Fabriquer des pâtes

Dans une ferme en agriculture biologique

De plus en plus d'agriculteurs se demandent comment mieux valoriser leurs céréales et se posent la question de la transformation à la ferme. De plus en plus d'artisans souhaitent relocaliser leurs approvisionnements et travailler en direct avec des agriculteurs producteurs de céréales.
La demande en pâtes artisanales bio est aussi en croissance. Ce document a pour objectif de donner quelques éléments clefs pour la conception et la mise en place d'un atelier de transformation et de conditionnement de pâtes à petite échelle.

Plus d'informations auprès des animateurs
Grandes Cultures bio du GAB 65 et Biocivam 11

JUIN 2021

1 La matière première

Il est possible de fabriquer des “pâtes” avec différentes matières premières :
- tant pour les espèces utilisées : blé dur, blé poulard, blé tendre, autres céréales, légumes secs… ;
- que pour les granulométries des produits de mouture : farine, semoulette, semoule.

zoom zoom!

Une appellation « pâtes » réglementée.

On définit les pâtes comme étant produites à partir de semoule de blé dur uniquement. La législation française précise que *“seuls peuvent porter la dénomination “pâtes alimentaires” les produits prêts à l'emploi culinaire, préparés par pétrissage, sans fermentation de semoule de blé dur additionnée d'eau potable et soumise à des traitements physiques appropriés tels que tréfilage, laminage, séchage, leur donnant l'aspect consacré par les usagers.”* (Décret n°55 – 1175 Article 1 du 31 aout 1955).

Comme la semoule est compliquée à obtenir de manière artisanale, l’appellation “pâte” semble a priori réservée à l’industrie. Pour contourner ce problème technique et réglementaire, les producteurs artisanaux utilisent en général le nom de la forme de la pâte sur leurs étiquettes (fusilli, spaghetti, coquillette, etc.)

Le blé dur, une culture exigeante et sensible

Le blé dur est un blé aux grands épis barbus facilement reconnaissables et cultivé pour son grain dur et vitreux. Il est génétiquement différent du blé tendre. La qualité des récoltes est souvent meilleure sur les parcelles à faibles et moyens rendements que sur les parcelles à forts potentiels de rendement. En effet, avec un rendement agronomique faible, les protéines se concentrent dans une quantité moindre de grain, la teneur en protéine est alors plus élevée, et on obtient moins de mitadin.

Le blé dur talle moins que son cousin le blé tendre. Pour le semis, le sol doit donc être propre et sans repousse de graminées. Le pouvoir couvrant plus faible du blé dur nécessite une meilleure gestion agronomique surtout en bio, sans quoi il est facilement concurrencé par les adventices. L’expérience montre ainsi que semer des variétés paysannes de blé dur avec quelques grains de blé tendre, même en quantité minime, entraîne en quelques années le remplacement progressif du blé dur qui talle moins.

Un blé dur est plus exigeant en azote qu’un blé tendre, il doit donc préférentiellement être placé derrière une légumineuse afin de bénéficier de ses reliquats. Le blé dur se plaît en rotation avec des luzernes, avec des semis plus denses que le blé tendre : 180 à 200kg / ha environ. Pour limiter les risques de mitadinage, souvent liés à une carence en azote, il peut être judicieux d’apporter du fumier ou du compost un peu avant les semis.
Plus sensible que le blé tendre aux variations climatiques et à l’hydromorphie, il est cultivé principalement sur le pourtour méditerranéen. Il supporte en général bien les semis tardifs jusqu’à mi-décembre.

zoom zoom!

La famille des blés.

Le blé dur ou Triticum turgidum L. subsp durum est tetraploïde (4 chromosomes AABB) de même que le blé Poulard Triticum Turgidum L. subsp turgidum, duquel il est très proche génétiquement. Au contraire, le blé tendre Triticum aestivum est hexaploïde (6 chromosomes AABBCC), ce sont donc des espèces distinctes.

Des taux de protéines plus élevés chez le blé dur que chez le blé tendre

De manière générale, les blés durs ont un taux de protéines supérieur à celui des blés tendres. Plus la teneur en protéine est élevée, plus la vitrosité du grain de blé dur sera forte, et le rendement en semoule élevé. Une teneur en protéine élevée des grains est associée, par ailleurs, à une teneur élevée en matières minérales (cendres) dans la semoule, et une teneur élevée en gluten dans la pâte. En 2021 la moyenne nationale des taux de protéines des blés durs se situe à 15%[1]. Les seuils d’acceptation concernant les protéines du blé dur varient selon les filières et les organismes transformateurs.

1. FranceAgrimer 2021

Le mitadinage du blé dur

Un grain peut mitadiner si l'apport en azote au cours de sa croissance n'est pas suffisant. Dans ce cas, la synthèse protéique du grain n'est pas aboutie et les grains deviennent blanchâtres au lieu d'être vitreux. Parfois le grain a synthétisé correctement les protéines, mais une pluie de fin de cycle (quelques jours avant la récolte) peut modifier sa texture. Le grain se gorge d'eau et gonfle. En séchant, il ne retrouvera jamais sa dureté initiale. Dans ces deux cas, les grains de blé perdent en dureté, ce qui modifie leur comportement dans le moulin et fait chuter le rendement en semoule au profit de la farine. Lors de la mouture sur moulin à cylindres, un blé dur non mitadiné produit en moyenne 62% de semoule, 10% de farine et près de 30% de rejets de mouture (sons).
A titre d'exemple, en 2019, tous modes de culture confondus, le taux de vitrosité moyen en France était de 89 % et le taux protéique moyen de 14%[2].

Au dessus le grain vitreux (normal) et dessous entièrement mitadiné

Peu de blés durs adaptés à la production en bio

Nous l'avons vu, le blé dur n'est donc pas adapté à tous les milieux et est sensible aux précipitations. Ainsi, même si la production artisanale est plus tolérante à une irrégularité de la matière première, il est toujours intéressant et judicieux de cultiver des variétés adaptées à leur milieu.
Historiquement, la culture du blé dur a commencé dans les années 1950 en France avec l'importation de blés durs algériens comme la variété "Bidi 17". Cette variété a d'abord été largement cultivée dans le Gard et l'Hérault. C'est un blé dur qui craint très peu la sécheresse et qui verse peu, mais il donne une mouture un peu grise et un goût typé.
À ce jour, il existe peu de blés durs bien adaptés à l'agriculture biologique parmi les variétés modernes (éventuellement Surmesur, Atoudur, Casteldoux[3]...). INRAE, le Biocivam de l'Aude et des agriculteurs bio ont travaillé plusieurs années à la sélection d'une variété : la "LA1823" d'une couleur plus jaune et qui garde des taux de protéines plus élevés même sur des terres moins riches (mais avec des rendements plus faibles).
Dernièrement, la variété "Senatore Cappelli" attire les transformateurs artisanaux de pâte : une variété sicilienne créée en 1915 et qui a fait la réputation des pâtes artisanales italiennes par son goût emblématique. Cette variété est relativement bien adaptée à l'agriculture biologique.

D'autres espèces et variétés pour faire des pâtes en bio

Quand la culture du blé dur n'est pas possible à cause du terroir (pluies tardives et mitadinage) ou de la disponibilité en variétés adaptées à cette zone, il est possible de fabriquer des pâtes artisanales à partir de farines d'autres espèces :

- **Blés poulards :** proche parent du blé dur, ils sont une excellente alternative aux blés durs car moins sensibles au mitadinage (en particulier le poulard d'Auvergne, mais il y en a d'autres, comme le poulard d'Australie, la pétanielle noire de Nice, etc.).
- **Blés amidonniers :** une des plus anciennes céréales cultivées connues, parent du blé dur. Cette variété rustique revient aujourd'hui à être produite, notamment en Suisse. L'amidonnier noir ou rouge ont un fort taux d'amidon et de fortes teneurs en minéraux, ils sont bien adaptés à la confection de pâtes.
- **Petit épeautre :** le petit épeautre est également apprécié dans la fabrication de pâtes artisanales, la variété "IGP Haute Provence" étant la plus utilisée. Il donne une couleur foncée aux pâtes et un goût prononcé de céréales.
- **Blé tendre :** différentes variétés de blés tendres peuvent être utilisées sous forme de farines. La consistance des pâtes sera différente. Le blé tendre est plus utilisé pour fabriquer des pâtes fraîches.
- **Les légumineuses et autres céréales :** il est tout à fait possible d'utiliser des légumineuses comme les lentilles ou les pois chiches pour faire des pâtes, de même que du sarrasin ou encore du sorgho. Cependant, les légumineuses doivent être réduites en farine et tamisées pour éviter d'endommager la filière de l'extrudeuse.

