



LE SÉCHAGE À PLAT MULTI-PRODUITS À LA FERME

Les différents types de séchoir à plat

Les différents produits pouvant être séchés à plat

Equipements et technologies disponibles sur le marché

Les bonnes pratiques de construction et d'utilisation

Le séchage à plat offre de nombreux avantages : souplesse de récolte des céréales, maîtrise du processus de séchage pour préserver les qualités intrinsèques des produits, garantie de la traçabilité des lots, ... mais également des opportunités de diversification pour les exploitations : diversification des cultures, prestations de service de séchage pour d'autres agriculteurs ou pour des organismes de collecte des céréales, etc...

Le dimensionnement de l'installation ainsi que de ses équipements doit être en adéquation avec le type et la quantité des différents produits à sécher sur l'année.

Ce document a pour but d'expliquer le principe du séchage à plat, de présenter les différents types de séchoir et équipements, les différents produits pouvant y être séchés ainsi que les bonnes pratiques d'utilisation.



Définition et principe de fonctionnement du séchage à plat

On distingue le séchage et la ventilation. Le séchage consiste à extraire l'humidité d'un produit pour atteindre rapidement son état stabilisé. Le but est de limiter le risque de dégradation métabolique (respiration cellulaire ou fermentation) et microbologique (moisissures, mycotoxines) au cours de son stockage. La ventilation quand à elle consiste à diminuer la température d'un produit, souvent après avoir été séché.

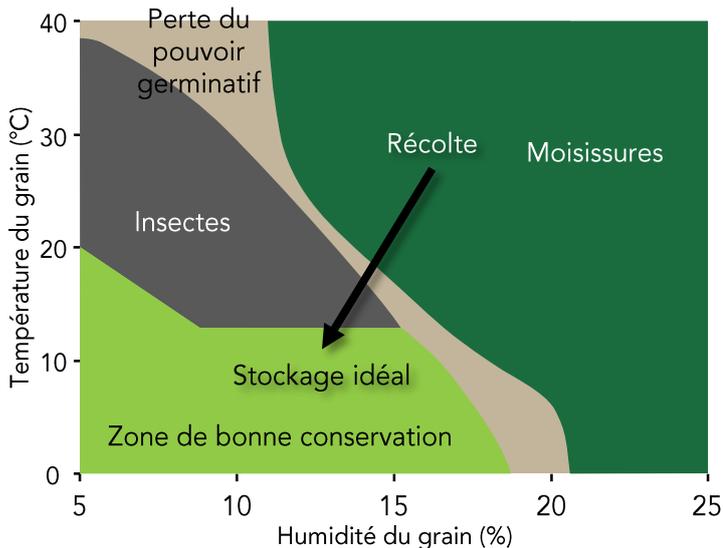
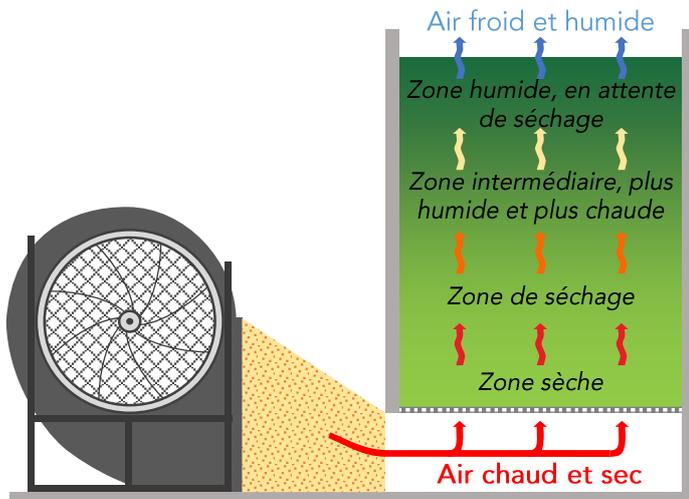


Diagramme de conservation des céréales
Adapté d'ARVALIS - Institut du végétal

De l'air passe à travers des grilles de perforation, de taille et de type variables selon le produit à sécher. Ces grilles peuvent être disposées dans des caniveaux de diffusion de l'air ou bien sur des grilles intégrales. Puis l'air traverse le produit à sécher, se charge en eau et est évacué par le dessus du tas.



