

LE PETRISSAGE

(Cette fiche ne concerne que le pétrissage mécanique, même si les principes essentiels décrits ici sont pour la plupart valables aussi pour le pétrissage manuel)

1 - Définition

Le pétrissage consiste à :

- Mélanger les ingrédients
- Malaxer la pâte formée

pour obtenir une pâte homogène, consistante, lisse, souple et facile à manier.

Le pétrissage texture la pâte ; cette action correspond au développement du **réseau glutineux** (réseau protéique formé par le gluten) et à l'organisation entrecroisée des différents composants de la pâte (déroulement et orientation des protéines du gluten). Une bonne **texturation** correspond à un bon équilibre entre **élasticité** et **extensibilité**.

Le pétrissage est marqué par l'**hydratation** des différents composants de la pétrissée et par l'incorporation d'air et sa stabilisation dans le réseau protéique et la phase visqueuse de la pâte (fibres-amidon-eau).

Le type de pétrissage conditionne, pour beaucoup, la qualité du pain. Mais nous verrons plus tard que la conduite de la fermentation est encore plus importante.

L'eau joue un rôle majeur dans la texturation de la pâte.

Notons que les différents types de pétrins existants (bras plongeants - ARTOFEX, axe oblique, spirale, double spirale...) ainsi que les différents diagrammes de pétrissage possibles (en jouant sur la vitesse et la durée de travail et de repos), associés en plus à une grande diversité possible dans la conduite de la fermentation, conduisent à une grande diversité possible de productions. A cette diversité de diagrammes de production s'ajoute évidemment, et pour une part éminemment importante, la qualité des matières premières utilisées, principalement la farine et la variété de blé (ou le mélange variétal) utilisée.

2 - Les différentes étapes du pétrissage

2.1 - Le frasage

- = **Mélange** des ingrédients (vitesse lente V1 - 3 à 5 minutes) (empâtement grossier)
 - Dispersion de l'eau entre les particules de la farine
 - Absorption de l'eau par le gluten (gonflement) et l'amidon
 - Dissolution des éléments solubles

⇒ Constitution d'un **milieu visqueux** qui donne à la pâte formée ses propriétés de **déformation**.

Si la consistance de la pâte n'est pas celle attendue, deux corrections sont possibles :

- L'ajout d'eau en cours de frasage s'appelle le **bassinage**.
- L'ajout de farine en cours de frasage s'appelle le **contre-frasage**.

Le boulanger fait tourner sa cuve à l'envers au début du frasage (cas du pétrin à axe oblique, non motorisé), le temps que la pâte en formation commence à entraîner la cuve d'elle-même, par frottement sur la paroi de la cuve.

2.2 - Le repos-autolyse (ou autolyse)

C'est à Raymond Calvel, professeur de boulangerie à l'ENSMIC de 1936 à 1978, que l'on doit l'invention et la mise au point du repos-autolyse, en 1974 au fournil de école de meunerie. Cette innovation repose sur l'évolution et l'amélioration naturelles des propriétés physiques d'une pâte inerte, cette pâte résultant d'un mélange de farine et d'eau, avec éventuellement du malt et de la lécithine, à l'exclusion du sel, de la levure et de l'acide ascorbique.

L'autolyse constitue donc un choix dans la conduite du pétrissage. Elle consiste en un **frasage sans sel ni levure**, suivi d'un **repos** de 15 - 20 minutes à plusieurs heures, dans le pétrin, avant le pétrissage en vitesse rapide (V2). Elle peut être partielle ou totale.

Au cours d'une autolyse, les protéines du gluten s'hydratent et subissent l'action des protéases, enzymes responsables de l'hydrolyse (=dégradation) des protéines ==> elles s'assouplissent (fragments plus courts et moins enchevêtrés). Donc **l'autolyse assouplit le gluten**.

