



# *Créer un atelier meunerie* dans une ferme en agriculture biologique

Dans un contexte de demande croissante des consommateurs pour des produits transformés "naturels" et locaux d'une part et face au soutien des pouvoirs publics pour des investissements de transformation à la ferme et pour les Projets Alimentaires Territoriaux d'autre part, la transformation des céréales et leur valorisation en circuits courts représente une opportunité majeure pour les agriculteurs et les artisans.

Ce document a pour but de montrer les principaux points à prendre en compte pour la mise en œuvre d'un atelier de mouture dans une ferme pratiquant l'agriculture biologique.



Plus d'informations auprès des animateurs  
Grandes Cultures du Biocivam11  
[axel.wurtz@bio-aude.com](mailto:axel.wurtz@bio-aude.com)

JUILLET 2023



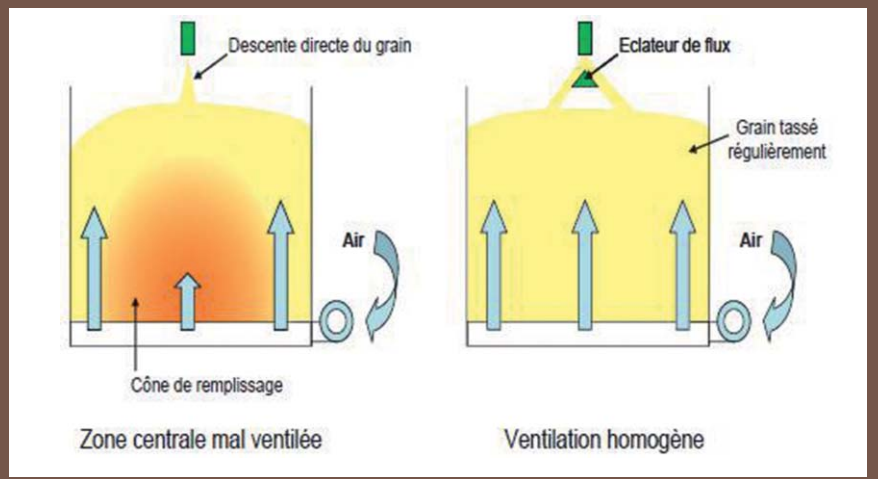


zoom!  
zoom!

## Eclateur de flux

Un éclateur de flux situé à la sortie de la vis de remplissage au-dessus du silo améliore la répartition du grain dans le silo et rend la ventilation et donc le refroidissement plus homogène.

Source schéma : Fiche technique FNAMS/GNIS - Stockage de semences de céréales et protéagineux sur l'exploitation – NTC15 - juin 2007



Les lots stockés en big bag ne peuvent pas être ventilés et sont facilement attaqués par les rongeurs. Les palox et containers étanches et mobiles coûtent relativement cher et servent plutôt à la manutention de lots à volumes restreints.



## Ventilation

Après la récolte, il est nécessaire d'empêcher le départ en fermentation des grains de manière à garantir une bonne qualité de stockage. La température idéale pour la conservation étant de 5 à 7°C, il faut profiter des jours froids et secs (gelées hivernales) pour ventiler les silos.

### Les trois étapes de la ventilation, recommandations théoriques :

- 1 Abaisser le plus vite possible la température du stock à 18°C : On peut pour cela ventiler la nuit, lorsque les températures nocturnes sont inférieures à 20°C.
- 2 A partir de septembre, abaisser la température du stock à 12°C : Il faut ventiler les nuits à températures inférieures à 10° et dès que l'air ambiant est de 7° plus froid que le stock.
- 3 En hiver, abaisser la température du stock à 5° C : En dessous de cette température les insectes amateurs des grains stockés commencent à mourir.

Il est possible de s'équiper d'un thermostat qui met en route le système de ventilation automatiquement dès que la température est suffisamment basse.

Passé la période de premier refroidissement des grains, il ne faut pas ventiler au dessus de 70% d'humidité relative.



## Mycotoxines

Les mycotoxines sont des composés chimiques toxiques ou cancérigènes produits par des champignons. Il y a des risques de contamination par les mycotoxines présentes au champ (DON—Déoxynivalenol- ou Zéaralénones produits par des fusarioses) et celles fabriquées au stockage (Ochratoxines produits par *Aspergillus* et *Penicillium sp.* sur blé, orge et autres céréales ou Aflatoxines produits par *Aspergillus sp.* sur maïs et grains oléagineux).

Les mesures de prévention aux champs (DON et Zéaralénone) sont :

- Alternance des cultures dans la rotation : éviter blé sur blé ou blé sur maïs ou sorgho
- Labour ou autre incorporation de surface efficace des pailles du précédent dans le sol
- Choix de variétés à paille haute et tolérantes aux fusarioses
- Eviter des densités trop importantes
- Eviter la casse des grains à la moisson

Les mesures de prévention au stockage (Aflatoxines et Ochratoxines) sont :

- Bien nettoyer les silos et lieux de stockage
- Ventiler et sécher immédiatement après la récolte
- Eviter la condensation aux parois et sur le haut du tas
- Lutter efficacement contre les insectes du stockage
- Abaisser la température le plus vite possible à moins de 17°C



Un hygromètre mesurant l'humidité de l'air dans la zone de stockage est indispensable







Passage en chambre froide (2-3°C) de tous les lots de grains Ferme des Terres de Solan (09)



## Insectes et ravageurs des stocks

Les insectes que l'on retrouve le plus fréquemment dans les céréales sont les charançons, mais il y en a d'autres (alucités, silvains, capucins, tribolions, teignes des grains...). Tous se développent à des températures entre 12° et 35°C, et cela même si le grain est sec. Par contre leurs fonctions de reproduction sont inhibées en dessous de 12°C et les taux de mortalité augmentent en dessous de 5°C.

