

## Divisage, Façonnage et Cuisson du pain

Après le pointage, plus ou moins long selon le protocole choisi, le boulanger divise la pâte en fonction du poids souhaité des pâtons. Puis il les laisse se détendre, avec ou sans boulage, avant de les façonner.

La fermentation se poursuit pendant ces opérations.

Les opérations de divisage, boulage, façonnage et cuisson peuvent être menées de façons discontinues (boulangeries artisanales) ou continues (productions industrielles).

### 1 - Le Divisage (ou la division), boulage et détente

L'objectif de l'opération de divisage est de préparer, à partir d'une quantité de pâte, des pâtons dont la masse est définie en fonction de la masse des produits cuits => le boulanger doit anticiper sur les pertes en cours de panification, cuisson et ressuage :

#### Exemple de poids des pâtons en fonction des types de pains :

(Ces pertes peuvent néanmoins être minimisées selon le type de pâte élaborée (hydratation, force, température de cuisson....))

Poids de pâte	Poids de pain	Type de pains
650 g	500 g	Pain
550 g	400 g	Pain
330 g	250 g	Bâtard
350 g	250 g	Baguette
300g	200 g	Flûte
150 g	100 g	Ficelle
75 g	50 g	Petit pain

Le boulanger a le choix entre plusieurs matériels pour diviser la pâte ; il peut en outre aussi diviser à la main.

- La **division manuelle** est effectuée à l'aide d'un coupe-pâte et d'une balance.

La précision de la coupe manuelle, dès le premier coup de coupe-pâte, est indispensable : il faut éviter les rajouts de morceaux de pâte pour obtenir la masse recherchée, au risque d'observer une diminution du volume des pains. La découpe manuelle revient au goût du jour avec le travail des pâtes surhydratées et collantes, qui nécessitent une quantité importante de farine de fleurage. La recherche de structures alvéolaires très irrégulières nécessite en outre une manipulation délicate de la pâte, plutôt manuelle donc.

- La **division mécanique** est pondérale (discontinue) ou volumétrique (continue)

Le **boulage** est une opération facultative, intermédiaire entre le pesage et le façonnage. Il peut être, lui aussi, manuel ou mécanique. Son objectif est de travailler les pâtons pour faciliter le façonnage : il restructure la pâte pour lui donner plus de tenacité. L'intensité du boulage varie suivant les caractéristiques de la pâte. Il est généralement absent après une division mécanique. Le boulanger peut aussi profiter du boulage pour préfaçonner les pâtons ou leur donner une forme définitive, comme dans le cas de la fabrication des pains ronds.

La **détente** (phase de repos / relaxation de la pâte) permet à la pâte de reprendre de la souplesse ou de l'extensibilité, après les phases de division et boulage, nécessaire pour subir les déformations imposées par le façonnage (mise en forme définitive des pâtons). Si la coupe est

conduite de manière régulière avec un minimum d'étirement et de replis, la mise en forme après division est inutile et le temps de détente avant façonnage peut être court.

### Le matériel

#### - Diviseuse discontinue

- Diviseuse hydraulique à grilles (carrée ou ronde)
  - Dépose de la pâte sur le plateau de la diviseuse
  - Compression et étalement de la pâte par montée du plateau
  - Légère décompression
  - Positionnement manuel de la grille
  - Remontée du plateau contre la grille
  - ⇒ Pb. de rétractation possible entre opérations 2 et 4.
  - ⇒ Irrégularité possible des pâtons
- Diviseuse hydraulique à couteaux (carrée ou ronde)
  - Dépose de la pâte sur le plateau de la diviseuse
  - Simultanément, compression et division de la pâte par remontée des couteaux au travers du plateau
  - => Meilleure régularité des pâtons

#### - Diviseuse continue

- Diviseuse volumétrique

Le principe est de diviser un volume de pâte, dont on connaît la masse volumique, pour obtenir une masse de pâton donnée.

La pâte est déversée dans une trémie puis aspirée dans un piston (dont la course est variable en fonction du volume de pâte recherché) et divisée par un couteau ou un cylindre rotatif.

#### - Bouleuse à bande

Elle est formée par deux tapis en feutre ou en matière synthétique positionnés en V, qui tournent en sens inverse. La différence de vitesse des tapis assure l'avancée des pâtons et l'angle formé entre les deux tapis permet leur serrage.

#### - Chambre à balancelles et parisiens

Elle permet la détente des pâtons, entre le divisage et le façonnage. Elle peut être automatisée (avancement en continu) ou actionnée manuellement (introduction manuelle des pâtons, avancement en discontinu).