Influence de l'autolyse sur la conduite du pétrissage et la qualité des pâtes et pains :

- En favorisant l'extensibilité de la pâte, l'autolyse améliore son **lissage** (cas notamment d'un gluten fort), sa manipulation, notamment au façonnage, ainsi que les coups de lame.
- Dans le cas d'un **gluten fort**, l'autolyse permet de réduire le temps de pétrissage (extensibilité déjà acquise).
- En limitant l'**oxydation** de la pâte (réduction possible du temps de pétrissage en vitesse rapide), elle préserve aussi la couleur crème et le goût du pain.
- La pâte supporte mieux la division mécanique
- Les pains seront plus réguliers et plus volumineux et auront, en particulier, de beaux coups de lame.

2.3 - Malaxage

= Pétrissage à proprement parlé = Découpage (**cisaillement**), étirage (**extension**), **compression** et **soufflage** (battage, ou encore battement) de la pâte, généralement à vitesse rapide ($V_2 = V_1 \times 2$ - 10 à 20 minutes).

Le malaxage se traduit par le développement du réseau glutineux, la structuration de la pâte et l'incorporation d'air dans la pâte.

On constate une élévation de la **température** de la pâte. L'allongement du pétrissage conduit à des difficultés, entre autres, de maîtrise de la température de la pâte (influence sur la fermentation).

La pâte doit se détacher facilement des parois du pétrin en fin de pétrissage.

Dans le cas d'un choix d'une production d'une pâte molle (ou douce et sur-hydratée), il est conseillée de conduire au départ le pétrissage avec une hydratation se rapprochant d'une pâte bâtarde (pour former correctement le réseau gluténique) et d'incorporer le complément d'eau (environ 5% de la masse d'eau totale) en fin de pétrissage (2 minutes

en vitesse 1 + 2 minutes en vitesse 2 = rallongement de la durée du pétrissage). Il s'agit d'un bassinage.

3 - Les méthodes de pétrissage

La vitesse et la durée du pétrissage ont une influence directe sur la qualité des pâtes et sa destination.

3.1. Le pétrissage à vitesse lente (PVL)

C'est le pétrissage « à l'ancienne », dit aussi « conventionnel » : on n'utilise que la première vitesse. La pâte obtenue a peu de force, le réseau glutineux est grossier et il y a peu d'air incorporé → le pain obtenu est généralement peu développé, sa mie est irrégulière, crème et bien alvéolée et son goût est développé.

La durée du PVL est d'environ 15 minutes (pétrin à axe oblique).

La température de base est généralement voisine de 65°C.

3.2. Le pétrissage intensifié (PI)

Le pétrissage est effectué à vitesse rapide et dure de 18 à 20 minutes pour un pétrin à axe oblique (après un frasage en vitesse lente, de 4 à 5 minutes).

Cette méthode permet d'obtenir une pâte avec un réseau glutineux très développé et d'incorporer beaucoup d'air → L'alvéolage de la mie est important et très régulier.

Le blanchiment de la mie est variable selon la farine utilisée mais est cependant toujours constaté.

Le pain obtenu est très développé mais il a moins de goût qu'en PVL ; sa croûte est fine.

La température de base est généralement voisine de 54°C.

3.3. Le pétrissage amélioré (PA)

C'est un compromis entre le PVL et le PI.

La force de la pâte obtenue est plus importante qu'en pétrissage lent.

Le pain est correctement développé, sa mie n'est pas trop blanche et son goût est correctement développé.

La température de base est généralement voisine de 58°C.

4 - Les paramètres du pétrissage

4.1. Influence de La température

La température (la chaleur) a comme conséquence :

- ↗ déplacement moléculaire
- ↘ forces de liaison moléculaires
- ↗ évaporation
- ↗ vitesse d'hydratation
- ↗ activités enzymatiques
- ↗ fusion = ↘ viscosité (=diminution de la consistance de la pâte)

N.B. : les pâtes chaudes (27-28°C) s'hydratent et se lissent (=acquisition de l'extensibilité) plus rapidement que des pâtes froides mais en fin de pétrissage, tout en restant

plus molles, elles sont cependant plus élastiques et moins extensibles que des pâtes froides (22-23°C).