### 1/ Méthodes physiques d'élimination des insectes

- Refroidissement : en-dessous de 5°C ou congélation
- Traitement thermique à 55°C pendant 1h30 (attention, uniquement pour de l'alimentaire, car perte de germination)
- Fumigation ou gazage : CO2 en locaux ou silos fermés hermétiquement avec intervention d'un prestataire spécialisé
- Crémation : élimination de 80% des insectes en passant une flamme en sortie de la vis à grain.

### 2/ Méthodes préventives : nettoyage des installations de stockage

- Nettoyer les silos et les installations dès leur vidange du haut vers le bas :
  - Charpente, murs, parois des cellules, intérieurs des gaines de ventilation etc.
  - Brosse et aspirateur. Limiter l'utilisation de souffleries à des recoins inaccessibles car les poussières pouvant contenir des parasites ou leurs œufs ou larves sont ainsi dispersés.
  - Evacuer immédiatement les déchets
- Etanchéifier les rainures, fentes et cavités
- Lutter contre les rongeurs et les oiseaux
- Éventuellement, traiter les locaux vides pour éliminer les insectes avec Badineb® (Pyréthrine et Piperonylbutoxyd) en pulvérisation (interdit en bio pour le traitement du grain mais permis pour celui des locaux vides)
- Pour lutter contre les mites et insectes volant, plusieurs mélanges d'huiles essentielles peuvent aussi être vaporisés (menthe poivrée, clou de girofle, cèdre, lavandin, citronnelle...)
- Installer des pièges aux phéromones qui attirent et piègent les mâles de mites (teignes)

### 3/ Méthodes préventives : traitement des stocks

- **Pirigrain bio** : Extrait liquide de pyrèthre végétal en nébulisation à froid au remplissage des silos à 0,12 L/tonne. La nébulisation est réalisée en général à l'entrée de la vis de remplissage du silo avec un brumisateur qui diffuse le produit à faible dose sous forme de nuage de gouttelettes.
- **Terre de diatomée** : L'effet de la terre de diatomée sur les insectes est physique. Les fragments de roche de diatomées (algues fossilisées) sont tranchants et créent des lésions sur les cuticules des insectes et entraînent leur mort par déshydratation. La poudre doit être mélangée aux grains lors du remplissage des silos. S'il n'y a pas eu de présence d'insectes, on l'utilise à 1 kg/tonne. S'il y a eu présence d'insectes au stockage, on double la dose à 2 kg/tonne de grain. La terre de diatomée en poudrage à 10 g/m<sup>2</sup> peut aussi être utilisée pour le nettoyage des installations (masque type chantier nécessaire à l'application et manipulation). Pour ce qui est des potentiels effets négatifs sur l'homme ou sur les meules, il y a 2 types de terres de diatomées : calcinée et non calcinée. La calcinée est beaucoup plus abrasive. Celle non calcinée peut être ingérée, elle est utilisée alimentaires.

#### Références.

Sur le site de l'ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique), voir les documents de référence sur la thématique du stockage :  
[www.itab.asso.fr/activites/gc-stockage-ref.php](http://www.itab.asso.fr/activites/gc-stockage-ref.php)

en  
savoir  
plus ?

## Etape 3 Le triage



### Triage à la réception : Pré-nettoyeur

Cette étape permet de mettre en silo des grains propres, sans pailles, poussières, sans brisures et sans petits grains. Ces éléments risquent de rendre le tas plus compact en obstruant les interstices entre grains, et peuvent boucher les trous du système de ventilation et empêcher ainsi la circulation de l'air.

Les pré-nettoyeurs sont des outils à très grand débit.

- Pré-nettoyeur circulaire sans grille de triage : pour extraire les déchets légers (enveloppe de grain, brisure...) par aspiration
- Pré-nettoyeur à tambour avec grille de triage : pour extraire des gros déchets (paille, motte de terre...)
- Pré-nettoyeur avec double grille : qui combine à la fois les systèmes d'aspiration et de grilles.



### Triage avant mouture

Pour une production alimentaire, le triage est fait au fur et à mesure de l'usage du grain. Généralement, le débit de triage dépend de la qualité souhaitée : plus le triage est lent, plus il sera qualitatif.

### Nettoyeur-séparateur

Ce trieur aussi appelé séparateur plan, il permet de séparer les grains en fonction de leur taille et de leur poids (granulométrie). Il est muni de grilles plates de différentes tailles de perforation. Certains modèles possèdent aussi des systèmes d'aspiration (à l'entrée et à la sortie) qui permettent d'enlever les particules légères.

Il existe aussi des nettoyeurs séparateurs rotatifs à grilles à inclinaison et vitesse de rotation adaptables (p.ex. nettoyeurs séparateurs rotatifs Marot). Sous réserve de disposer d'une multitude de grilles à perforations de diamètre et de formes variables, ces nettoyeurs séparateurs rotatifs sont remarquablement polyvalents d'utilisation sur tout type de grains, à des débits plus élevés que les appareils à grilles plates, mais ils prennent plus de place et sont moins faciles à manipuler pour récupérer le produit de triage et les déchets.

### Trieur alvéolaire

Le trieur alvéolaire équipé d'une succession de tambours à alvéoles de taille et de formes variables permet de faire un tri plus sélectif que les trieurs à grilles plates ou rotatifs. Les alvéoles du 1<sup>er</sup> tambour ne retiennent pas les grains de blé (ou autre céréale) qui restent au fond du tambour et avancent grâce à la rotation et à l'inclinaison dans le tambour suivant. Le 2<sup>e</sup> tambour est équipé avec des alvéoles qui retiennent les grains de blé et les remontent jusqu'à ce qu'ils tombent par gravité dans le caniveau situé au centre qui les évacue vers l'extérieur de l'appareil. C'est un trieur adapté pour de la semence car il en sort à minima 9 types de grains.

Les exploitations plus spécialisées, qui stockent de grandes quantités, différentes espèces et/ou pratiquent les cultures associées (céréales-légumineuses) peuvent aussi s'équiper de table densimétrique et trieur optique...