2. https://www.arvalis-infos.fr/ble-dur-2019-une-qualite-tres-satisfaisante-@/view-23084-arvarticle.html
3. Résultats moyens sur 4 ans des 4 sites d'essais Arvalis 2020

2 La fabrication de semoule ou de farine

zoom zoom!

Pour plus de détail sur cette partie, se référer à la fiche "Créer son atelier de meunerie dans une ferme en agriculture biologique"

Le tri et le nettoyage du grain

Il est indispensable d'avoir du grain le plus propre possible (exempt de petit caillou par exemple) avant de l'introduire dans le moulin. Il faut aussi être particulièrement vigilants aux grains contaminés par des champignons (fusariose, carie...). Dès la première étape du processus de transformation il faut être sûr que les matières premières sont saines et exemptes de mycotoxines. En effet, thermorésistantes, elles ne seraient pas éliminées au cours du procédé de fabrication, et se retrouveraient ainsi dans les produits finis.

Le mouillage des grains avant mouture

Si l'humidité du grain doit être rapidement abaissée après récolte pour une meilleure conservation, le réhydrater entre 15 et 17% d'humidité avant mouture permet d'augmenter le rendement en semoule et en farine par rapport à un grain sec.

Pratique courante dans les moulins industriels, cette pratique peu onéreuse et efficace est pourtant peu utilisée par les paysans-meuniers. À une échelle artisanale, on peut simplement utiliser une "blétonnière" pour mouiller son grain. Cependant il sera important de connaître l'humidité du grain avant de le mouiller afin d'adapter la quantité d'eau à rajouter. Il existe pour cela des testeurs d'humidité portatifs, facilement utilisables.

"Il a été constaté empiriquement que deux mouillages consécutifs de 24 h chacun avec 48 h de pause au milieu permettraient ainsi de gagner au total 4% d'humidité et de gagner environ 10% de rendement en semoule et farine."

Des pâtes à base de farine ou de semoule ?

La texture et la mâche (résistance sous la dent) des pâtes diffèrent selon la granulométrie de la matière première utilisée.
Les pâtes faites à partir de semoule ont une meilleure tenue à la cuisson que celles élaborées à partir de farine. Ceci est dû au fait qu'il y a plus d'amidon endommagé dans la farine, cet amidon est susceptible de se solubiliser dans l'eau de cuisson des pâtes et de donner alors un effet collant à la pâte.
En France, la production de semoule pour la fabrication de pâte est aujourd'hui majoritairement réalisée par l'industrie et souvent délocalisée en Italie, en Espagne ou au Maghreb. Les semouleries sont ainsi intégrées aux usines de transformation de pâtes qui en sont propriétaires (Bellevue/Panzani en PACA, Alpina/Croix de Savoie/Rivoire & Carret en Rhône-Alpes, ...). Il existe 5 grandes semouleries en France qui transforment chaque année près de 600.000 tonnes de blé dur pour produire 460.000 tonnes de semoule qui sont en partie utilisées dans 7 usines pour fabriquer 235 000 tonnes de pâtes (16 % est exporté). Ce blé dur n'est pas seulement produit en France. Au niveau de la consommation, les ménages français ont consommé 593.000 tonnes de pâtes dont 64% importées majoritairement d'Italie[4].
Dû à la prédominance sur le marché de pâtes provenant de l'industrie, même en bio, le goût des consommateurs est attaché à des caractéristiques gustatives propres aux process de fabrication industriels. Il est donc nécessaire, pour des pâtes à base de farine, de mettre en œuvre une communication spécifique sur les particularités des pâtes artisanales.

Faut-il garder le son ou non dans la mouture pour faire des pâtes ?

Issu de la partie externe du grain de blé, le son est très riche en fibres, en minéraux et en protéines. Plus on le tamise pour l'extraire des produits de mouture, plus on obtient une teneur en cendre basse pour ces produits. En revanche, plus les produits de mouture sont riches en son, plus leur teneur en cendres est élevée. Dans la réglementation, le taux de cendres est limité à 1,3% de matière sèche (ms) pour la semoule de blé dur et 2,1% de ms pour la semoule complète de blé dur. Pour que les pâtes soient considérées de "qualité supérieure", leur teneur en cendres doit être comprise entre 0,55 et 0,80% ramené à la matière sèche.
Une partie de la valeur nutritionnelle du blé dur se trouve dans le germe et les enveloppes, qui sont généralement écartés au cours de la mouture sur cylindres. Afin d'améliorer la qualité nutritionnelle des produits finis, une quantité de ces composés peut être conservée dans la semoule. La présence de son entraînera une étape d'hydratation de la semoule plus longue. Par sa richesse nutritionnelle en fibres, en minéraux et en vitamines, le son est intéressant car il régule le transit et limite les risques cardiovasculaires ou encore le diabète. Les pâtes complètes sont réputées pour avoir un index glycémique plus bas et donc un temps d'assimilation par l'organisme plus long. La sensation de faim est par conséquent retardée.

zoom zoom!

4. www.passioncereales.fr/dossier-thematique/la-fili%C3%A8re-bl%C3%A9-dur-semoule-p%C3%A2tes-couscous-en-chiffres

Les différents types de moulins artisanaux

La mouture à la ferme sur meules de pierre se fait majoritairement sur 2 types de moulins : type “Astrié” ou type “Tyrol”. Un enjeu de taille réside alors dans le petit son, déchet de mouture qui a la même taille que les semoules.

- **Moulin de type Astrié :** Ce type de moulin a été conçu spécifiquement pour faire de la farine pour le pain. Sa bluterie est prévue pour collecter la farine "bise". Les semoules d’un blé dur sortiront avec le son. Cependant, il est possible d’ajouter un tamis de son afin de séparer les semoules du gros son. Les semoules ainsi obtenue sont mélangées à du petit son de même granulométrie. Cette proportion de petit son, variable selon la variété du blé, peut poser problème dans la fabrication des pâtes. Il peut y avoir deux moyens d’actions pour obtenir une semoule plus raffinée, c’est-à-dire avec moins de présence de petit son :

  1/ Le mouillage du blé dur permettra de rendre le son plus souple et ainsi le moulin produira moins de brisures de son. Le temps de mouillage est important, trop peu et le son reste cassant ou, trop long et l'humidité commence à pénétrer l'amande diminuant ainsi la quantité de semoule obtenue. Une durée de deux à trois heures de trempage parait satisfaisante.

  2/ Réaliser le tamisage des semoules par un sasseur. Le tamisage est alors accompagné d’une ventilation et d'une cascade de tamis. Le son est empêché de passer les mailles du tamis, emporté par l’air, tandis que les semoules, plus denses, passent la maille.

  Le principe du moulin Astrié, basé sur une précision de l’espace entre meules, permet d’augmenter la proportion semoule/farine en écartant celles-ci. De plus, grâce à la rigidité du mécanisme et à des surfaces de travail des meules lisses et planes, il permet d'obtenir une calibration de la semoule homogène.

- **Moulin de type Tyrol, avec bluterie intégrée et meules en corindon :** Le moulin du Tyrol produit de la farine et des semoules en fonctionnement normal. La bluterie est composée de plusieurs tamis de mailles différentes. Les semoules seront donc attendues dans le dernier tamis avant le gros son. Les meules abrasives de ce type de moulin cisaillant le son produisent inévitablement du petit son en quantité. La séparation des semoules et des petits sons est à prévoir, avec l’aide d’un sasseur.

Moulin de type Tyrol

La bluterie et le sasseur

L'installation d'une succession de tamis avec des mailles de tailles différentes est nécessaire pour séparer les différentes granulométries à la sortie du moulin :

- Pour la farine : < 150 µm
- Pour de la semoule fine : entre 300 et 470 µm
- Pour de la semoule moyenne : entre 500 et 700 µm
- Pour de la grosse semoule 1000 microns

Au delà de 300µm (semoule fine), les moutures sont souvent trop riches en son, il est alors possible d'utiliser un sasseur pour extraire le son.

Le sasseur est équipé d'un système d'aspiration qui évacue les particules les plus légères à l'extérieur. En le réglant finement, on peut supprimer le son de la mouture, et trier les différentes granulométries de semoules.
On peut aussi l'utiliser pour nettoyer les issues les plus grosses avant de les repasser au moulin (plus lentement que le grain).

On peut ainsi obtenir toutes les tailles de moutures :

- Farine <150µm claire (pour la boulangerie et pâtisserie)
- Semoule fine 150-375µm et 375-470µm (pour les pâtes fines),
- Semoule 470-710µm (pour les pâtes plus épaisses),
- Semoulette 710-1000µm (pour les pâtes les plus grosses),
- Mélange petit son-farine lourde vêtue (à incorporer éventuellement en faible quantité pour donner plus de goût aux pâtes),
- Issues : son et farines basses (pour alimentation animale)

Le rendement de production de semoule peut paraître modeste (entre 45 et 65%) mais les autres produits sont aussi valorisables pour d'autres débouchés (farine, son…).
Au-delà de la semoule, il est possible de faire des pâtes avec tous types de farine et tous types de granulométrie.