La température de la pâte en fin de pétrissage est donc déterminante pour que la pâte fermente dans les meilleures conditions et acquiert la consistance correspondant à la formulation choisie : on considère que celle-ci est comprise entre 23 et 25°C pour une pâte de farine de blé (environ 32°C pour des pâtes de farine de seigle). Mais on peut décider de travailler plus froid pour des pâtes destinées à la pousse contrôlée ou à la congélation. ; et inversement, plus chaud pour des pâtes de pain de mie ou de biscottes.

Cette température varie selon la température des ingrédients (farine, eau, levain...) et de l'air ambiant. Le boulanger joue sur la température de l'eau, qui se calcule à partir d'une température de base, somme des températures du fournil, de la farine et de l'eau de coulage. Cette température de base est conditionnée par la durée du pétrissage, la vitesse du bras du pétrin (le type de pétrissage et le type de pétrin) la vitesse et la forme de la cuve, la quantité de pâte traitée, la consistance souhaitée :

$T^{\circ}\text{C de base} = T^{\circ}\text{C de farine} + T^{\circ}\text{C de l'eau} + T^{\circ}\text{C du fournil}$

→ Par exemple, pour une température de pâte recherchée de 25°C et en pétrissage intensifié, la température de base communément adoptée est la suivante :

- pétrin à axe oblique : 52 - 54 °C
- Pétrin Artofex (à bras plongeants) : 55 - 60 °C
- Pétrin à spirale : 43 - 48 °C

Si le refroidissement est impossible (eau, fournil, farine), le boulanger doit adapter son diagramme de fabrication : diminution de la quantité de levure, diminution des températures de fermentation, diminution des temps d'apprêt.

4.2. Détermination et influence de l'hydratation

L'eau favorise la formation de la structure gluténique =>Les pâtes sous-hydratées (voir ci-dessous pâte ferme)freine la structuration de la pâte par rapport aux pâtes dites bâtardes. Pour les pâtes sur-hydratées (voir ci-dessous pâte douce), l'excès d'eau semble créer un effet de dilution qui ne favorise pas le développement du réseau gluténique. En effet, le cisaillement et la compression, nécessaires à l'extension des protéines et provoqués par le pétrissage, ne sont pas efficaces car moins intenses en milieu fluide. Voilà pourquoi il est recommandé de pratiquer, pour ce type de pâte, un bassinage en fin de pétrissage (=réserved une partie de l'eau de coulage - 5% - pour terminer le pétrissage à la consistance choisie, une fois que le gluten a été correctement formé à hydratation normale)

Les pâtes produites sont différentes selon leur destination (le type de pain souhaité, la méthode de fermentation choisie, etc...) et la formulation choisie. Ces pâtes se caractérisent par des consistances différentes. La consistance d'une pâte est liée à la capacité d'absorption d'eau de la farine utilisée : l'amidon absorbe le tiers de son poids en eau, l'amidon endommagé une fois son poids, les matière azotées, deux à trois fois leur poids, sans oublier les fibres (pentosanes) qui elles aussi gonflent au contact de l'eau. Notons en outre que la capacité d'absorption en eau d'une farine détermine le rendement en pain : plus elle est élevée, plus on peut produire une quantité importante de pain avec la même quantité de farine.

On distingue trois type de pâtes, correspondant à des trois taux d'hydratation différents (taux indicatifs car dépendant aussi de la qualité de la farine et son taux d'extraction - on sait en effet par exemple que le taux d'extraction d'une farine conditionne ses capacités d'absorption d'eau) :

- La pâte douce
 - Taux d'hydratation : 65 à 70 %
 - pour des pains rustiques.
 - pointage long et apprêt court.
- La pâte batarde
 - Taux d'hydratation : 60 à 65 %
 - pour la pain, dit, français et les pains spéciaux.
 - Très machinable
- La pâte ferme
 - Taux d'hydratation : 59 à 61 %
 - pour certains pains spéciaux.
 - pour la pousse contrôlée de plus de 48h, la congélation.
 - pain à mie serrée, alvéoles régulières, croûte épaisse (et terne).
 - pâte sujette au croûtage.
 - utilisation d'additifs (pousse contrôlée, surgélation, correction croûte...)