Les balancelles sont constituées d'une bande de feutre maintenue par un cadre métallique et disposée en forme d'auge comprenant plusieurs poches (avec ou sans renversement) recevant les pâtons découpés. Le nombre de balancelles de la chambre et d'emplacements par balancelle est variable. Les balancelles sont fixées aux deux extrémités sur une chaîne par un axe articulé sur roulement à billes et effectuent dans la chambre un circuit cyclique dont la durée détermine le temps de repos des pâtons.

L'humidité présente dans ces chambres favorise le développement des moisissures (=> système de séchage ou lampes germicides à rayons infrarouges ou ultraviolets) et les difficultés d'accès et de nettoyage génèrent aussi le développement des mites à farine.

Les meubles dits 'parisiens' demeurent présents dans nombre de boulangeries artisanales et permettent la détente des pâtons sur des planches ou grilles recouvertes d'une toile de lin. Ils se présentent comme des armoires à étagères.

## 2 - Le façonnage

Le façonnage donne la forme définitive au pain et permet éventuellement aussi de corriger certains défauts. Selon le degré de fermentation et la consistance de la pâte, le **serrage** des pâtons est plus ou moins fort (on serre plus fort si le pâton manque de force).

Le façonnage n'est pas obligatoire : certains pains régionaux ou encore les pains dits 'pavés' ne sont pas façonnés ; il peut être manuel ou mécanique.

Le façonnage comprend trois phases : laminage (=dégazage), enroulement (ou boudinage) et allongement. Le dégazage provoque un resserrement de la structure de la pâte et n'est pas sans conséquence sur la division alvéolaire de la mie ; cette division est donc plus intense (nombre d'alvéoles plus élevé - alvéoles plus petites) en façonnage mécanique qu'en façonnage manuel ou encore qu'en l'absence de façonnage. La porosité de la pâte influence aussi son volume, de manière inversée.

L'aptitude à la déformation est liée aux propriétés plastiques de la pâte.

### 2.1. Le laminage

= compression ou aplatissement, => migration des gaz dans et à l'extérieur de la pâte => resserrement de la structure de la pâte = division alvéolaire + ou - intense en fonction de l'intensité de la compression.

Nombre d'alvéoles sans façonnage < façonnage manuel < Façonnage mécanique, et inversement pour la taille des alvéoles.

Avec moins de protéines, la porosité est plus forte (rétention gazeuse plus faible) => structure fermée, et inversement pour les blés riches en protéines, structure plus ouverte et irrégulière.

### 2.2. L'enroulement et L'allongement

Créent des déformations plus ou moins rapides et variables en intensité et en direction de l'intérieur à l'extérieur du pâton.

L'excès de force peut provoquer des déchirures ou encore des phénomènes de cloquages à la cuisson (déchirements et décollement de couches sous périphériques).

Le temps de relaxation des pâtons avant façonnage doit augmenter proportionnellement à la déformation à réaliser (variation de longueur).

## Le matériel

### - Façonneuses obliques

Elles représentent la majorité des façonneuses dans les boulangeries artisanales françaises (faible encombrement et adaptation à la baguette française) ; elles sont souvent posées sur un repose-pâtons.

Elles comprennent : les rouleaux de laminage (écartements variables), une bande grillagée d'enroulement, un couloir d'allongement entre deux tapis tournant en sens inverse (angle de serrage variable) et une table de réception

### - Façonneuses horizontales

A la différence des façonneuses obliques, elles comprennent une table de pré-allongement, entre le laminage et l'allongement. Le circuit suivi par le pâton est plus long

(machines plus encombrantes). Ces façonneuses conduisent donc à un allongement plus progressif, mieux adapté aux pâtes élastiques et fermentées.

Plus on serre les rouleaux, plus la pâte « jette au four » (grigne) mais plus l'alvéolage est régulier ; un laminage modéré, conduit malgré tout à un dégazage important, ce qui peut réduire l'intérêt des fermentations longues lors du pointage.

Un enroulement serré apporte une meilleure tenue des pâtons, une expansion légèrement plus faible lors de la fermentation (Apprêt) et une structure alvéolaire plus régulière.

Un excès de fleurage gêne la jonction entre les couches de pâte à l'enroulement et peut provoquer un décollement des couches de pâte enroulées (=> cavernes dans la mie).