Trajectoire d'un producteur

Antoine Guidot, à Lanarce, en Ardèche, a installé une série de tamis à la sortie d'un moulin de type Astrié pour pouvoir produire de la semoule :

- d'abord 20 cm de tamis N°100 (150µm), d'où sort l'essentiel de la farine lourde,
- puis 60 cm de tamis N°40 (470µm), d'où sort un mélange farine-semoules,
- 40 cm de tamis N°20 (1000µm), d'où sort un mélange de semoules vêtues (c'est à dire des fragments de grain sur lesquels le son est encore adhérent).
- enfin, on retrouve le gros son qui sort en issue du cylindre.

- Le petit épeautre est vêtu et doit être décortiqué juste avant mouture car une fois nu il est très sensible aux moisissures. Très riche en lipides, il ne faut jamais mouiller le petit épeautre contrairement au blé dur.

- Pour les légumes secs, il est intéressant d'investir dans un concasseur / broyeur pour augmenter le rendement mouture des légumes secs. Cela permet de conserver une farine intégrale et de réduire la taille des produits de mouture de 700 microns à 400 microns. On peut utiliser par exemple un broyeur de type "Moulin Mistral" qui est utile aussi pour le gruau de maïs (75 kg /h)..

Installation avec sasseur

3 La fabrication des pâtes

En complément de ce dossier vous retrouverez des diagrammes de procédés de fabrication de pâtes sur le site : **www.cerealocales.org**

zoom zoom!

Les machines pastières

Il existe sur le marché 2 principaux types de machine servant à la fabrication des pâtes :

- **Mise en forme par laminage :** passage simple entre deux cylindres, pour les pâtes de type lasagnes ou pâtes fraîches ainsi que les pâtes estampillées de type papillon ou “farfalle”. Nous n’en parlerons pas dans ce dossier.
- **Mise en forme par tréfilage ou extrusion :** système d’extrusion avec passage de la pâte à travers une filière de mise en forme en bronze par le biais d’une vis sans fin.

Les extrudeuses

Les machines à pâtes qui fonctionnent par extrusion ou tréfilage sont les plus utilisées. Les principaux paramètres à prendre en compte, sur lesquels on peut agir et qui ont des conséquences sur le produit fini sont : la granulométrie des moutures, l'hygrométrie du mélange, sa température, la vitesse de la vis sans fin (réglable sur quelques modèles), le refroidissement du cylindre d'extrusion et le choix de la filière.

Définition.

Extruder = Donner une forme à un matériau mis sous pression en le contraignant à passer à travers une filière qui lui donnera la forme souhaitée.

zoom zoom!

Une extrudeuse comporte les éléments suivants :

- Un ou 2 bacs mélangeurs (1 bac mélangeur et 1 bac pour l’extrusion)
- La vis sans fin
- La filière qui permet de donner leur forme aux pâtes
- Les couteaux : placés sur l’axe de la vis sans fin, ils permettent de découper les pâtes à la longueur souhaitée (facultatif).
- Système de refroidissement de la tête d’extrusion avec passage d’eau froide (facultatif)

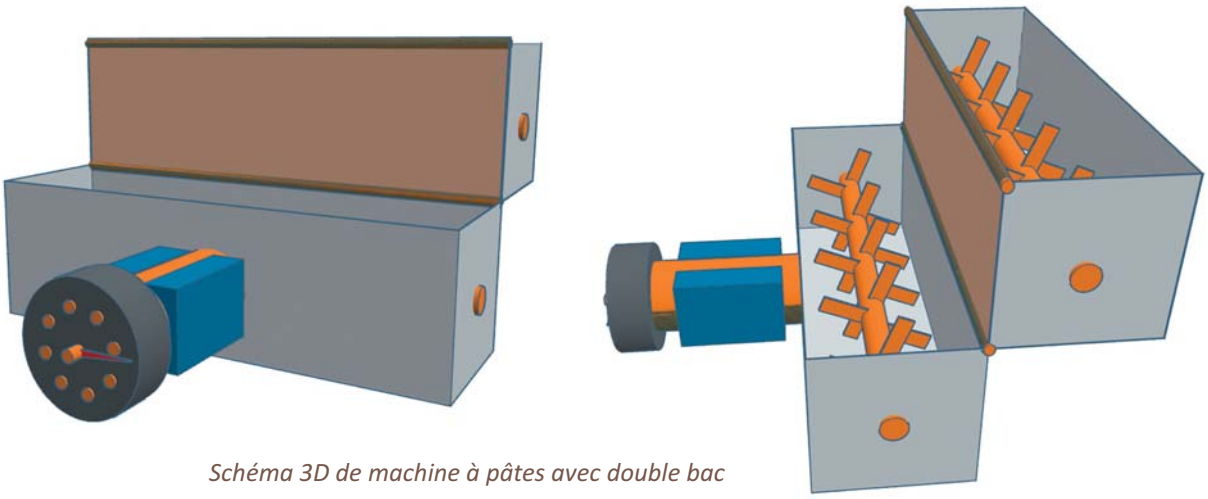


Schéma 3D de machine à pâtes avec double bac

L’hydratation des moutures (semoules ou farines), une étape cruciale

Il faut d’abord verser, dans le bac mixeur, la semoule ou la farine puis de l’eau. Plus la phase d’hydratation/malaxage est longue, mieux c’est. Elle doit durer idéalement 20-30 minutes avec de l’eau froide. L’eau chaude augmente la rapidité de l’hydratation et peut entraîner des modifications structurales de l'amidon non espérées à cette étape du processus. Lorsque la machine est chaude, le temps de mélange peut être réduit.

L'hydratation de la semoule et son malaxage régulier doivent être maîtrisés pour assurer une bonne fluidité et un débit homogène sur tout le diamètre de la filière lors de l’extrusion.

En cas de sous-hydratation la pression dans la zone d’extrusion augmentera et pourrait endommager la machine. En cas de sur-hydratation, les pâtes deviennent molles et le mélange peut aussi perdre en fluidité.

Avec un bon niveau d’hydratation, le mélange reste friable mais pas cassant. La consistance est de type “crumble”. La cohésion se fera ensuite grâce à la pression dans la filière.

Une mauvaise hydratation de la semoule/farine peut entraîner des défauts visuels du produit fini, notamment la présence de piqûres blanches sur la pâte après séchage (cf. ci-après).

- **Un taux d'hydratation qui varie en fonction des propriétés de la matière première**

Si on utilise de la semoule de blé très dure (vitreuse), il faudra constituer un mélange présentant un taux d'hydratation global d'environ 35%. En tenant compte de l'humidité présente dans la semoule qui se situe autour de 15%, cela revient à ajouter aux semoules environ 29 à 31% de leur poids en eau (soit 2,9 à 3,1l d'eau pour 10 kg de semoule).
Cela correspond à une quantité d'eau ajoutée égale à environ 23% du poids total mis en œuvre : un tel mélange paraît donc très sec, mais il a la fluidité nécessaire pour être extrudé correctement.
Si on emploie des moutures plus fines, du blé tendre ou d'autres céréales, il faudra augmenter ce taux d'hydratation, pour limiter les frottements et l'échauffement.
Dans le projet ActivaBlé, on a relevé des pourcentages d'eau ajoutée entre 23 et 34 % par rapport à la quantité de semoule ou farine. Dans tous les cas, il faut adapter la quantité d'eau aux conditions hygrométriques, et à la forme des pâtes qu'on fabrique. Les tests sont indispensables !

zoom zoom!

Que se passe-t-il au moment de l'hydratation ?