Nettoyeur-séparateur de la marque Dupuis Ferme Bio de Factou (09)



Trieur alvéolaire rotatif de type Marot Moulin d'Yvon (11)







## Épierreur

Cet outil joue sur le fait que les cailloux sont plus lourds que les grains de blé et seuls les grains de blé sortent du tableau sous l'action des vibrations.

## Brosse à grains

En bout de chaîne, le broissage permet d'obtenir un nettoyage idéal du blé avant mouture. Le broissage permet de retirer les poussières de la surface du grain, de réduire la teneur en bactéries et mycotoxines, d'éliminer les blés mangés par divers parasites, d'épointer certaines céréales. Il permet aussi d'éliminer plus de 80 % des spores de caries.



## Décortilage

Les grains d'engrain (ou petit épeautre), de grand épeautre, de blé amidonnier, de sarrasin sont entourés d'une bête constituée de glumelles bien soudées entre elles. Pour retirer cette bête, il est nécessaire de procéder à une opération de décortilage. En fonction des modèles, cela peut se faire par passage entre 2 cylindres, par abrasion ou par percussion et frottement. Plusieurs passages peuvent être nécessaires pour arriver à un bon taux de décortilage.

Décortiqueuse d'Engrain et grand épeautre fabriquée par Frescaline (46)

## Formation.

L'Atelier paysan - [www.latelierpaysan.org](http://www.latelierpaysan.org) - propose des plans en libre accès et des formations pour l'autoconstruction d'outils agricoles dont la brosse à blé et l'épierreur. Vous trouverez aussi sur le Forum, des principes d'installation générale d'un atelier de meunerie.

en savoir plus ?



## Etape 4 Le déplacement des grains

- **Le transport vertical** : par élévateur à godets ou vis élévatrice (pente jusqu'à 45%)
- **Le transport horizontal** : par vis en auge (pente jusqu'à 15%) ou sous tube (pente jusqu'à 45%) et par tapis roulant. Grossièrement, on estime qu'une vis de 100 mm de diamètre peut débiter 100 quintaux/h de céréales ; une de 200mm, 200 qt/h...



## Etape 5 La mouture



### La qualité de la mouture

Plusieurs études scientifiques montrent l'importance, d'un point de vue nutritionnel, d'une mouture qui préserve le germe du grain de céréales et son assise protéique (entre le son et l'albumen). Il semble aussi essentiel que la température du grain moulu ne dépasse pas les 37°C afin de préserver les nutriments. Le déplacement de la farine par aspiration aurait aussi pour effet d'oxyder les anti-oxydants (carotéonides) et donc de limiter leurs effets bénéfiques sur la santé.

La mouture sur meules de pierre a la particularité de "poncer" le grain sans le chauffer et non de l'écraser. La vitesse de rotation est lente, ce qui diminue l'échauffement des pierres et limite ainsi le risque de condensation et d'encrassement. Le grain se fait "éplucher" de ses enveloppes sans être brisé. Cela permet d'ouvrir l'assise protéique qui entoure l'albumen/amande. Cette action permet d'incorporer des particules de sons et de germe dans la farine, ce qui l'enrichit nettement en minéraux et micronutriments.

Toutes les substances libérées sont intimement mélangées, y compris le germe, malgré sa consistance légèrement grasse et tenace. Il en résulte une farine intégrale qu'il faudra tamiser pour devenir une farine bise, complète, ou intégrale.

en  
savoir  
plus ?

Pour approfondir le sujet sur la qualité de la farine et du pain, vous référez à la Fiche **Précisions nutritionnelles et techniques pour l'utilisation des farines Flor de Pèira** à télécharger sur le site [www.flordepeira.com](http://www.flordepeira.com)



Moulin de type Astrié  
Minoterie du Pays de Sault (11)



### Les moulins de type « Astrié »

La particularité des moulins dits "de type Astrié" est d'obtenir une séparation du son de l'ensemble germe-amande-assise protéique qui lui est écrasé et mélangé. Ceci sans échauffement ni oxydation de la farine pouvant altérer ses qualités nutritives. Le son est déroulé au maximum sans être brisé, évitant ainsi qu'il reste mélangé par la suite à la farine. Le système inventé par Pierre et André Astrié permet un réglage micrométrique de l'écart entre les meules (grâce à la suspension de la meule courante - celle du dessus). C'est ce qui permet la qualité et la finesse de mouture, pour un taux d'extraction de 80% en un seul passage. L'axe est flottant. Mais la meule courante, lourde est calée par le système de ressort. Les meules doivent être entretenues. Le rhabillage consiste à accentuer les rayons et les stries et remettre en symétrie la meule. Il est à envisager lorsque le rendement de mouture devient mauvais. En fonction de leur usage, il peut être nécessaire de rhabiller les meules entre 50T et 200T de céréales écrasées.

zoom!  
zoom!

### Rendements d'un moulin Astrié.

On considère en généralement un rendement de 80 % pour la mouture de blé. Ces chiffres peuvent varier pour la mouture d'autres céréales.



Rhabillage d'une meule - Moulin de Pomairol (81)

Meule de 50 cm de diamètre :

vitesse de rotation : 180-200 trs/min, rendement : 12 à 18 kg/h

Meule de 100 cm de diamètre :

vitesse de rotation : 100-140 trs/min, rendement : 25 à 45 kg/h

zoom!  
zoom!

### Fabricants de moulins de type Astrié 2017

référéncés à l'Association des Moulins Astrié

› [www.moulinastrie.fr](http://www.moulinastrie.fr)

Simon Cadot, L'Atelier du Moulin, 38390 Charette / Gilles Mailhé, Alpe Moulins, 04340 Meolans-Revel / Samuel Poilâne, Atelier Pais, 22230 Laurenan / Yves Lemasson, Roubercau, 12480 Broquies / Philippe Lauzes, Les Moulins Lauzes, 11000 Carcassonne / Frederic Guiheneuf, Atelier Aster, 56190 Muzillac





## Les moulins de type « du Tyrol »

Les moulins du Tyrol originaux sont de fabrication Autrichienne et la meule est constituée de pierres de Naxos (Grèce) très abrasive, constituée de diverses roches dont le corindon particulièrement dur. Ces pierres sont scellées entre elles par des ciments. D'autres fabricants proposent des moulins du Tyrol avec meules en granit.