Circulation de l'air dans une cellule au cours de la ventilation

Adapté d'ARVALIS - Institut du végétal

Le séchage sera d'autant plus rapide que l'air sera chaud et sec. La capacité évaporatoire de l'air, autrement dit la capacité de l'air à se charger en eau sous forme de vapeur en captant l'humidité du produit est fonction de sa température et de son humidité relative. Plus un air est chaud et sec, plus sa capacité d'évaporation est grande et plus il peut contenir d'eau à saturation.

L'évaporation de l'eau (passage de l'eau de l'état liquide à l'état gazeux) est permise par l'énergie thermique contenue dans l'air. Ce phénomène engendre une baisse de la température de l'air. L'air qui est extrait du produit est donc plus humide et plus froid.

Les cases de séchage à plat, appelées aussi « plate-forme multi-produits » permettent de sécher une grande diversité de matières telles que des graines (maïs grain, sarrasin, colza...), ou de la biomasse (bois déchiqueté, bois bûche, digestat, ...) dont le contenu peut être rempli puis vidé après séchage avec un même engin (tracteur chargeur ou télescopique).



Remplissage d'une case de séchage à plat en maïs grain

Source : SEGRAFO

Les cellules de séchage à plat n'ont généralement pas vocation à servir de lieu de stockage des produits, mais à être vidées régulièrement de leur contenu qui doit éventuellement être stocké, conditionné ou exporté. Ce mode de séchage est caractérisé par un fonctionnement en lot ou « tout plein / tout vide » et nécessite que le lot soit totalement sec pour sécher le suivant.

Les différents types de séchoir à plat

On rencontre quatre types de séchoir à plat :

■ Dalle béton avec caniveaux + grilles métalliques



C'est le type d'installation la plus fréquemment rencontrée, notamment de part sa facilité à être auto-construit. Il est composé d'une dalle bétonnée dans laquelle sont insérés des caniveaux métalliques équipés de grilles. Ces grilles à fentes ou à trous permettent de sécher un large panel de produits.



ou



Grille à fentes

Grille à trous

✓ Grosses graines (maïs grain, blé, ...)

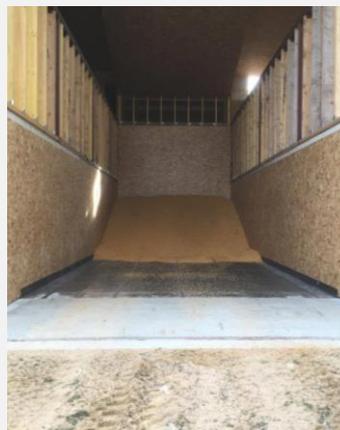
✓ Semences

✓ Bois bûches

✓ Petites graines (colza, ...)

✓ Bois plaquette

■ Grille métallique intégrale : Structure métallique + tôles à pontets



Ce type d'installation se compose d'une dalle bétonnée sur laquelle repose une structure métallique en IPN. Des tôles à perforations à pontets sont soudées sur la structure métallique.



Tôle à pontets

✓ Grosses graines (maïs grain, blé, ...)

✗ Semences

✓ Bois bûches

✗ Petites graines (colza, ...)

✓ Bois plaquette

■ Grille métallique intégrale : Structure bois + tôles à fentes



Ce type d'installation est un système hybride entre les deux présentées ci-dessus. Il se compose de poutres lamellées-collées isolées d'une dalle bétonnée par une ou deux épaisseurs d'OSB. Le tout est recouvert de tôles métalliques à fentes. Les poutres disposées dans le sens de la longueur créent ainsi des caniveaux qu'il est possible d'ouvrir ou fermer selon les besoins.



Tôles à fentes

✓ Grosses graines (maïs grain, blé, ...)

✓ Semences

✓ Bois bûches

✓ Petites graines (colza, ...)

✓ Bois plaquette

■ Caisson mobile à double fond



Moins courant que le séchage en cases, le séchage en caisson est très bien adapté aux petits lots de produits.

Les caissons, pouvant contenir jusqu'à 20 à 25 m³ de produits, offrent l'avantage de réduire la manutention puisqu'ils sont utilisés comme moyen de transport et de séchage.

Le caisson dispose d'un plancher double fond composé d'une structure métallique sur lequel sont soudées des tôles à pontets, à fentes ou à trous.