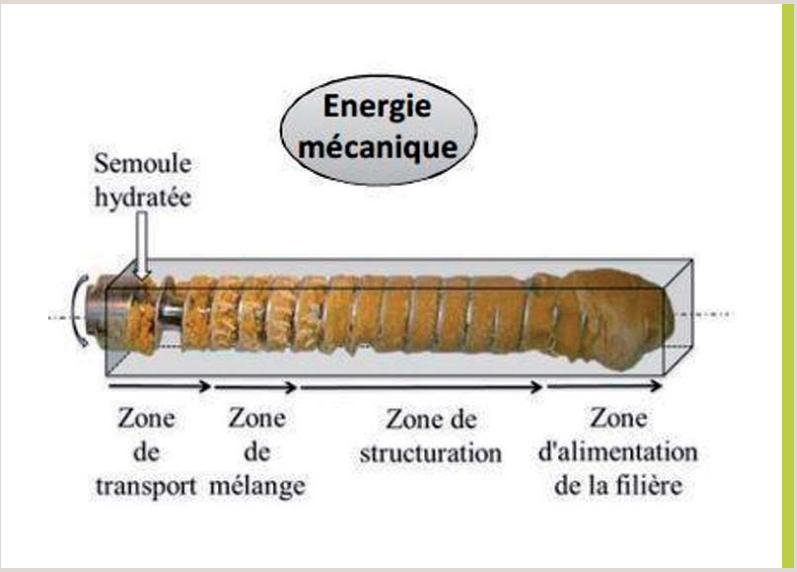
Lorsque l'on ajoute l'eau à la semoule sèche, des liaisons entre protéines commencent à se créer. Avec l'aide de la force mécanique, due d'abord au malaxage puis accentuée au moment de l'extrusion, de nombreux "fils" protéiques s'attachent les uns aux autres pour former un réseau viscoélastique de gluten qui servira de liant à la pâte.
La phase d'hydratation n'a pas d'effet significatif sur la structure de l'amidon, à température ambiante, les grains sont insolubles dans l'eau et on observe au mieux une légère expansion radiale (gonflement) de ces grains (en fonction du taux d'amylose). En revanche, si on y ajoute un facteur température (<50°C) et une teneur en eau suffisante, la courbe de gélatinisation de l'amidon peut être atteinte. Cela entraîne alors des modifications structurales de l'amidon : perte de sa structure semi-cristalline et augmentation de la viscosité.

- **L'extrusion, assemblage de l'eau et de la farine**

L'extrusion ou le tréfilage est une étape primordiale de la fabrication. En effet, c'est à cette étape que va se développer la structure de la pâte, l'énergie mécanique appliquée sur la semoule ou la farine va permettre de mettre en place le réseau protéique qui servira de structure aux pâtes.
Une fois hydraté dans le premier bac, le mélange est transféré dans le 2e bac où l'on trouve, au fond, l'entrée de la vis sans fin. Cette vis sans fin, en tournant, assemble la pâte et l'amène vers la filière, moule percé, qui donnera leur forme aux pâtes.
Le phénomène de compression dans la filière dégage de la chaleur. Certaines machines proposent un système de refroidissement à l'eau pour éviter que la température de la tête de filière ne soit trop importante. En effet, au-dessus de 40°C, cela peut entraîner des modifications structurales sur les pâtes (tenue à la cuisson, dénaturation des protéines, etc.)
Le mélange/malaxage se fait en général à l'air libre, de même pour l'extrusion. Ces deux bacs peuvent être associés à un système de mise sous vide. La mise sous vide permet de réduire la fragilité des pâtes liée à la présence de micro-bulles d'air et de réduire le rancissement lié à l'oxygénation de la pâte. Les pâtes produites sous vide sont donc de plus longue conservation. Elles sont aussi moins jaunes, plus pâles.

- Pour garder une qualité de produit constante, il est vivement conseillé de peser l'eau et la farine à chaque fois. Dans le cas où le mélange n'aurait pas été bien fait, il vaut mieux rajouter de l'eau plutôt que de la farine, pour éviter d'obstruer la filière.

Texture grumeleuse du mélange avant passage dans la vis sans fin



Bernard Cuq, Joel Abecassis, Marie Helene Morel. La physique et la chimie au service de l'élaboration des pâtes alimentaires. Science culinaire - Matière, procédés, dégustation, *Editions Belin, 400 p., 2014, Echelles, 978-2-7011-7533-1. (hal-01603424)*

Une grande diversité de filières disponibles

Les inserts des filières peuvent être en bronze (métal idéal pour conduire et conserver la chaleur tout en offrant peu de résistance aux frottements), ou équipée d'inserts revêtus de téflon. Le téflon permet d'obtenir des pâtes plus lisses (et brillantes) et le bronze des pâtes plus rugueuses (et mates). Ce dernier type de pâte est recherché car elles s'imprègnent mieux des sauces qui ne glissent pas dessus.

Il existe plus de 400 filières différentes à adapter en fonction de son marché, de la matière première disponible et des possibilités de séchage.

Plus une pâte est fragile, plus il est conseillé d'utiliser une forme petite, plus résistante. De plus le séchage sera plus facilement homogène : on évitera que le centre reste humide quand la périphérie est déjà trop sèche [voir partie séchage]. Plus c'est petit, plus ça sèche vite et plus ça tient à la cuisson !

Il peut être profitable de prévoir une soufflerie pour sécher les pâtes en extérieur afin d'éviter qu'elles ne se collent entre elles.

Enfin, le couteau rotatif qui tourne à la sortie de la filière détermine la longueur des pâtes.

Filière pour extrusion de forme "fusilli"

- Les piqûres : ce sont des traces que l'on retrouve sur les pâtes après séchage. Si elles sont blanches, cela indique qu'il n'y a pas eu assez d'eau ajoutée au moment de l'hydratation de la semoule ou bien que le mélange n'a pas été assez homogénéisé. Si elles sont noires, c'est certainement que des grains "mouchetés"[5] sont passés dans le moulin lors de la mouture. Si les tâches sont brunes, c'est le son un peu grossier qui ressort.

- La pression quand la machine est froide : Pour les machines qui fonctionnent par tréfilage, la machine est sensible à la température mais surtout à la pression. Quand la machine est froide, il ne faut jamais démarrer avec des légumineuses. Il est important de commencer avec des céréales (hors petit épeautre) pour permettre à la machine de se chauffer peu à peu. On veillera également à une bonne hydratation de la farine car une sous-hydratation conduit à une augmentation de la pression, voire à un bourrage de la machine qui peut également l'abîmer. Une fois la machine montée en température, on peut introduire des légumineuses. Notons que certaines machines sont équipées de capteurs de pression qui stoppent la machine quand la pression passe les 115 bars.

zoom zoom!

L'agglomération des protéines

C'est une transformation qui se déroule en 2 temps : agrégation puis dénaturation. Au contact de l'eau, les protéines insolubles comme les gliadines et les gluténines, vont s'assembler sous l'aspect de pelotes en roulant les unes sur les autres pour former le gluten. Le réseau de gluten va terminer de se développer et de s'orienter avec la force mécanique de l'étape d'extrusion/laminage. A cette étape, les pelotes vont être déroulées et les fils vont s'entremêler pour donner un réseau de fibres lâche et désordonné. Plus la pâte sera travaillée et plus la force mécanique appliquée sera forte, plus la structure sera rendue homogène, élastique et résistante. Au moment de la cuisson, le réseau de gluten va connaître de nouvelles modifications. Lorsque la température des pâtes atteint environ 70°C, le réseau protéique se stabilise par réticulation. Ceci permet un renforcement de la structure pour une meilleure rigidité du produit cuit (pâtes fermes). Le réseau va passer d'un état pâteux à un état plus solide et élastique lui conférant la capacité de retenir les grains d'amidon sans rompre sous la force exercée par le gonflement des granules d'amidon. La teneur en eau et la température doivent être correctement maîtrisées car le réseau doit nécessairement être réticulé avant que les granules d'amidon initient leurs modifications de structure.

5. Moucheture du grain de blé : traces causées par l'accumulation de composés phénoliques dans le sillon du grain pendant la croissance du blé.

- La température de la tête d'extrusion : Au-dessus de 40°C, la mise en place de la structure de la pâte sera moins bonne. Il faut empêcher le début du gonflement et de la gélatinisation de l'amidon à cette étape car cela entraînerait une diminution de l'espace pour l'établissement du réseau de protéines. Les pertes à la cuisson pourraient être plus importantes si la température d'extrusion dépasse cette limite. De plus, les protéines commencent à se dénaturer autour de 60°C. Il faut éviter absolument que la température dans la tête d'extrusion atteigne de si hautes températures et, idéalement, la maîtriser autour de 37-40°C tout au long du processus.

La gélatinisation de l'amidon

est un processus physico-chimique qui consiste en l'hydrolyse des liaisons intermoléculaires de l'amidon en présence d'eau et de chaleur. La rupture de ces liaisons permet aux sites de liaison hydrogène de pouvoir contenir plus de molécules d'eau. Trois principales étapes se succèdent : le gonflement des granules d'amidon par absorption de l'eau, la cristallisation (ou fusion) de sa structure puis sa lixiviation. Cette réaction irréversible qui se produit lors de la cuisson entraîne le gonflement des grains puis la dissolution des granules d'amidon dans l'eau. L'eau du moût est alors épaissie et agit comme un plastifiant.