Pour une même farine (ou même formulation) l'augmentation de l'hydratation a pour conséquence :

- Une diminution de la consistance de la pâte et une augmentation des risques de relâchement. Dans tous les cas de travail sur des pâtes volontairement très hydratées, il est nécessaire d'être vigilant sur la prise de force de la pâte. La durée du pointage doit être augmentée et des rabats (rupture de pâte) sont souvent nécessaires.
- Une augmentation des activités enzymatiques et fermentatives
- Une augmentation du rendement en pains (qui s'en plaindra ?!)
- Une formation plus rapide du réseau gluténique (sauf cas de surhydratation)
- Une mie plus irrégulière.

4.3. Influence de l'intensité du pétrissage

- L'élévation de l'intensité du pétrissage (intensité du travail fourni) permet :
 - une augmentation de l'extensibilité (donc du lissage) de la pâte
 - un effet de battage plus intense => une augmentation de la quantité d'air incorporée
 - la division des alvéoles => plus nombreuses, plus régulières et plus petites

En effet, une pâte obtenue par pétrissage conventionnel présente de gros agglomérats non fractionnés, non déformés ; la matrice protéique est irrégulière. Alors qu'en pétrissage intensifié, les agrégats ont disparu ; la matrice protéique présente une extension et orientation des fibrilles protéiques et une formation en réseau continu.

- Après le frasage, le **collant** augmente avec l'intensité du pétrissage d'autant plus rapidement que la pâte est hydratée = ce collant correspond avec une apparition de l'eau en surface. Ce phénomène pourrait être lié à la diminution de la viscosité par élévation de la température de la pâte.

- La **consistance** (ou résistance visqueuse) diminue quand l'intensité du pétrissage croît (= orientation et développement du réseau glutineux, ce qui facilite l'écoulement de la pâte). Au cours d'un même pétrissage, la baisse de consistance est accentuée par l'augmentation de la température de la pâte.

La résistance élastique, elle, s'accroît avec l'intensité du pétrissage mais jusqu'à un certain seuil optimal où résistances visqueuse et élastique semblent se conjuguer pour donner une résistance globale presque constante.

- Le **relâchement** de la pâte au stade du pétrissage, lié à sa stabilité (ou degré d'écoulement), augmente avec l'intensité du pétrissage. Lorsqu'il est trop important, on considère qu'il y a surpétrissage pour la farine considérée. Le boulanger peut jouer sur le taux d'hydratation de sa pâte pour anticiper ce phénomène et limiter les effets du pétrissage intensifié choisi.

- Si une pâte est peu pétrie, elle relâche moins en fin de pétrissage, mais relâche plus à la mise au four. La force d'une pâte augmente effectivement avec la durée du pétrissage mais cependant jusqu'à un seuil au-delà duquel l'extensibilité de la pâte tend à prendre le dessus sur l'élasticité.

- Au pétrissage, l'augmentation du nombre de rotations du frasseur (=augmentation de l'intensité du pétrissage) par minute amène un accroissement de l'**extensibilité**. Par contre, après avoir augmenté, l'**élasticité** tend à diminuer. Cependant, au façonnage, l'extensibilité diminue avec l'élévation de l'intensité du pétrissage et l'élasticité croît, en liaison avec la prise de force de la pâte.

- L'augmentation de l'intensité et du temps du pétrissage provoque une **décoloration** de la pâte (donc une mie plus blanche) liée à l'oxydation des pigments caroténoïdes, en raison de l'importance de l'oxygénation de la pâte. Cette décoloration est cependant moins prononcée lorsque la température des pâtes est basse.