### Influence des principaux facteurs technologiques

- L'hydratation  
 ↗ hydratation => ↗ collant => écartement des rouleaux et farinage +++ => moindre compression => structure alvéolaire de la mie + irrégulière.  
 Si hydratation élevée mais pâte pas trop molle et sans phénomène de collant => ↗ allongement.
- Température  
 ↘ température de la pâte => ↘ prise de force => ↗ allongement
- Acide ascorbique : ↘ allongement
- Cystéine : ↗ allongement
- Quantité de gluten ↗ => ↘ allongement  
 Et inversement, quand on introduit du seigle dans une formulation, on réduit la proportion de gluten et on constate une augmentation de l'allongement.
- Temps de détente (repos) avant façonnage  
 Pour faciliter la déformation d'une pâte difficile à allonger, le boulanger laisse un temps de repos entre deux phases d'allongement. Les pâtes sont effectivement de plus en plus tenaces et ces temps de repos sont régulièrement intégrés dans les processus de panification modernes (influence variétale des blés, formulations plus riches en gluten, acide ascorbique, pâtes moins hydratées).

### 3 - La cuisson

La cuisson résulte d'un échange de chaleur entre l'atmosphère du four et le produit à cuire. Elle entraîne une expansion gazeuse et des transformations physico-chimique de la pâte sous l'action de la chaleur. Elle aboutit à une meilleure aptitude à la conservation, une meilleure digestibilité et une qualité organoleptique caractéristique du produit cuit, selon les sa formulation, la conduite de la panification et les conditions de cuisson.

La cuisson déshydrate, stabilise (cuit) et colore le produit de boulange.

L'énergie calorifique produite est d'origine chimique (combustion de bois, fioul, gaz, charbon), ou électrique (origine chimique (appelée aussi thermique) ou nucléaire) Ou encore électromagnétique (micro-onde).

La maîtrise de l'énergie consiste à choisir une source énergétique, en optimiser l'utilisation, à éviter les pertes de chaleur, à veiller à une combustion complète des matériaux combustibles et au transfert maximal de l'énergie produite sur le produit à cuire.

Les transferts d'énergie se font par conduction, convection ou rayonnement. Le four à sole se caractérise par un travail en rayonnement et en conduction et le four rotatif par un travail rayonnement et en convection.

Les variations de la conductibilité (vitesse de transfert de l'énergie) des matériaux (pierre de lave < ciment réfractaire <<< acier...) utilisés pour les soles conduisent à des différences de comportement au four.

La régularité de la cuisson est aussi affectée par les variations de rayonnement dans le four (déséquilibre entre les températures respectives de la sole et de la voûte) : effet de rive, cintrage, tuilage creux ou bombé...

### 3.1 Les supports de cuisson

L'utilisation de supports de cuisson se justifient par :

- la conception de certains fours qui ne possèdent pas de soles fixes,
- les caractéristiques souhaitées du pain fabriqué (fine épaisseur de la croûte, texture, forme),
- l'instabilité de certaines pâtes.

Il faut retenir que ces supports, en règle générale, freinent l'élévation de la température dans le pain (ils doivent s'échauffer avant de transférer l'énergie au produit à cuire).

- Les plaques métalliques (acier, inox ou aluminium), pleines ou ajourées pour faciliter les transferts de chaleur, à graisser ou à recouvrir de papier sulfurisé avant utilisation, sauf si revêtement téflon ou silicone.
- Les moules (acier, aluminium, plus rarement inox). Pleins ou ajourés. Filets ou rectangulaires. Comme pour les plaques, nécessitent un graissage, sauf si revêtement anti-adhésif.
- Les filets en matières plastiques (tissu métallique ou de fibres de verre enduit de matière plastiques synthétiques de type téflon, silicone ou résines thermo-résistantes). Caractéristiques anti-adhérentes. Conductibilité thermique proche de celle de la pâte => plus grande régularité de la cuisson.
- Le papier sulfurisé = papier traité à l'acide sulfurique en vue d'augmenter la rigidité des fibres cellulosiques et de diminuer sa porosité. Propriétés anti-adhérentes. Support souple de cuisson qui diminue la conductibilité thermique par rapport à des produits de graissage. Cassant après 3 à 4 cuissons.
- Les produits de graissage. Ils doivent s'étaler en un film homogène, être facile d'emploi, ne pas diffuser dans le produit à cuire, être inodore, insipide et non toxique, posséder une bonne conductibilité thermique, ne pas abîmer le moule → utilisation d'émulsions spécialement préparées (souvent en bombe ou injecteur aérosol).