Tôle à pontets

ou



Tôle à fentes

ou



Grille à trous

✓ Grosses graines (maïs grain, blé, ...)

✓ Semences

✓ Bois bûches

✓ Petites graines (colza, ...)

✓ Bois plaquette

Les différents produits pouvant être séchés à plat

Produits	Taux d'humidité moyen		Période de séchage												
	Entrée séchoir	Sortie séchoir	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
 Bois plaquettes/ Bois bûches	35 - 120 %	18 à 25 % (30 % max.)													
 Drèches de brasserie	35 - 40 %	10 - 13 %													
 Digestat solide	40 - 80 %	10 %													
 Algues	70 - 90 %	10 %													
 Plantes médicinales	70 - 90 %	12 %													
 Céréales d'été	14 - 18 %	12 - 13 %													
 Colza	9 - 15 %	8 - 9 %													
 Semences	20 - 35 %	12 %													
 Tournesol	9 - 15 %	7 - 8 %													
 Soja	15 - 25 %	12 - 14 %													
 Sarrasin	25 - 35 %	12 - 13 %													
 Maïs épi	30 - 42 %	12 - 15 %													
 Maïs grain	30 - 42 %	12 - 15 %													

Intérêts / Avantages	Limites / Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Séchage rapide : amélioration du pouvoir calorifique du bois vis-à-vis d'un séchage naturel ✓ Réduction de la durée d'immobilisation du bois : vente plus rapide 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Augmentation du prix de vente dû aux frais de séchage / séchage naturel ✓ Risque de glaçage des bûches si séchage trop rapide empêchant l'eau de sortir
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Meilleure conservation par voie sèche que par voie humide 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fort risque de prise en masse : brassage nécessaire
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Si exportation du digestat : baisse des coûts de transport ✓ Valorisation possible en paillage dans la litière des animaux 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nettoyage complet et approfondi de la cellule avant son utilisation pour une autre matière
<ul style="list-style-type: none"> ✓ La diversité des algues et leurs débouchés (cosmétiques, compléments alimentaires, industrie pharmaceutique) permet d'avoir des matières à sécher toute l'année) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fort risque de prise en masse ✓ selon le débouché un allottement avec un nettoyage des cases de séchage rigoureux est nécessaire.
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Prestation de séchage sur matière à forte valeur ajoutée 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Matière sensible et à forte valeur ajoutée : Nécessité d'un séchage contrôlé et précis
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Souplesse de récolte vis-à-vis de la météo ✓ Récolte précoce : conservation du PS 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Risque de sur-séchage : perte de poids
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Le séchage permet une récolte précoce pour éviter la baisse de la qualité des graines (augmentation de l'acidité) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Risque d'envolement des graines si le débit d'air est trop important ✓ Risque de sur-séchage : perte de poids
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Séchage à basse température → préservation du pouvoir germinatif 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Contrôle de la température indispensable pour préserver le pouvoir germinatif
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Eviter les pertes de rendement (prélèvements par les oiseaux, maladies de fin de cycle comme le botrytis, chute de capitules, ...) <li style="padding-left: 20px;">✓ Eviter l'acidification des graines ✓ Eviter la dégradation des conditions de semis de la culture d'hiver suivante (retard de date de semis, tassement) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Risque d'incendie (poussières + dépôts gras) ✓ Risque de sur-séchage : perte de poids, casse et fissuration des graines
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Le séchage permet une récolte précoce pour éviter la baisse de la qualité des graines (augmentation de l'acidité) 	-
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Le séchage permet d'éviter le développement de moisissures et de rancissement (graines très fragiles) 	-
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Séchage à basse température : préservation de la nature de l'amidon du maïs grain et de sa digestibilité pour les animaux <li style="padding-left: 20px;">✓ Meilleure conservation par voie sèche que par voie humide ✓ Le séchage permet une récolte précoce pour éviter la dégradation des conditions de semis de la culture d'hiver suivante (retard de date de semis, tassement) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fort risque de prise en masse : brassage nécessaire ✓ Risque de développement de mycotoxine si séchage trop lent ou non homogène ✓ Risque de casse du grain si sur-séchage ✓ Période de séchage tardive : besoin de chaleur