Ce phénomène peut se déclencher à l'étape d'hydratation de la semoule/farine si on ajoute de l'eau bouillante, cela peut être conseillé pour les produits ne possédant pas ou peu de gluten, afin d'augmenter la stabilité et la cohérence des pâtes (ex : Sarrasin). Au contraire, ce comportement est à éviter totalement pour les pâtes fabriquées à base de matières premières contenant les protéines du gluten. Dans ce second cas, il est important que la formation du gluten se produise à basse température (< 50°C), justement pour empêcher les modifications structurales de l'amidon à cette étape.

zoom zoom!

- **Le nettoyage de la machine après utilisation ou entre les lots**
  Cela peut se faire de plusieurs manières :
  - Utiliser des amylases pour nettoyer la machine et la filière.
  - Jeter le 1er kg pour "rincer". On appelle cela la pousse.
  - Finir la production avec des lots de pâtes au sarrasin, celui ci étant plus abrasif, il facilite le nettoyage des machines.

  Lorsqu'on change de recette, le bord des nouvelles pâtes gardera les traces de la préparation précédente.

Fabriquer des pâtes avec d'autres produits que le blé

- **Les farines de légumes secs :** la machine doit être déjà chaude pour ne pas risquer de l'abîmer. La lentille corail est la légumineuse qui se rapproche le plus de la texture du blé dur. Pour les lentilles vertes, on peut gélatiniser la farine avec de l'eau bouillante.
- **Le petit épeautre :** c'est une farine "grasse" qu'il ne faut pas trop hydrater. Plus une farine est "grasse", plus c'est facile d'en faire des pâtes. Cette céréale se différencie par sa couleur foncée et son goût prononcé.
- **Le sarrasin :** les pâtes au sarrasin sont les plus difficiles à réussir, en particulier car le sarrasin ne contient aucun gluten. Pour améliorer la cohésion et la stabilité de la pâte réalisée, il est conseillé d'utiliser de l'eau bouillante qui sera mélangée sur une partie de la farine seulement. Ceci permet par empirisme d'augmenter sa tenue à la cuisson...

- Attention à la mention "produit sans gluten" ! : "Utiliser la mention sans gluten est le meilleur moyen d'aller en prison !". Il faut passer par l'AFDIAG et certifier moins de 20 ppm de gluten dans ses produits. Comprendre moins de 20 grains de blé dans un lot d'un million de grains, un taux déjà difficilement atteignable avec un trieur optique excessivement coûteux.

Pâtes aux lentilles corail, et lentilles jaunes, source l'Odyssée de l'Engrain (https://odysseedengrain-patesbio.fr)

4 Séchage et conservation

Le séchage est finalement l'étape la plus importante pour la qualité du produit fini. Il assure le renforcement de la structure, la stabilisation de la pâte et son aspect visuel.
On cherche alors à stabiliser le produit à hauteur de 12 % d'humidité (le maximum légal est de 12.5 % d'eau dans les pâtes, l'idéal recherché se situant entre 10 et 11%), pour empêcher tout développement bactérien ou fongique et garantir donc sa capacité de conservation.
Le séchage doit impérativement être uniforme - autant à l'extérieur qu'à l'intérieur - pour diminuer les risques de moisissures. Le séchage doit idéalement faire migrer l'humidité du centre de la pâte vers l'extérieur, sans dessécher sa surface pour éviter que des tensions subsistent et créent des fissures dans les pâtes.

- **Pré-séchage :** La plupart des machines à pâtes disposent d'un ventilateur de pré-séchage, mais il faut tout de même veiller à ne pas laisser trop longtemps les pâtes "fraîches" en sortie de presse et entassées. Il est donc important que la presse et le séchoir soient dimensionnés pour fonctionner ensemble dans un délai raisonnable (moins de 5h).

- **Séchage à l'air libre :** Traditionnellement en Italie les spaghettis sèchent sur des claies à l'extérieur mais les conditions d'humidité et de chaleur doivent être parfaites.
Il est toujours possible de sécher les pâtes à l'intérieur, en laissant par exemple la porte de l'atelier ouverte les premières heures. Un fournil à pain peut être un lieu adapté mais l'hygrométrie et la température de la pièce peuvent changer rapidement, il faut donc faire attention et les contrôler régulièrement pour ne pas favoriser le développement de mycotoxines.
Suivant les conditions d'hygrométrie et de température du lieu de séchage, celui-ci peut durer plusieurs jours. Dans le sud de la France, dans un local sans contrôle hygrométrique ni de température : le séchage dure entre 48h et 72h suivant la période de l'année.

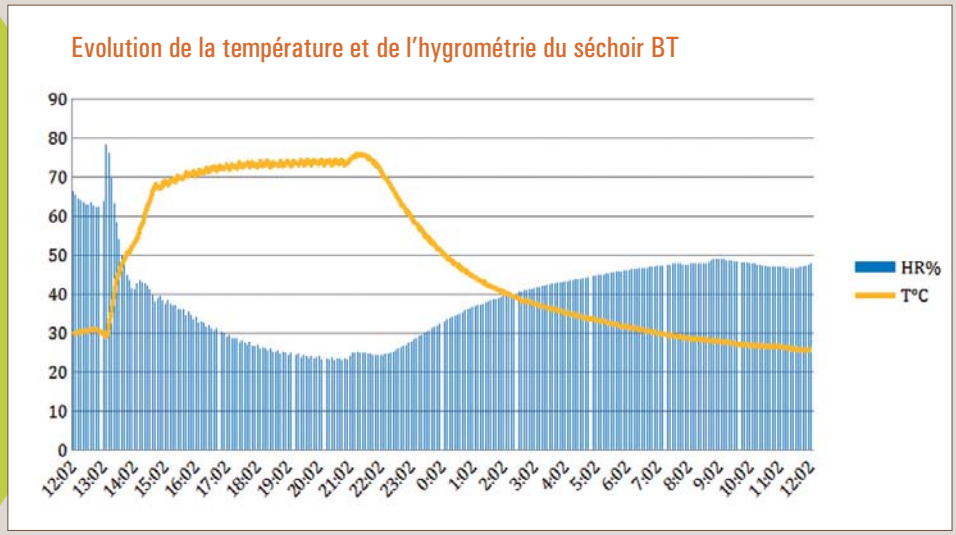
- **Séchage en milieu fermé dans un séchoir :** C'est le séchage statique qui paraît le plus adapté à une production artisanale en France pour un volume important de pâtes (plusieurs centaines de kg par jour).
Ce type de séchoir permet une alternance de cycles appelés "climats", alternance de phases de ventilation et de pauses. "On passe progressivement du climat subtropical au désert".

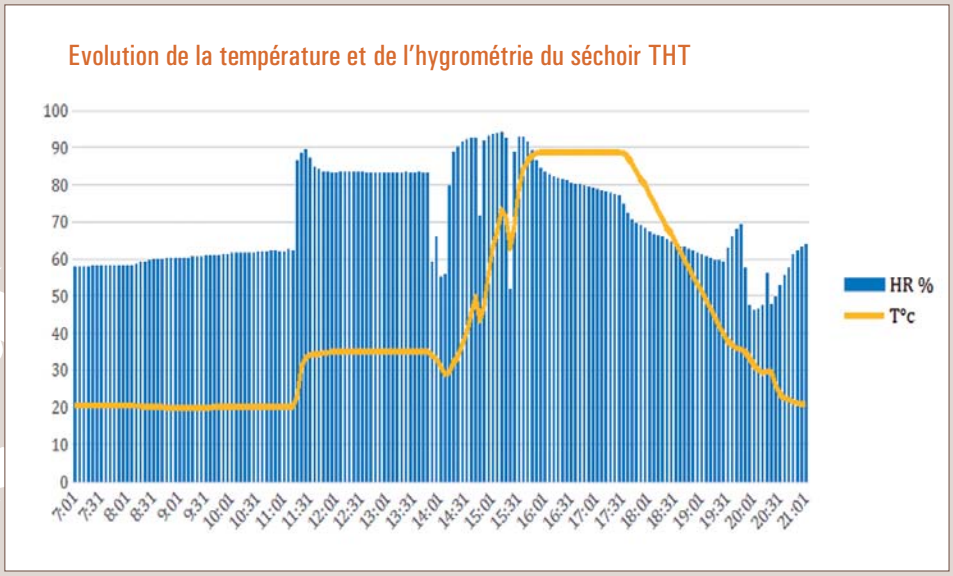
- Il peut être compliqué de régler le séchoir : les industriels verrouillent l'accès à la composition des programmes du séchoir pour protéger leur secret industriel. Certains fabricants vendent donc des séchoirs pré-programmés, sans donner les détails des cycles de séchage et empêchant toutes modifications. **Il faut donc porter une attention particulière au moment de l'achat de ces machines.**

Comparaison de l'évolution de la température et de l'hygrométrie dans deux types de séchoir

Dans le cadre du projet de recherche *Gluten : mythe ou réalité*, nous avons réalisé une fabrication de pâtes de type industriel (avec un séchage à très haute température (THT) : 90°C pendant 5h) ainsi qu'une autre de type artisanal (avec un séchage à basse température (BT) : 45°C pendant 8h). Nous obtenons les graphiques de séchage ci-contre.

zoom zoom!





zoom zoom!

