utilisez

Energies	Quantité total exploitation	Quantité pour le séchage	Unités	Coût €HT TOTAL	Coût €HT SÉCHAGE	% séchage / exploitation
Electricité			kWh			
Fioul			L			
Propane			Kg			
Bois plaquettes			m ³			
Autres :			

Veillez remplir les questions suivantes sur votre consommation électrique :

Electricité	Utilisation	Tarif	Options	Puissance souscrite	Consommation annuelle
Compteur 1	<input type="checkbox"/> Domestique <input type="checkbox"/> Domestique et exploitation <input type="checkbox"/> Exploitation	<input type="checkbox"/> Tarif bleu <input type="checkbox"/> Tarif jaune <input type="checkbox"/> Tarif vert	<input type="checkbox"/> Tempo <input type="checkbox"/> EJP <input type="checkbox"/> HP/HC <input type="checkbox"/> Base	<input type="text" value=""/> kW	<input type="text" value=""/> kWh
Compteur 2	<input type="checkbox"/> Domestique <input type="checkbox"/> Domestique et exploitation <input type="checkbox"/> Exploitation	<input type="checkbox"/> Tarif bleu <input type="checkbox"/> Tarif jaune <input type="checkbox"/> Tarif vert	<input type="checkbox"/> Tempo <input type="checkbox"/> EJP <input type="checkbox"/> HP/HC <input type="checkbox"/> Base	<input type="text" value=""/> kW	<input type="text" value=""/> kWh

Achats d'aliments du bétail

Nature	Quantité (Tonnes / an)	Coût annuel (€HT)

Investissements liés à l'installation de séchage

Investissements	Description	Montant	Montant de l'aide ou %
Bâtiment		€	
		€	
		€	
Equipement manutention (griffe, pont, etc.)		€	
Ventilation et électricité		€	
Chauffage de l'air		€	
		€	
Equipements de récolte :			
Auto chargeuse		€	
Fauçonneuse		€	
Faneuse		€	
Presse		€	
Autre :		€	
Autre :		€	