Equipements et technologies disponibles sur le marché

Les séchoirs à plat sont équipés d'un ou plusieurs ventilateur(s) selon leur nombre de cases et la capacité de séchage requise. Les ventilateurs sont équipés de variateurs de fréquence et peuvent être pilotés par une armoire de régulation / automate de ventilation. Cela permet d'adapter le débit de ventilation aux caractéristiques du lot à sécher (type de produit et quantité) et aux données de l'air (température et humidité relative). En amont du ventilateur, différentes sources de chaleur sont possibles :

■ **Capteur solaire** : Composé d'une double peau (d'une part la couverture et d'autre part des panneaux en OSB rainuré bouveté) il réchauffe l'air sous l'action des rayons du soleil. Le rendement du capteur et donc la quantité de chaleur récupérée varie principalement selon le matériau de couverture utilisé et l'intensité du rayonnement solaire. Des panneaux photovoltaïques peuvent remplacer le bac acier, améliorer le rendement thermique et produire de l'électricité. Attention cependant à ce que l'étanchéité à l'air et à l'eau soit effective. Ce dispositif n'engendre aucun frais de fonctionnement mais est très dépendant de l'ensoleillement.



■ **Déshumidificateur d'air** : Composé d'une batterie froide et d'une batterie chaude, le déshumidificateur d'air assèche et réchauffe successivement l'air. Celui-ci nécessite une conception de bâtiment particulière avec la nécessité de fermer le bâtiment pour recycler l'air en provenance des cases de séchage. Cela entraîne également la mise en place de trappes pour aspirer l'air soit en provenance du capteur solaire, soit en provenance du bâtiment (recyclage).



■ **Générateur d'air chaud au bois déchiqueté** : Se compose d'une trémie de stockage du bois, d'une vis d'incorporation, d'un foyer de combustion et d'un échangeur air/air. L'air en provenance du capteur solaire ou de l'extérieur du séchoir est réchauffé dans le générateur situé à l'extérieur du bâtiment. L'air chaud est refoulé dans le caisson de ventilation en face de l'ouïe du ventilateur. Il est possible d'alimenter le générateur d'air chaud avec des plaquettes de bois produites sur l'exploitation.



■ **Batterie d'eau chaude en provenance d'une chaudière ou d'une unité de méthanisation en co-génération** : Placée devant l'ouïe du ventilateur, l'échangeur air/eau permet de réchauffer l'air en provenance du capteur solaire ou de l'extérieur du séchoir. L'eau chaude circulant dans l'échangeur peut provenir d'une chaudière ou du système de refroidissement du moteur d'une unité de méthanisation en co-génération.



Les bonnes pratiques de construction



■ **Hauteur de toit** : Elle doit être suffisante pour pouvoir benner directement sur le séchoir et pour faciliter la manutention des produits



■ **Plateforme de déchargement** : Prévoir une plateforme propre (béton ou bitume) et idéalement couverte pour faciliter la manutention des produits à l'entrée et à la sortie du séchoir. Ces opérations peuvent avoir lieu sous la pluie, il est essentiel de garder les cellules propres.



■ **Sol** : Les cellules de séchage à plat doivent être carrossables et pouvoir accueillir des poids lourds. La structure doit être prévue à cet effet.

■ **Murs et parois** : Les murs (béton banché ou agglomérés à bancher) doivent être suffisamment solides pour résister à la poussée exercée par les engins de manutention notamment lors de la reprise du produit une fois sec. Il est également recommandé de recouvrir les murs d'OSB pour limiter les ponts thermiques, pouvant créer de la condensation le long des murs. Dans le cas d'un séchoir avec recyclage d'air il est également préconisé d'isoler les parois jusqu'en haut.

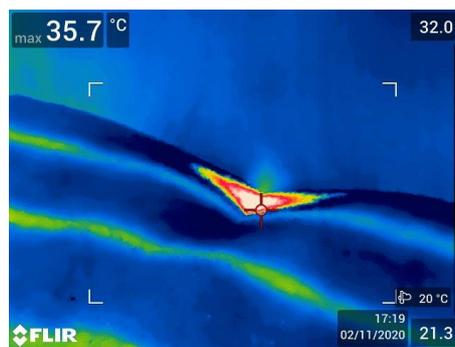
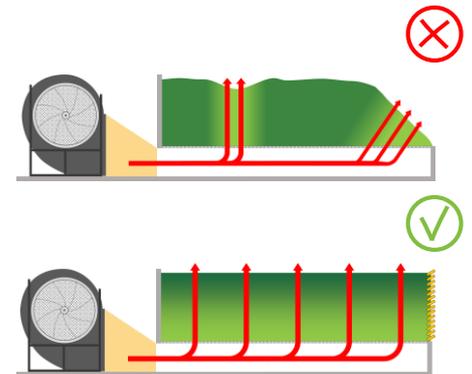