- L'augmentation de l'intensité et du temps du pétrissage provoque aussi une modification des composés aromatiques liée aux réactions d'oxydation catalysées par la lipoxygénase de la farine. (donc une altération de la **flaveur** du pain)

- A condition de ne pas atteindre le surpétrissage, on constate que l'intensité du pétrissage diminue l'épaisseur de la **croûte**, augmente le **volume** des pains, améliore le **coup de lame** (meilleurs développement et régularité) et le croustillant. Ces améliorations sont en grande partie le résultat de l'amélioration de la rétention gazeuse liée à un meilleur développement du réseau gluténique. Elles sont moins marquées si la proportion d'ingrédients comme les sons ou les remoulages, augmente.

- La finesse de la **structure alvéolaire** est augmentée avec l'intensité du pétrissage. L'épaisseur des parois alvéolaires diminue parallèlement. La plus grande cohésion de lamie favorise la diminution de l'émiettement au tranchage.

- La **souplesse de la mie** augmente avec l'intensité du pétrissage : parois alvéolaires plus fines, donc plus souples.

4.4. Influence du sel

L'incorporation du sel se fait traditionnellement en début de pétrissage. Le sel est un inhibiteur des activités enzymatiques ; incorporé en début de pétrissage, il ralentit l'activité des oxydases. Les réactions d'oxydations sur les pigments caroténoïdes et sur les protéines sont par

conséquent moins marquées. Mais, avide d'eau, il retarde la formation du gluten (phénomène de compétition pour l'eau).

Dans la fabrication du pain français obtenu par pétrissage intensifié avec incorporation tardive du sel (5 minutes avant l'arrêt du pétrissage), la décoloration de la pâte est donc plus forte et la prise de force plus marquée (développement de la structure gluténique favorisé) ; les phénomènes de collant sont en outre diminués.

4.5. Influence des ingrédients autres que farine de blé, sel, levure et eau.

Il faut retenir que les ingrédients d'une formule, exempts de protéines aptes à former le gluten, vont ralentir la formation de la pâte. Ceci peut être dû à des effets de dilution, d'enrobage des protéines du blé (cas des matières grasses et des fibres de la farine de seigle par exemple) ou encore de compétition dans la fixation de l'eau (cas des sucres, des fibres glucidiques et du sel par exemple).

Retenons que le pétrissage est optimal avec principalement de la farine et de l'eau.

L'incorporation des autres matières premières peut donc être différée, après le lissage de la pâte.

5 - Le matériel de pétrissage discontinu

Les pétrins professionnels ont généralement deux vitesses de rotation de leur(s) frasseur(s) ; La première vitesse est utilisée pour le frasage et c'est la vitesse unique dans le cas d'un pétrissage à vitesse lente. La deuxième vitesse est la vitesse du pétrissage à proprement parler.

3.1. Le pétrin à axe oblique (à deux branches)

- Une première vitesse de rotation de l'axe oblique, entre 35 et 50 tours / minute.
- Une deuxième vitesse, d'environ le double de la première, entre 70 et 80, à 90 tours / minute.
- La cuve n'est pas entraînée ; la rotation est assurée par le frottement de la pâte contre la paroi de la cuve du pétrin.
- Le travail effectué sur la pâte est essentiellement en **cisaillement** et **extension**.
- La pâte se relaxe entre chaque passage dans l'axe oblique, ce qui limite les phénomènes de déchirement.
- Ce pétrin offre une bonne tolérance aux erreurs de durée de pétrissage et d'hydratation.
- Ce pétrin n'est pas adapté aux petites pétrissées.

3.2 - Le pétrin à bras plongeurs

- Sa conception est basée sur les mouvements des bras du boulanger.
- Le bras gauche, présentant une boucle à son extrémité, racle le fond de la cuve et remonte la pâte ; le bras droit, présentant un crochet à deux dents à son extrémité, étire la pâte.
- Ce pétrin consomme peu d'énergie et provoque un échauffement limité des pâtes.
- Le travail effectué sur la pâte est essentiellement en **extension** (soufflage) et **cisaillement**. L'effet de soufflage qu'il provoque contribue à la formation d'alvéoles très irrégulières.
- Ce pétrin ne convient pas aux pâtes pauvres en gluten (cas extrême : le seigle)

- La formation de la structure gluténique semble plus rapide comparée au pétrin à axe oblique - il est en outre mieux adapté aux farines à gluten souple. Avec les farines actuelles, plus résistantes, le pétrin à axe oblique est plus approprié.