### 3.2 - Les fours

Le four est constitué d'une chambre de cuisson (la sole, les voûtes et les rives) et d'un système de production de chaleur (le foyer).

Il comprend des appareils annexes : appareil à buée, pyromètre, éclairage, tapis enfourneur/défouneur (facultatif), appareil de régulation thermique, organe de tirage...

On distingue les différents types de four selon :

- la nature de la sole, fixe ou mobile.
- le mode de chauffage, direct (la chaleur arrive directement dans la chambre de cuisson) ou indirect (le système de chauffe est indépendant de la chambre de cuisson).
- Le mode d'enfournement, continu (industrie) ou discontinu.

→ Nature de la sole

- Les fours à soles fixes (chauffage direct ou indirect)

Les soles sont constituées de pierre naturelle ou de structures reconstituées (ou ciment réfractaires = association d'éléments minéraux et de résines). La résistance des ciments réfractaires peut être améliorée par un maillage en fibre de verre ou métallique. Leur qualité dépend des matériaux (silice, perlite, vermiculite, bauxite, aluminium...) et des résines qui les composent, de leur épaisseur, de leur tassement (les inclusions d'air diminuent la conductibilité et fragilisent les plaques)

- Les fours à soles mobiles (chauffage direct, électrique ou indirect, à gaz ou fioul)

Le four peut être à sole tournante, à chariots (fours rotatifs ou fixes ventilés) ou encore de type tunnel (usage industriel - chambre de cuisson traversé par un tapis roulant et chauffée au moyen de rampes de gaz ou de panneaux radiants).

→ Mode de chauffage

- Les fours électriques (chauffage 'presque' direct - soles fixes ou mobiles)

L'apport énergétique est effectué par le passage d'un courant électrique à travers des résistances placées dans des gaines métalliques encastrées dans les soles et au niveau des voûtes. Puissance installée comprise entre 4 et 6 kW / m<sup>2</sup>.

- Les fours « romains » (chauffage direct - sole fixe)

La chauffe de la chambre de cuisson se fait par la combustion directe de bois sur la sole. La chauffe du four est interrompue lors de l'enfournement (extraction du bois et des cendres) et la chambre de cuisson doit être rechauffée entre deux fournées.

- Les fours à gueulard (chauffage direct - sole fixe)

Le foyer à bois est indépendant de la chambre de cuisson, un gueulard le surmonte et sert à diriger les flammes vers la chambre de cuisson.

- Les fours vapeurs (ou fours à tubes annulaires = amélioration des fours à tubes Perkins) (chauffage indirect).

Des tubes passent autour du foyer puis forment une boucle fermée autour de la chambre de cuisson ; De l'eau, plus rarement de l'huile, circulent dans ces tubes. Dans le cas, le plus courant, de l'eau, les tubes sont remplis au 2/3 et l'évaporation (partielle) augmente la pression et permet de maintenir une partie de l'eau à l'état liquide tout en ayant une température > 100°C. La vapeur formée circule autour de la chambre de cuisson, perd de sa chaleur, se recondense dans la partie basse du

four où elle repasse autour du foyer pour être de nouveau vaporisé et remonter dans la partie haute du four et échanger ses calories avec la chambre de cuisson, etc...

Le système de chauffe est assuré par un foyer traditionnel au bois ou par un brûleur à fioul ou à gaz. La cuisson est régulière.

Puissance installée comprise entre 7 et 9 kW / m<sup>2</sup>.

- Les fours à convection forcée avec échangeur (Indirect)

Convection (ventilation) d'air chaud autour de la chambre de cuisson. L'air en contact avec le produit est réchauffé par un échangeur en contact lui avec la zone de chauffe.

La présence de l'échangeur donne au four un plus d'inertie (= + long à montée en température) et un peu plus de fond : le rendement thermique est moins bon mais les variations de température lors de l'ouverture de la porte sont atténuées.

- Les fours à convection forcée sans échangeur

Convection (ventilation) d'air chaud autour de la chambre de cuisson. La source chaude cède ses calories à l'air soufflé directement sur les produits à cuire.

### 3.3 - Travail et transformations au cours de la cuisson

- La préparation des pâtons à la cuisson - Scarification

Le rôle principal de la scarification (coups de lame) est de diminuer la résistance de la pâte afin de faciliter son expansion harmonieuse en début de cuisson → canalisation de la poussée gazeuse vers les zones incisées. Intérieurement, l'expansion est plus importante dans les parties incisées, la déformation alvéolaire est plus forte et elle donne des alvéoles plus grosses et plus irrégulières au centre du pain.