L'impact du séchage sur la digestibilité des pâtes

Le séchage doit être particulièrement bien maîtrisé car il définit en grande partie la qualité finale des pâtes. Par exemple, la température de séchage caractérise à hauteur de 45% l'état de surface des pâtes. Alors que cet état de surface et la tenue à la cuisson s'améliorent avec l'augmentation de la température de séchage, la valeur nutritionnelle des pâtes, a contrario, diminue avec les traitements thermiques (disponibilité en lysine).

De plus, la température et la durée du séchage semblent jouer un rôle sur l'insolubilisation des protéines. Au cours du processus de pastification, les proportions de gliadines et gluténines varient par agrégation et dénaturation. Plus l'intensité et la durée des traitements hydrothermiques liés au séchage seront longues, plus les protéines seront insolubles. Ces variations entraînent la modification des propriétés rhéologiques du gluten et, par conséquent, la viscoélasticité des produits finis.

Au cours de projets de recherche *Gluten : Mythe ou réalité ?* et *ActivaBlé*, nous avons la solubilité des protéines en fonction d'un séchage à haute (HT) et à basse (BT) température. Nous observons une dénaturation thermique des protéines dans les pâtes séchées à HT et donc un taux de protéines insolubles bien supérieur à celui que l'on retrouve dans les pâtes séchées à BT. Cependant, après la cuisson ces résultats sont lissés car la température de cuisson engendre le même phénomène de dénaturation thermique des protéines. Nous n'observons donc pas de différences significatives sur les pâtes cuites à ce niveau de l'étude.

Pour mieux comprendre, lire les résultats du projet de recherche Trafoon[6].

6. www.trafoon.org/sites/trafoon.org/files/download/877/montpellier_denis_cassan_201511.pdf

Dans l'industrie, le séchage se fait généralement à plus de 70°C afin de gagner du temps et d'augmenter les cadences de production. C'est à partir de cette température que l'on arrive à un état de "réticulation" des protéines, c'est-à-dire, l'instant où les protéines vont se coupler et former un réseau plus résistant (température que l'on obtiendra au moment de la cuisson si elle n'est pas atteinte au cours du séchage).
En production artisanale on sèche aux alentours de 40°C mais sur un temps plus long (entre 12h et 24h, souvent autour de 15h), dans un séchoir fermé avec ou sans déshumidificateur. Paradoxalement le séchage a ainsi lieu "en milieu humide", il est lent et à basse température. Il s'opère progressivement grâce au renouvellement de l'air chaud ambiant qui extrait l'humidité des pâtes à leur contact. On peut comparer ce phénomène aux propriétés séchantes d'un vent chaud d'été. L'air du séchoir est renouvelé par ventilation lorsque l'hygrométrie atteint 65% en moyenne, ou mieux selon un diagramme dynamique : au plus on avance dans les cycles, au plus le seuil d'extraction de l'humidité diminue, au moins on ventile et au plus le temps de pause est important (voir diagramme séchage plus loin).

- La température et le temps de séchage varient pour chaque forme et taille de pâtes. Il est alors conseillé de **tester différents protocoles de séchage lors du premier essai de pastification**.

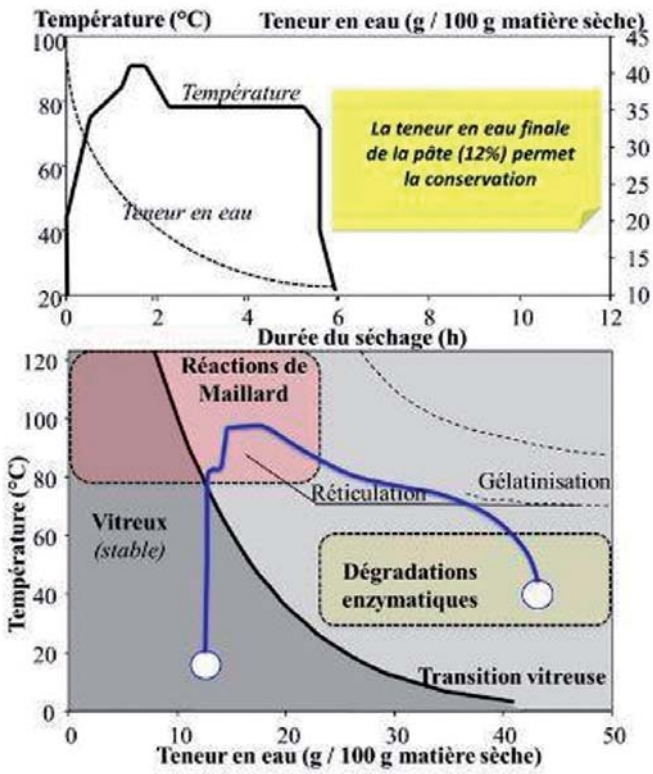
- Les pâtes doivent avoir une température maximum de 10°C au-dessus de la température de la pièce lorsqu'elles sortent du séchoir. Au-delà on risque des dégâts liés au choc thermique.

Les 3 phases du séchage à basse température

- 1. **Début de séchage :** enlever un maximum d'eau rapidement – temps de ventilation et chauffage long + pauses courtes. (Conseil : à 50°C et 90% d'humidité).
- 2. **Milieu de séchage :** 50 / 50
- 3. **Fin de séchage :** temps de ventilation court + pauses longues. L'objectif est de laisser le temps à l'eau de migrer depuis l'intérieur de la pâte vers l'extérieur sans avoir de gradient de séchage trop important, ce qui serait le cas si la ventilation était en permanence allumée.

Le cas des pâtes épaisses est plus complexe, car des tensions peuvent apparaître entre la surface et le cœur de la pâte, qui généreront tôt ou tard des fissures/gerçures.

Représentation schématique du séchage utilisé pour les pâtes alimentaires



Bernard Cuq, Joel Abecassis, Marie Helene Morel. La physique et la chimie au service de l'élaboration des pâtes alimentaires. Science culinaire - Matière, procédés, dégustation, *Editions Belin, 400 p., 2014, Echelles, 978-2-7011-7533-1.* ⟨hal-01603424⟩

- **Le cas des pâtes fraîches :** pour des pâtes fraîches, les plus vendues sont les tagliatelles. Elles peuvent se garder une semaine au frais et 3 semaines maximum dans un milieu saturé en CO_2.

5 Ensachage

Idéalement il faut emballer les pâtes le plus rapidement possible afin qu'elles ne reprennent l'humidité de l'air si l'hygrométrie ambiante est élevée. Selon l'humidité de l'air et la température, la pâte va capter plus ou moins d'eau pour atteindre un équilibre mais elle va aussi en relâcher. La durée pour se stabiliser va dépendre des conditions environnementales.

Le produit met environ un mois pour se stabiliser ce qui veut dire que si on goûte les pâtes 15 jours après leur fabrication puis 1 mois après elles n'auront pas le même goût (en lien avec le rancissement dû à la présence du germe dans les moutures sur meules de pierre).

La plupart des sachets utilisés par les artisans sont en plastique de type "OPP" 50 (50 microns) "polypro". Il est recyclable techniquement mais il n'existe pas encore de filière pour cela. L'idée est tentante lorsque l'on commercialise un produit bio de substituer le plastique. La principale difficulté vient encore une fois de l'humidité. Les sachets en carton doivent en effet être enduits de paraffine pour empêcher l'humidité de rentrer.

A partir d'un certain volume, une ensacheuse peseuse peut être utile. On trouve sur le marché des doseuses simples avec un pesage à faire à part ; ou des doseuses pondérales qui suivent le poids ensaché, réduisent et stoppent l'écoulement lorsque le poids souhaité est atteint.

6 Cuisson

Pour une cuisson idéale, le poids doit doubler. On cherche une hydratation des pâtes de 50 %.