3.3 - Le pétrin à spirale

- Les pétrins à spirale se distinguent par la configuration de la spirale, la géométrie de la cuve et la présence ou non d'une barre centrale (pivot).
- Le travail effectué sur la pâte est essentiellement en **cisaillement** et **compression**. Les effets de soufflage sont limités. La pâte obtenue donne une mie à structure très régulière.
- L'échauffement de la pâte est plus important et nécessite une bonne maîtrise du temps de pétrissage.
- Les vitesses sont plus élevées qu'avec les pétrins à axe oblique ou bras plongeants ; les temps de pétrissage peuvent être, de ce fait, réduits car le développement de la structure gluténique est plus rapide.
- Avec la réduction du temps de pétrissage, on observe une diminution de l'oxydation des pâtes.
- Les pâtes obtenues semblent plus souples.
- Pour des formules pauvres en gluten (type pain au seigle), le lissage est meilleur, ce pétrin travaillant moins en extension.
- Il est possible de travailler des petites quantités de pâtes.
- Les pétrins à double spirale, destinés principalement aux industriels, montrent une grande efficacité de pétrissage.

5.4. Automatisation de pétrissage discontinu

Il s'agit d'assurer une production de pâte en continu à partir de pétrins travaillant en discontinu : on fait avancer automatiquement (carrousel circulaire par exemple) des cuves de pétrissage d'un poste à un autre correspondant aux diverses étapes du pétrissage : introduction des ingrédients, frassage, autolyse si besoin, pétrissage, incorporation d'ingrédients différée, extraction de la pâte pétrie...et retour au premier poste pour un autre chargement en ingrédients, etc.

6 - Le matériel de pétrissage continu

Ce type d'installation s'est notamment imposé avec le développement de la pâte surgelée : les diagrammes de fabrication et les formulations s'écartent en effet des références technologiques traditionnelles et les pétrins traditionnels n'offrent pas beaucoup de souplesse et sont mal adaptés au refroidissement de la pâte.

Le pétrissage en continu permet une augmentation du débit de production, une réorientation de la production vers des produits de longue conservation, l'agrandissement des zones de distribution.

L'apparition des premiers pétrins en continu ne date que de 1986.

Contrairement au pétrissage discontinu, c'est la pâte qui se déplace dans une chaîne de pétrissage (un pétrin) dans lequel se déroulent simultanément les phases du pétrissage : dosage des pulvérulents (farine, sel, améliorants), dosage des liquides (eau, levain, poolish ou autres liquides éventuels), le frassage et le malaxage (le pétrissage). La pâte tombe du frasseur dans le pétrin par l'extrémité opposé à sa sortie, ce pétrin étant conçu de telle manière que la pâte se déplace d'un bout à l'autre du pétrin (entraînement par les pales du rotor) tout en étant pétrie.

En sortie de pétrin, la pâte alimente en continu la diviseuse... On modifie la qualité du pétrissage en jouant sur la vitesse de rotation des batteurs et sur la hauteur de pâte dans la cuve.

Avantages du pétrissage continu :

- lignes de fabrication plus performantes
- très bonne productivité sur des lignes mono-produit pour des pâtes sans pointage.
- Régularité du divisage (du fait de l'alimentation en continu)
- Il répond à la nécessité d'approvisionner des lignes de production très sophistiquées en pâte de qualité constante
- Autorise l'automatisation des productions

Inconvénient du pétrissage continu :

- Une certaine rigidité : modification difficile dans les formulations et le type de pétrissage lié à un pétrin (forme, diamètre et longueur donnés).