Il existe des meules de 30 à 160 cm de diamètre. Toutefois ces types de moulins ont des meules en générale plus petites et plus légères que les Astrié, qui ont tendance à s'écarter, elles sont pour cela fixées à un axe central (arbre non flottant). Elles sont auto-affutantes et ne nécessitent pas d'entretien. Elles sont à changer tous les 30 ans.

Ces meules peuvent être jugées trop abrasives, elles déchiquettent le germe, l'albumen et le son en même temps. Ce qui donne souvent des farines, même après tamisage, plus riches en cellulose et donc plus grises. Par contre, l'abrasivité des meules donne un très bon résultat avec le grain plus dur du petit épeautre. Le système de bluterie est intégré au moulin.



Moulin du Tyrol - Ferme du Salet (11)

## Fabricants de moulins de type du Tyrol 2017

Osttiroler Getreidemuehlen - Autriche, Moulin du Tyrol  
Transferme - vendeur exclusif en France, 71100 Chalon-sur-Saône  
Moulin d'Alma - 26540 Mours-Saint-Eusèbe

**zoom!**  
**zoom!**

Meule de 50 cm de diamètre :

vitesse de rotation : 200-400 trs/min, rendement : 50 à 80 kg/h

Meule de 100 cm de diamètre :

vitesse de rotation : 200-250 trs/min, rendement : 140 à 200 kg/h



## Autres types de moulins

### Moulin « Samap », meule de pierre

Ce moulin fabriqué en Alsace est aussi en pierres reconstituées (corindons et Naxos), liés par un ciment magnésien naturel. Les meules sont incurvées et auto-affutables prévues pour durer sans retailage. Les modèles peuvent aller de 20 à 35 cm de diamètre, avec des rendements de 60 à 150 Kg/h en fonction du moteur et de la finesse de mouture souhaitée.

Malgré des tours/minutes élevés (2850 tours/min), la farine ne chauffe pas grâce au système de refroidissement des meules et de la chambre de mouture par un ventilateur. La farine est éjectée par l'air dans un sac meunier, la poussière est séparée grâce à un système de filtres.

La finesse de mouture est contrôlée par un pas de vis de haute précision sur la meule. Le débit est contrôlé grâce un ampèremètre. Attention, le blutage est dissocié du moulin.

### En complément.

**zoom!**  
**zoom!**

Il existe aussi un modèle de moulin à cylindres, adapté à la transformation à la ferme, fabriqué par la société Treffler. Pour des raisons de qualité nutritionnelle de la farine (voir point ci-dessus), l'Association Flor de Pèira préconise la mouture sur meules de pierre.



Moulin Samap - Ferme bio de Factou (09)

**Fabricant** Samap Ecosystème (68000 Colmar)





## L'hydratation du grain avant mouture

L'hydratation du grain juste avant la mouture peut faciliter l'écrasement. Il est conseillé d'humidifier le blé afin de dérouler le son au maximum et de conserver l'assise protéique présente juste sous le son. L'humidification des céréales doit être suivie d'une période de repos d'environ 12 h en fonction de la dureté de la céréale.

Cette étape n'est pas systématique. Au-delà du taux d'humidité, le taux de rendement de la mouture et la présence de particules de son dans la farine pourront vous orienter sur la nécessité d'hydrater ou pas le grain.



## La bluterie

Le système de bluterie permet de dissocier la farine des issues après mouture. Le type de farine (le T), correspond au taux de cendre dans la farine, et est issu des processus industriels de transformation meunière.

Le choix du tamis détermine le niveau d'extraction et la granulométrie de la farine. Plus la maille du tamis est grande, plus le type de la farine (le T) sera élevé. Plus on tamise, plus la proportion d'amidon augmente, plus la proportion de protéines, de lipides et de minéraux diminue.

Un tamis rotatif sépare le son de la farine (vitesse de rotation de 45 trs/min le plus souvent). Il peut être intéressant que la pente soit réglable pour accélérer ou diminuer le débit.

Une bouche d'aspiration dans le système de bluterie permet :

- d'éviter le colmatage du tamis (+ taquets intérieurs sur les modèles Astrié)
- de faciliter l'extraction de la farine du tamis, par dépression
- de contribuer à limiter l'échauffement des meules et de la farine, limitant ainsi son oxydation
- de limiter voir d'annuler toute émanation de farines en dehors du moulin et du blutoir.

**zoom**  
**zoom**

### Conseil d'hydratation.

Arroser 25 kg de blé avec 0.5 L d'eau de qualité. Brasser la céréale pour uniformiser la pellicule d'eau sur toute la surface du grain. Laisser le grain imbiber l'eau (12 à 24h pour meules en fonction de la fraîcheur du grain ; 24 à 48 h pour cylindres).

### Système de bluterie Tyrol.

Ce type de moulins propose un système de 3 tamis suivis qui permettent de sortir de la farine, de la semoule et du petit son. Le son est évacué sur le côté. La semoule produite, si elle est de blé dur, convient pour la fabrication de pâte. Plusieurs paysans-meuniers réfléchissent à des systèmes pour extraire les particules de sons de la semoule afin de la rendre plus blanche. Le rendement en un passage pour de la semoule est de 50%, pour augmenter ce taux, un deuxième passage est recommandé.



Rampe de remplissage  
Minoterie du Pays de Sault (11)



## La rampe de remplissage

Dans le cas des moulins du Tyrol, l'ensachage se fait directement sous les tamis. Pour les moulins de type Astrié, une vis d'Archimède se trouve dans le fond du coffrage de bluterie pour mélanger la farine tamisée et l'acheminer vers un ou des sacs. La vis est équipée d'un système d'arrêt automatique quand les sacs sont pleins (vis pleine aussi).