Pour conseiller le temps optimal de cuisson pour vos pâtes, vous pouvez réaliser une expérience simple (test OCT) :

- 1. Faire cuire 100 g de pâtes dans 1,5L d'eau salée à 7g/l (donc 10,5g de sel pour 1,5L d'eau)
- 2. Quand l'eau atteint sa température d'ébullition (98°C) mettre les pâtes et lancer un chronomètre
- 3. Prélever des pâtes toutes les 30 secondes (pas obligatoirement durant les premières minutes car il est certain que les pâtes ne seront pas cuites)
- 4. Dès qu'une pâte est prélevée l'écraser sous une plaque transparente (un morceau de plexiglas, un verre transparent ou autre) et observer si une ligne blanche d'amidon non cuit/non gélatinisé apparaît (voir photo suivante) si c'est le cas continuer la cuisson
- 5. Quand cette ligne blanche disparaît noter le temps de cuisson
- 6. Ceci permet d'obtenir une première fourchette du temps optimal de cuisson, réitérer ensuite l'expérience plusieurs fois (minimum 5 fois) en prélevant toutes les 30 secondes autour du temps obtenu précédemment et faire la moyenne des résultats obtenus.

Cette expérience permet d'obtenir un temps optimal de cuisson "théorique" basé sur la gélatinisation totale de l'amidon. Il faut ensuite adapter le conseil de temps de cuisson à votre goût et celui de vos acheteurs. Ce test ne fonctionne pas avec tous les formats de pâtes. En effet, il est difficile de déterminer une cuisson complète pour des pâtes aux formes complexes et ayant différentes épaisseurs.

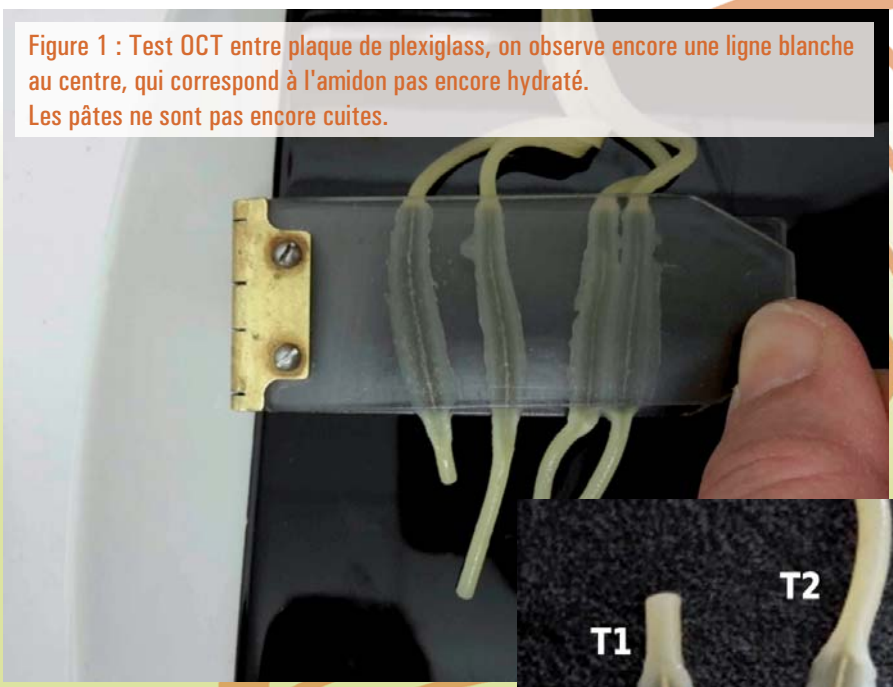


Figure 1 : Test OCT entre plaque de plexiglass, on observe encore une ligne blanche au centre, qui correspond à l'amidon pas encore hydraté.
Les pâtes ne sont pas encore cuites.

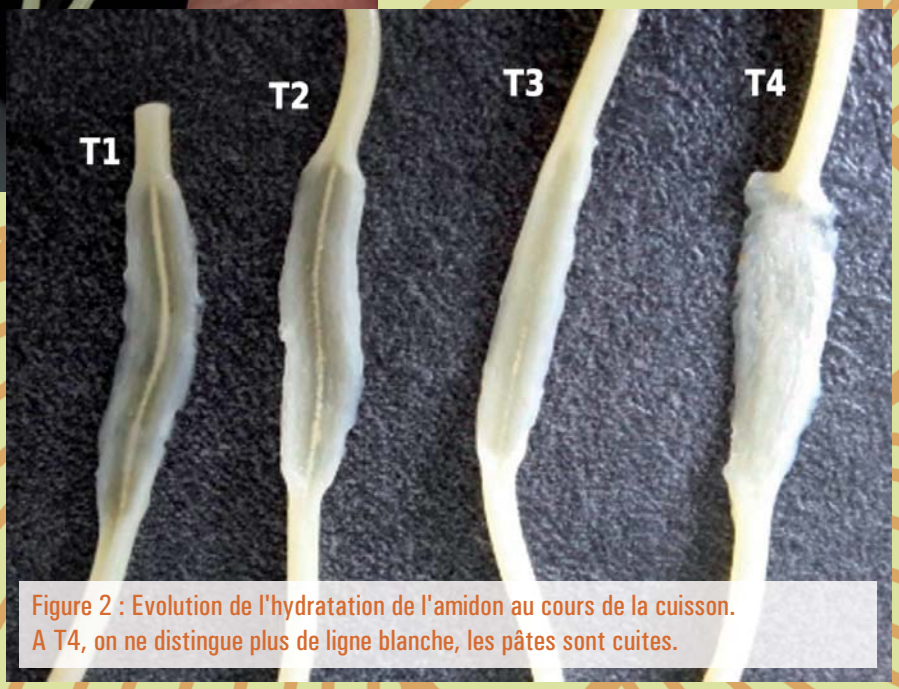


Figure 2 : Evolution de l'hydratation de l'amidon au cours de la cuisson.
A T4, on ne distingue plus de ligne blanche, les pâtes sont cuites.

zoom zoom!

Les réactions au cours de la cuisson

Tout au long de la cuisson, les pâtes vont se gorger d'eau de manière continue. Comme vu précédemment, le gonflement et la gélatinisation de l'amidon vont s'effectuer dès lors que la température des pâtes atteindra 55°C environ. Des études ont montré que vers 65-75°C, l'absorption d'eau par les granules d'amidon augmente rapidement et elles perdent leur cristallinité. C'est en même temps, sous l'effet de la chaleur, que le réseau protéique va se stabiliser par réticulation. Pour obtenir des pâtes fermes et limiter les pertes à la cuisson, il est important que la coagulation des protéines, qui rend le réseau de gluten solide et élastique, soit plus rapide que le gonflement et la gélatinisation de l'amidon. C'est la compétition entre ces 2 phénomènes qui est responsable des propriétés texturales et rhéologiques des pâtes après cuisson.

Un séchage à haute température ou très haute température peut permettre au réseau de gluten de commencer à se solidifier avant la cuisson et donc d'anticiper et limiter les risques de compétition avec la gélatinisation de l'amidon.

Cela explique la meilleure tenue à la cuisson des pâtes séchées à HT. Les pertes à la cuisson seront moindre pour ces pâtes que celles séchées à BT car le réseau de gluten sera plus abouti et gardera mieux les molécules d'amidon qui se dissolvent à la cuisson.

Si on remplace une partie de l'eau du mélange par des œufs, on va augmenter la teneur en protéines du mélange (et obtenir des pâtes au goût typique). Cela peut aussi être un moyen de masquer l'emploi de moutures moins protéiques...

zoom zoom!

Description sensorielle de pâtes à base de blé dur et de pâtes à base de petit épeautre

Dans le cadre du projet de recherche *ActivaBlé*, nous avons mené des analyses sensorielles selon la méthode Pivot qui consiste à comparer différentes pâtes et d'en décrire les aspects visuels, de goût et de texture en bouche par rapport à un pivot (= type de pâtes moyen).

Ces analyses ont permis d'évaluer la grande diversité de pâtes produites de manière artisanale dans la région Occitanie et d'essayer de les relier avec les pratiques de fabrication.

De plus, nous avons établi, avec des personnes habituées à consommer des pâtes artisanales, une liste des critères qui leur semblaient importants pour décrire de bonnes pâtes artisanales (au blé dur et au petit épeautre). Les synonymes des descripteurs ont été fusionnés et voici la liste obtenue : ferme, pâle, goûteuse, granuleuse, pâteuse, colorée, fondante, fade, compacte, texture homogène, visuel régulier, tachetée, décomposée

Notez que cette liste n'est pas exclusive, elle est le produit des goûts personnels d'un petit échantillon de personnes. Elle ne doit donc pas être considérée comme la seule vérité.

Les pâtes ont ensuite été dégustées par un panel de 65 personnes, pas forcément consommateurs réguliers de pâtes artisanales. Les notes obtenues sur les différentes pâtes ont été croisées aux descripteurs. Il en ressort que les pâtes au blé dur sont plus appréciées par ce panel quand elles sont fermes et les pâtes au petit épeautre quand elles ont un goût moins fort.