- Gaines de ventilation** : Les gaines de ventilation doivent être suffisamment solides pour ne pas se déformer sous l'effet de la pression de l'air. Elles doivent également être totalement étanches à l'air et isolées pour limiter les déperditions thermiques.
- Entrées d'air dans les cellules** : Prévoir un système d'ouverture/fermeture à l'entrée des cellules pour pouvoir adapter le nombre de cellules voir de de caniveaux ventilé(e)s selon le besoin (registres de ventilation, trappes, ...)
- Maintenance** : Prévoir un accès aux gaines de ventilation ainsi que des trappes de visite pour un nettoyage facile sous les grilles (ex : possibilité d'enlever les grilles en les déboulonnant).

Les bonnes pratiques d'utilisation

Répartition homogène et régulière des produits à sécher

Afin de garantir un séchage homogène du produit, il est indispensable que l'air traverse uniformément le produit à sécher pour éviter les passages d'air préférentiels. Pour cela, celui-ci doit être réparti avec une hauteur et une densité régulière sur l'aire de séchage. Un soin particulier doit être apporté à la régularité de remplissage de la cellule. Il est également recommandé de mettre en place un dispositif d'arrêt du produit au bout de l'air de séchage.



Visualisation à la caméra thermique des passages d'air préférentiels d'une cellule de maïs grain en court de séchage.

Source : SEGRAFO

Dispositif de maintien des céréales de front pour un séchage homogène

Source : SEGRAFO

Brassage du produit

Dans certains cas, le brassage des produits est recommandé. Il présente plusieurs avantages :

- ✓ Nivèlement du tas et donc amélioration de la répartition de l'air dans le produit à sécher,
- ✓ Aération du produit et réduction de la résistance au passage de l'air permettant la réduction de la durée de séchage
- ✓ Obtenir un produit à l'humidité homogène au taux d'humidité recherché pour la commercialisation.

Le brassage peut se faire en transférant le produit d'une case à l'autre par l'intermédiaire d'un télescopique / tracteur chargeur ou idéalement de façon automatique à l'aide d'un remueur à grains sur caisson mobile ou sur cellule à plat.

Le remueur à grains est équipé de vis sans fin parcourant l'intégralité de la surface de la cellule. Les grains du bas (plus sec) et les grains du haut (plus humide) se trouvent mélangés.



Remueur à grain sur aire de séchage à plat

Source : ELREHA



Brasseur sur caisson mobile à double fond

Source : SEGRAFO

SEGRAFO dimensionne votre installation

Notre service

Dimensionner de façon neutre et objective votre future installation de séchage en adéquation avec vos besoins en séchage (céréales, biomasse, ...)

Le contenu

Une étude technique détaillée et chiffrée en deux parties :

✓ Une étude de dimensionnement comprenant :

- Type et quantité de produit à sécher
- Quantité d'eau à extraire
- Dimensionnement de la puissance et du débit d'air du/des ventilateur(s)
- Détermination de la source de chaleur et dimensionnement de sa puissance



✓ Un livret avec l'ensemble des plans de votre futur séchoir :

- Plan de masse,
- Plan général de l'installation,
- Plans vue de dessus et plans vue en coupe avec l'ensemble des éléments du séchoir (gaine de séchage, cases de séchage multi-produits, bloc de ventilation,...)



Le SEGRAFO, association d'éleveurs créée en 2000, réalise la promotion et le développement du séchage de fourrage, de céréales et de biomasse.

Fort de son réseau de plus de 260 exploitations équipées de séchoir en grange, en botte et à plat dans l'Ouest, le SEGRAFO accompagne et forme les porteurs de projet dès le début de leur réflexion. Portes-ouvertes, formations, dimensionnement et conception de séchoirs, nous vous accompagnons tout au long de votre projet.

Avec le soutien de

ADEME



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

Association SEGRAFO
3 rue du Chêne Morand 35 510 CESSON-SEVIGNE
02 30 06 08 36 - segrafo.ouest@gmail.com
www.segrafo.com