## L'ensachage

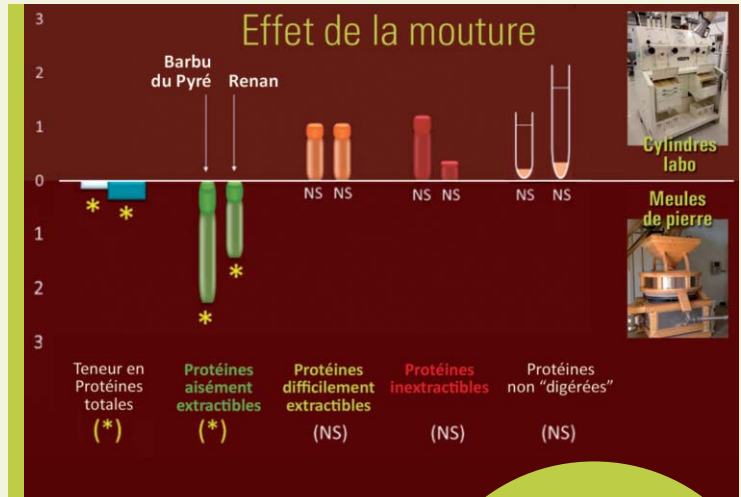
Si l'ensachage en sac de 25 Kg peut se faire directement à la sortie du moulin, l'ensachage en petit volume (1 Kg et 5 Kg) est une opération manuelle délicate et couteuse en temps. Certains fabricants proposent quelques modèles pour les petits volumes semi-automatisés. Sur le Forum de l'Atelier paysan, vous trouverez aussi quelques idées ingénieuses. Les couseuses sont pratiques et permettent une bonne fermeture des sacs mais pèsent lourd : environ 3 Kg. Il est conseillé de les monter sur des systèmes de ressorts et contre-poids.



## Impacts de la mouture sur la qualité de la farine

Dans le cadre du projet de recherche participative *Gluten, Mythe ou Réalité* (INRAE – Biocivam11), différents facteurs et variables de la confection de pains ont été testés indépendamment pour étudier leurs influences sur la digestibilité. Pour la première transformation du blé (meunerie), sont comparées les moutures au même taux d'extraction, avec une meule de pierre (type astrié), et avec un moulin à cylindre (de laboratoire).

Les résultats montrent que la farine moulue sur meules de pierre présente une teneur en protéines totale, et une fraction de protéines aisément extractibles, significativement plus élevée. Elle serait donc de meilleure qualité nutritive et plus digeste.



## Annexe technique sur la caractérisation des farines

### Comment caractériser la qualité d'une farine ?

Les facteurs d'influence sur la qualité de la farine sont variés, et dépendent évidemment des facteurs de production des céréales en amont (cf. schéma). La multiplicité de ces facteurs et des pratiques explique la diversité et les différences majeures entre plusieurs farines. Les caractéristiques d'une farine traduisent la qualité nutritionnelle du produit, mais aussi sa qualité "boulangère" (technologique) et sanitaire.

en savoir plus ?  
Retrouvez tous les résultats du projet "Gluten, Mythe ou Réalité" à la page du projet sur [www.bio-aude.com](http://www.bio-aude.com)

### ÉTAPES DE FABRICATION

**Culture**  
Espèce et variété céréales  
Localisation  
Terroir  
Partiques agricoles  
Itinéraires techniques  
etc.

**Triage / Stockage**  
Type et qualité du triage  
Temps de stockage et conditions  
Passage ou non à la brosse à blé  
Taux d'humidité du grain à mouliner  
Taux d'humidité des grains  
etc.

**Mouture**  
Mouture meule ou cylindre  
Type de moulin  
Rendement mouture et grains hulinifés ou non  
Capacité de production  
Taille des meules  
Farine ou semoule ?  
Type de farine (bise ou T...)  
et taille de tamis (µm)  
Recyclage des issues ?  
Utilisation d'additifs ou autre ingrédient  
etc.

**Panification**  
Lieu panif (paramètres contrôlés ?)  
Type de fermentation (levain, levure ?)  
Type de pétrissage (manuel, méca.)  
Type de pétrin  
Temps de pointage (h)  
Type de division (manuel, méca.)  
Façonnage (manuel, méca.)  
Temps d'apprêt (h)  
Panification directe ou indirecte (passage au froid ?)  
Type de four (bois, électrique, etc.)  
Paramètres de cuisson (temps h, température °C et humidité %)



### PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

#### Analyses grains

Vitrosité / Dureté  
Teneur en minéraux  
Teneur en amidon total  
Teneur en protéines  
Profil des protéines  
Teneur en acide phytique  
Teneur en mycotoxines

#### Analyses farines / semoules

Granulométrie  
Alvéographe de Chopin  
Teneur en minéraux  
Teneur en amidon total  
Teneur en protéines  
Profil des protéines  
Teneur en amidon endommagé  
Teneur en acide phytique  
Teneur en mycotoxines

#### Analyses sons

Teneur en minéraux  
Teneur en amidon total  
Teneur en protéines  
Teneur en acide phytique

#### Analyses produits

Analyses sensorielles  
Analyses texture  
Analyses nutritionnelles  
Profil des protéines  
Teneur en mycotoxines

Basé sur la fiche technique "Caractérisation physique et chimique des produits des filières céréales", projet ActivaBlé, Lucille Gey



## Petit glossaire technique

Basé sur l'ouvrage "Glossaire des savoirs - La panification au levain naturel", issu du projet Bakery

**Les acides phytiques.** Composés entre autres de phosphore, ils fixent certains minéraux (cuivre, fer, zinc). Ces liaisons sont indigestibles et appauvrissent nutritionnellement un produit. Environ 80% de l'acide phytique se trouve dans les sons (en particulier dans la couche aleurone), donc plus une farine est complète, plus elle contiendra d'acide phytique. Les liaisons acides phytiques/minéraux peuvent être rompues durant une fermentation (notamment à base de levain), rendant les minéraux à nouveau biodisponibles pour l'organisme.