7 Quelques coûts d'investissement

Ci-dessous vous trouverez des coûts approximatifs d'investissement datés de 2021 qui pourront vous aider à estimer grossièrement votre projet et vous retrouver dans l'offre existante. Les prix sont non contractuels, sur des références neuves. Pour la création d'un atelier de fabrication de pâtes, l'achat de matériel d'occasion est également à envisager.

Les machines à pâtes (extrudeuses)

- Capacité du bac entre 5 et 9 kg max - Rythme d'extrusion : entre 12 et 20kg/h - Pression au niveau de l'extrudeuse : entre 20 et 60 bars
  > Entre 5.000 € et 8.000 € HT.
- Capacité des bacs 25 kg - Rythme d'extrusion : 100kg/h - Pression : 150-200 bars
  > Entre 25.000 € et 35.000 € HT

Marques éventuelles : *Italgi, Fical, Italpast, Monferrina, Moulin d'Alma Pro, Pamaroma, Aldocozzi, Dominioni...*

Les séchoirs électriques

- Les plus petits formats sur le marché permettent de sécher 20-25 kg de pâtes par cycle de sèchage.
  > Prix environ 4.000 € HT
- Pour 30kg de pâtes par cycle de séchage sur une vingtaine de clayettes de 40x60 cm. Le cycle de séchage dure environ 9h.
  > Prix environ 7.000 € HT

Pour les modèles supérieurs :
- Capacité de 40 à 60 kg/cycle
  > Prix environ 8.500 € HT
- Capacité : 200 kg max /cycle, optimal pour 150 kg.
  > Prix environ 14.000 € HT
- Capacité : 450 kg/cycle max
  > Prix 25.000 € HT avec possibilité de rentrer les chariots directement dans les séchoirs.

Marques éventuelles : *Lineapasta, Pamaroma, Moulin d'Alma Pro, Misa, Italpast, Fical, Dominioni...*

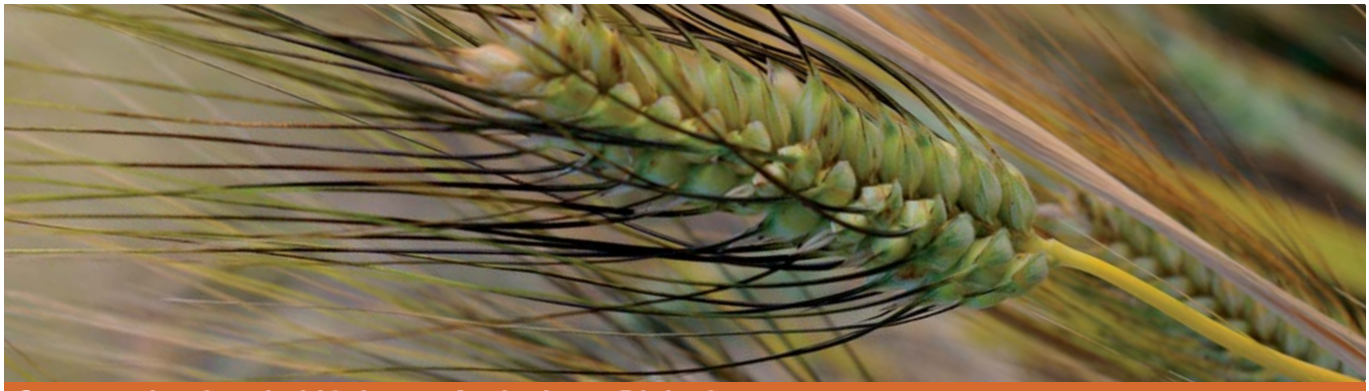
Les ensacheuses

- Avec pesée puis ensachage manuel :
  - balance pro 500 g - 5kg
  > À partir de 50 €
  - thermoscelleuse
  > À partir de 1.000 € HT
- Capacité de 450 kg en 4,5 heures, sachets de 500 g ou 5 kg.
  > Prix 19.000 € HT

Marques éventuelles : *Italpast, Moulins d'Alma Pro, Linepasta...*

8 Analyse économique

Données économiques indicatives pour un exemple ferme bio cultivant environ 5ha de blé dur pour la fabrication de pâtes.



Coût production du blé dur en Agriculture Biologique

Charges mécanisation	forfait 300-400€/ha	350 €/ha
Charges Semences	180 kg/ha à 0,8€/kg	144 €/ha
Charges Fertilisation	60 kg N/ha à 3€/kg	180 €/ha
Autres charges de structures	Foncier 150€/ha	150 €/ha
	Cotisation sociale forfait 80€/ha	80 €/ha
	Charges diverses + autres intrants €/ha (rémunération du capital…)	390 €/ha
	Coût production par ha de blé	**1294 €/ha**
	Rendement moyen blé dur bio en Occitanie	**20 qt/ha**
	Coût de production par quintal de blé	**64,7 €/qt**
	Coût production Blé dur bio €/kg	**0,65 €/kg**

Coût production de la semoule bio

Charges mécanisation meunerie	moulin de type Tyrol 40cm, 7000 € + silo 3500 € + élévateur godet + trieurs = 24000 € à amortir sur 10 ans	2400 €/an
Autres frais matériels	bigbag, sac kraft 25Kg…	500 €/an
Tonnes de farines par an	pour l'amortissement des charges (10 T blé dur + 15 T blé tendre ou autre)	25 T/an
	Charges mécanisation/kg	**0,116 €/kg**
	Charges électricité moulin	**0,02 €/kg**
	Charges de 1ère transformation	**0,136 €/kg**
	Rendement moulin pour 50 % semoule et 25 % farine	**0,75**
	Coût production Semoule et Farine de blé dur €/kg	**0,999 €/kg**

Coût de production des pâtes sèches bio

Charges mécanisation de l'atelier de pâtes	Machine à pâtes 7000 € et séchoir 7000 €, ensacheuse 7000 € = 23000 € à amortir sur 10 ans	2300 €/an
Autres frais matériels	50% sachets kraft 0,15€ et sachets 50 % kraft+plastique 0,3 €, étiquettes	2700 €/an
Charges de commercialisation	Carburants, amortissement véhicule, téléphone, flyer…	3860 €/an
	Tonnes de pâtes par an (120 kg/sem pendant 42 sem)	**5,04 T/an**
	Charges méca/kg	**1,76 €/kg**
	Charges électricité installation	**0,05 €/kg**
	Charges de 2e transformation	**1,81 €/kg**
	Rendement machine à pâtes + séchoir	**0,96**
	Coût production Pâtes €/kg	**2,85 €/kg**

Chiffre d'affaire

Prix de vente		4,5 €/Kg
Marge brute		1,65 €/Kg
Quantité de pâtes produites par an en kg	(120 kg/sem * 42 sem)	5040 kg/an
	Chiffre d'affaire de l'atelier pâtes bio par an	**8325 €/an**
	+ Vente de 2500 kg de farine de blé dur T80 / an à 2,5€/kg dans les mêmes circuits que les pâtes	**6250 €/an**
	+ Vente de 2500 kg son à 0,30€/kg	**750 €/an**
	TOTAL chiffre d'affaire de l'atelier pâtes	**15325 €/an**
Attention à prendre en compte le temps de travail nécessaire	Estimation de temps de travail par semaine : 2 matinées de production de 5 h + 2 sessions d'ensachage et préparation commandes de 3 h + 6 h livraisons	22 h/sem

www.cerealocales.org

en savoir plus ?

"Fabriquer des pâtes dans une ferme en agriculture biologique"

Rédaction : Kristel Moinet, Biocivam 11, et Pierre Boisseleau, GAB 65
Nous remercions nos relecteurs : Alice Becouze Biocivam 11, Axel Wurtz Biocivam 11, Timothée Herviaut, Lucile Gey INRAE, Marie-Françoise Samson INRAE, Anaïs Boury-Esnault INRAE, Gwenaelle Jard Ecole Ingénieur de Purpan, Pierre Delperié Lycée Agricole de Toulouse-Auzeville, Aurélien Marie SCIC Odyssée de l'Engrain et en particulier Julien Tos Pastier et l'Association Moulin Astrié pour leurs conseils avisés
Responsable de publication : GAB 65
Financeurs : l'Union Européenne via le FEADER et la Région Occitanie.
En remerciant la participation de l'INRAE rendue possible grâce au projet ActivaBlé financé par la Région Occitanie.

Document cofinancé par le Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural. L'Europe investit dans les zones rurales.

Crédits photo : David Adam Kess, Popo le Chien, FICAL, Biocivam 11, INRAE, Julien Tos, GAB 65, Quinn Dombrowski, pxhere.com, BEDE, Odyssée de l'Engrain.
Conception graphique : Marie Le Breton, felinae.marie@gmail.com