**Les minéraux.** Le taux de minéraux et oligo-éléments (Ca, P, Mg, K, Na, Cl, S, Cu, Co, Fe, Mn, Zn et Se), aussi appelé taux de cendres d'une farine, est quantifié par pesée de la matière restante après calcination à plus de 600°C. Il traduit son degré de raffinement parfois traduit par le « type » (T80, 110 etc.). En effet, les minéraux sont principalement localisés dans les enveloppes du grain (sons). Une fraction de cendres supérieure à 0,80 % est caractéristique d'une farine semi-complète, supérieure à 1,00 % pour une farine complète et au delà de 1,50% pour une farine intégrale. Les différents éléments peuvent être quantifiés individuellement après calcination par des méthodes de spectrophotométrie.

**L'amidon.** Un sucre complexe, composant majoritaire d'une farine de blé, et l'un des plus importants en raison de son pouvoir gélifiant, viscosifiant et fixateur d'eau. L'amidon va gonfler lors de son hydratation et entrer en jeu dans la formation de la pâte obtenue avec un réseau de protéine (le gluten) qui se forme autour des molécules d'amidon. De plus à une certaine température (à 55-65°C), l'amidon va gélatiniser et donner une texture particulière à la pâte. Il représente également une source d'énergie pour les microorganismes qui vont entrer en jeu au cours de la fermentation.

**L'amidon endommagé.** Au cours du fractionnement des grains de céréales, les opérations mécaniques du procédé de mouture peuvent altérer ou endommager une petite partie des granules d'amidon présents dans l'amande du grain. La teneur en amidon endommagé constitue un critère important d'appréciation de la qualité des farines car cette teneur va impacter leur capacité d'absorption d'eau, générer plus ou moins des phénomènes de collant, ou encore influencer la coloration de la croûte.

**Les protéines.** Les protéines sont des chaînes de molécules élémentaires appelées « acides aminés ». La nature de ces acides aminés, leur configuration et les divers types de liaisons donnent aux protéines des propriétés physiques, fonctionnelles et nutritionnelles variées. Elles forment entre autres le gluten lors de leur hydratation et sous l'effet d'un apport mécanique (pétrissage).

Les familles de protéines sont classés suivant leurs poids moléculaires et leur solubilité en quatre groupes : les albumines, les globulines, les prolamines ou gliadines, les glutélines ou gluténines. Les fractions protéiques sont parfois classées de F1 à F5 (de la plus grosse à la plus petite), séparées des fractions inextractibles (Fi), et des polymères de gluténine (UPP). Les polymères de gluténine sont particulièrement important pour la création du réseau de gluten, et donc la « force » boulangère de la farine.

**La granulométrie.** La taille des particules composant une farine. Elle est souvent exprimée sous forme de taille maximale des particules pour une partie de l'échantillon (10 %, 50 %, et 90%).

**Les propriétés mécaniques d'une farine, mesurés par l'alvéographe de Chopin.** Il mesure la résistance à l'extension d'une pâte faite de farine et d'eau afin de prédire la qualité boulangère, aussi appelée « force » de la farine. Le test consiste à produire un pâton qui, sous l'action d'une pression due à un flux d'air, se déforme en une bulle. Ce mode d'extension reproduit la déformation de la pâte sous l'influence de la poussée du gaz carbonique lors de la fermentation. Dans cette méthode, le pâton d'épaisseur définie, préparé dans des conditions spécifiées est expansé par pression d'air en une bulle jusqu'à la rupture.

**Mycotoxines.** Les mycotoxines sont des substances chimiques sécrétées par des champignons parasites infestant les céréales (par exemple les fusarium). Ces substances ont un pouvoir toxique et peuvent provoquer des troubles plus ou moins sévères chez les animaux et chez l'homme. Un seuil à ne pas dépasser pour les récoltes destinées à l'alimentation a été établi ce qui justifie la quantification des mycotoxines dans les grains et les produits céréaliers. Chez le blé, la principale famille de mycotoxine est celle des trichothécènes du groupe B à laquelle appartient le déoxynivalénol et ses dérivés, le nivalénol et la fusarénone X. Différentes méthodes existent pour la doser. Les limites de détection les plus basses sont voisines du  $\mu\text{g/kg}$ . Le niveau maximum toléré pour des farines de blé tendre est de 750  $\mu\text{g/kg}$ .

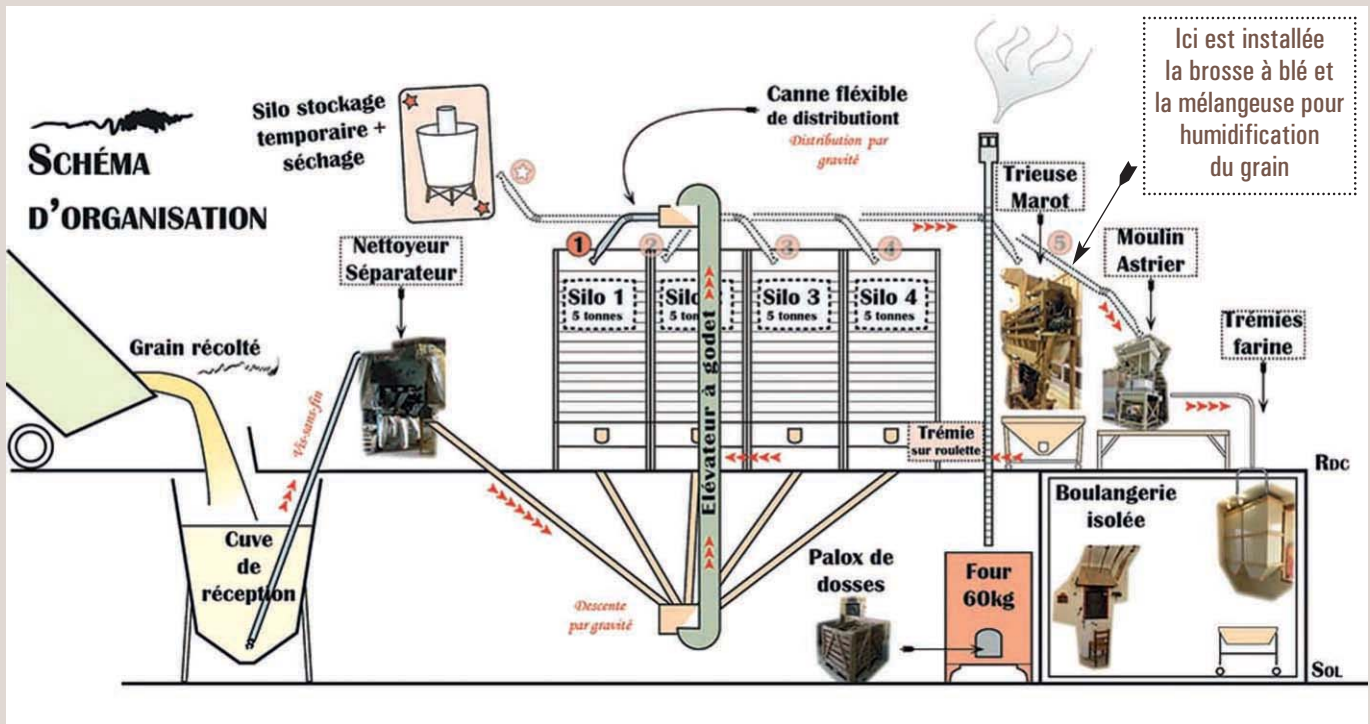


# Installation générale

Lors de la conception d'un atelier de mouture, il est important de réfléchir l'acheminement du grain au moulin. En fonction des volumes, le grain est généralement amené manuellement, par gravité, soit par vis sans fin, soit par aspiration. Plus généralement, tout ce qui allège la manutention dans l'atelier de mouture doit être sérieusement pris en considération.

Dans une installation idéale, et particulièrement si le lieu est fermé, il est bien aussi de prévoir un système d'aspiration centralisé des poussières, de type Cyclone, auquel seraient reliées les différentes machines avec un bac de récupération des poussières. L'inhalation répétée de poussières de farines peut provoquer des gênes respiratoires, des allergies et le développement d'asthme, il est donc conseillé de se protéger avec des masques de protection respiratoire.

Si vous raccordez vos différentes machines, il faudra s'assurer de la concordance des débits des machines et des vis. Enfin, pensez aussi à la gestion et au stockage des déchets de tri et de mouture.



Exemple d'un atelier de meunerie - Source : Thomas Brouillard / Atelier Paysan - <http://forum.latelierpaysan.org/post4752.html>

## Investissements - ordres de grandeur

Les coûts, particulièrement de stockage et triage peuvent être très variables d'une ferme à une autre, en fonction des situations, besoins etc. Aussi, cette analyse ne prend pas en compte les équipements déjà présents sur la ferme. Les investissements sont donnés pour du matériel neuf ; l'achat de matériel d'occasion est également à envisager.

La mutualisation des outils à l'usage ponctuel mérite d'être considérée. Le tri ou la mouture à façon peut également permettre un complément d'amortissement. Enfin, le passage par une prestation pour le triage et/ou la mouture peut être plus intéressant suivant le modèle de l'activité et les outils disponibles localement.

Voici un ordre de grandeur de prix pour quelques investissements nécessaires à l'installation de l'atelier de meunerie, le triage et le stockage des grains sur place, pour une ferme à échelle paysanne transformant au maximum 35 T de céréales par an, avec un rendement de mouture de 75%, soit une production de 26,25 T de farine par an.

### Réglementation

**zoom!**  
**zoom!**

Le plafond pour la dérogation "petit moulin", pour un atelier de mouture à la ferme est de 35 T de blé et/ou de seigle écrasé.

Pour plus d'informations concernant la réglementation en vigueur sur l'activité de meunerie, consulter la fiche "Réglementations affectant l'activité de meunerie à la ferme", disponible sur [www.cerealocales.org](http://www.cerealocales.org)





## Investissements pour un atelier de meunerie

### Moulin

- Moulin de type Astrié 50 cm, sans options : à partir de 10 000 €
- Moulin type Astrié 50cm avec bluterie et système d'ensachage : à partir de 13 000 €
- Moulin type Tyrol : de 6 500 à 8 500 € pour un moulin Ø 50 cm, environ 9 000 € pour Ø 70 cm.
- Moulins SAMAP : de 4 700 à 6 500 € TTC

### Système d'humidification des grains

- Testeur d'humidité : à partir de 250 €
- Bétonnière pour humidifier uniformément : à partir de 200 €
- Hygromètre : moins de 50€

### Optionnel : pour transformation d'autres céréales

- Décortiqueuse : environ 3 000 €

### Conditionnement

- Balance plateau qui permettra de peser les sacs de 25 kg à la sortie du moulin : à partir de 500 €
- Couseuse : à partir de 500 €

### Stockage / triage

- Silos : environ 35 € par tonne de capacité de stockage, soit pour 35 tonnes 1 225 €
- Ventilateur cellules : environ 1 200 €
- Vis de reprise 5 - 10 m : environ 3000 €
- Élévateur a godet : environ 2 500 €
- Nettoyeur cyclone : environ 1200 €
- Trieur, séparateur, tarare, trieur alvéolaire, etc : à partir de 10 000€
- Optionnel : Brosse à blé : environ 5 000 €



## Estimations d'amortissements pour la création d'un atelier

- On peut estimer que l'investissement pour l'équipement complet pour un atelier de mouture (moulin + conditionnement), **serait d'environ 15 000 €, soit 1 500 €/an amortis sur 10 ans.**

- On peut estimer l'investissement pour les équipements de triage et stockage de 40 T de grains **serait d'environ 20 000 €, soit 1 330 €/an amortis sur 15 ans.** Cette base sera utilisée pour la suite de l'analyse économique.

*En comparaison, un triage au séparateur externalisé, réalisé par une entreprise spécialisée revient à environ 100 €/T de blé, soit 3 500 € pour 35 T de grains. Ce coût peut varier en fonction du volume à trier, du niveau de performance demandé, de l'opérateur prestataire, OS, CUMA...*

**à savoir**  
En pratique, l'amortissement peut être bien plus rapide suivant l'installation, les volumes et les canaux de commercialisation.



# Analyse économique

Pour une production de farine de blés anciens en Agriculture Biologique



## Coûts de production moyens du blé

Charges mécanisation	forfait	500 €/ha
Charges Semences fermières	forfait	100 €/ha
Charges Fertilisation	N'oubliez pas d'inclure vos coûts de fertilisation si nécessaire (intrants azotés bio, amendements, précédents culturaux...)	0 €/ha
Autres charges de structures	Foncier moyen 150 €/ha (équivalent prix du fermage, suivant la zone)	150 €/ha
	Cotisation sociale forfait 80 €/ha	80 €/ha
	Moyenne charges diverses	120 €/ha
<b>Coût production par ha de blé</b>		<b>950 €/ha</b>
<b>Coût production Blé bio €/kg :</b>		
- Pour un rendement de 15 Qt/ha		0,63 €/kg
- Pour un rendement de 20 Qt/ha		0,47 €/kg



## Coût de production de la farine

Stockage et triage	Amortissement des investissements	0,044 €/kg
Transformation des grains	Amortissement investissement atelier de mouture : 1 500 €	0,05 €/kg
	Frais d'électricité pour le fonctionnement du moulin	0,04 €/kg
Frais d'ensachage	pour un sac kraft d'une capacité de 25 kg, prévoir 0,76 €/sac	0,03 €/kg
<b>Total des coûts de stockage, triage, meunerie et conditionnement</b>		<b>0,164 €/kg</b>
<b>Coût total de production de farine =</b> Coût production du blé /rendement du moulin + Coûts de tri, stockage, transformation et conditionnement		
- Pour un rendement de 15 Qt/ha : 0,63/0,75 + 0,164 =		1,004 €/kg
- Pour un rendement de 20 Qt/ha : 0,49/0,75 + 0,164 =		0,817 €/kg





## Vente et résultats

Prix de vente moyens	Prix de marché approximatif grain (variétés anciennes) :	700 €/T
	Prix vente des issus de triage (son et triage) :	300 €/T
	Prix vente farine :	1500 €/T
Marge brute <i>ATTENTION : Calculs sans valorisation de la main d'œuvre (propre ou embauche extérieure)</i>	<b>Pour un rendement de 15 Qt/ha</b>	
	- Marge /kg sur la vente du grain : prix de vente – coûts de production =	<b>0,07 €/kg</b>
	- Marge /kg sur la vente de farine et du son : prix vente farine/kg + 0,33	
	* prix vente son/kg – coûts production =	<b>0,595 €/kg</b>
	<b>Pour un rendement de 20 Qt/ha</b>	
	- Marge /kg sur la vente du grain : prix de vente – coûts de production =	<b>0,23 €/kg</b>
- Marge /kg sur la vente de farine et du son : prix vente farine/kg + 0,33		
	* prix vente son/kg – coûts production =	<b>0,782 €/kg</b>

*Ne pas oublier de prendre en compte son temps de travail !*

### Les avantages de la vente en circuits courts ou vente directe

Lors de la conception d'une activité de transformation, il est important de prendre en compte le modèle de filière dans lequel l'on veut s'insérer. Voir le guide "Grandes Cultures : Développer son activité en filières de proximité", disponible sur le site [www.cerealocales.org](http://www.cerealocales.org).

La commercialisation, individuelle ou collective fait partie de ce modèle. Les ventes en circuits courts garantissent une traçabilité pour le client, un apport régulier en trésorerie, et l'intégration dans un réseau d'acteurs locaux. Il est plus facile de maîtriser ses prix, en connaissant toute la chaîne de valeur du produit à partir du champs.

**zoom!**  
**zoom!**





La marque collective  
*Flor de Pèira*®,  
*farines bio sur meules de pierre*



FLOR DE  
PÈIRA

Depuis 2011, des agriculteurs et des meuniers d'Occitanie se sont associés pour proposer aux boulangers bio et aux consommateurs des farines biologiques régionales issues de moutures sur meule de pierre et sans aucun additifs ni améliorants. Les farines valorisées sous la marque Flor de Pèira sont des farines de blé tendre variétés inscrites ou variétés de pays, petit épeautre, blé dur, sarrasin, seigle... La marque est basée sur un cahier des charges dont le respect est assurée par un Système Participatif de Garantie qui consiste en des enquêtes sur site par les autres professionnels de la filière et des consommateurs. L'utilisation de la marque est donc réglementée et contrôlée. Les agriculteurs et transformateurs qui souhaiteraient participer à cette dynamique collective peuvent prendre contact avec l'association.

[www.flordepeira.com](http://www.flordepeira.com)

en  
savoir  
plus ?

*“Créer un atelier meunerie dans une ferme en agriculture biologique”*

Rédaction : Kristel Moinet - Biocivam 11 et Max Haefliger - Biocivam 11

Nous remercions nos relecteurs : Philippe et Marie Lauzes - Moulins Lauzes, les paysans-meuniers du collectif Flor de Peira, Daniel Coutarel - Association Moulin Astrié, Timothée Herviaut - INRAE, Lucile Gey - INRAE, Axel Wurtz - Biocivam 11 pour leurs conseils avisés.

Responsable de publication : Biocivam11

Financeurs : la Région Occitanie.

En remerciant la participation de l'INRAE rendue possible grâce au projet ActivaBlé financé par la Région Occitanie.