D'une manière générale, la scarification s'effectue sur la face du pâton opposée à la zone de soudure du pâton. On obtient des déchirures irrégulières lorsque l'on positionne la zone de soudure au dessus (donc pas en contact avec la sole) qui donnent un caractère recherché rustique au pain.

Absence de coups de lame → Développements anarchiques (éclatement) dans certaines zones moins résistantes à la surpression due à l'expansion gazeuse..

Le nombre et la profondeur des coups de lame augmentent en fonction de la résistance de la pâte, son aptitude à la rétention gazeuse et son potentiel d'expansion.

Les coups de lame donnent l'esthétique du pain.

Pâte jeune (peu développée) → coups de lame profonds.

Pâte très poussée → coups de lame légers, en surface.

Pâte de pain de seigle (pâte très poreuse) → les coups de lame se traduisent pas de simples piqûres de surface →, poussée gazeuse plus régulière et section plus ronde.

- L'embuage

La vaporisation de l'eau sous forme de buée se fait avant et après l'enfournement des pains.

Son rôle : condensation sur les pâtons => maintien de la souplesse =>

- Eviter une déshydratation prématurée de la pâte

- Permet une meilleure expansion et déformation alvéolaire en début de cuisson
- Le retard dans la formation de la croûte contribue à diminuer son épaisseur
- Favorise les réactions de coloration.
  - o Si la buée est insuffisante => croûte terne et coups de lame qui déchirent
  - o Si la buée est excessive => insuffisance de coloration, aspect brillant et lustré (il faut plus d'énergie pour vaporiser la buée et la condensation provoque un réfléchissement plus important) et les coups de lame se referment. Il faut prolonger la cuisson.
  - o Il faut maîtriser le dosage de la buée pour optimiser le développement et les coups de lame.
- Si l'évacuation des buées et vapeurs de cuisson est importante, cela favorise le dessèchement ; la température en périphérie s'abaisse, la pénétration de la chaleur est plus lente et les réactions de coloration sont freinées.
- Si on maintient la pression de vapeur, on limite la formation de la croûte et on favorise la cuisson interne

### 3.4 - Les paramètres de la cuisson

- L'humidité : l'excès de buée et humidité relative de l'air élevée freinent l'évaporation => augmentation du temps de cuisson.
- La température  
 Four trop chaud => pâte saisie, croûte formée trop rapidement => développement pénalisé, coups de lames irréguliers. Réactions rapides de coloration => défournement rapide alors que le produit est encore humide.  
 Four trop doux : croûte formée plus tardivement mais développement pénalisé tout de même en raison d'une expansion plus faible des gaz => le pâton a tendance à s'élargir donnant ainsi une section plate. Les coups de lame sont plus déchirés. Cuisson plus longue pour obtenir une coloration suffisante mais de ce fait, croûte plus épaisse (dessèchement supérieur).  
 Pour des pâtes fermes => cuire à four doux, avec buée importante  
 Pour des pâtes molles => cuire à four vif (sur sole) et élimination des buées en fin de cuisson.
- La durée : en règle générale, la durée de cuisson augmente proportionnellement à la masse et à la section des pâtons. Elle est influencée par l'humidité environnante et la chaleur spécifique des constituants (matière grasse, sucre...) des pâtons. Exemple de la cuisson des brioches qui est plus rapide que celle des pains, même à des températures plus basses. Les produits très hydratés doivent être cuits à des températures plus élevées ou plus longtemps que d'ordinaire.
- La gélatinisation de l'amidon intervient entre 60 et 85°C (dans le produit), la coagulation des protéines, à partir de 70°C. La cuisson s'accompagne aussi d'une phase de dessiccation.
- L'élévation de température se fait plus rapidement dans les pains de section faible ; l'expansion est de ce fait plus rapide et il est donc possible de travailler à des températures plus fortes.



### 3.6 - Comparaison four rotatif / four à sole

<p><b>Four à sole :</b></p> <p>↗ conduction , ↗ rayonnement et  ↘ convection ⇒ ↘ vitesse d'évaporation  ⇒ ↘ vitesse de transfert de l'eau du centre  vers la périphérie du pain ⇒ élévation de  température plus forte en périphérie ⇒ for-  mation plus rapide de la croûte et  ↗ élévation de température dans le pain ⇒  ↗ capacités d'expansion.</p>	<p><b>Four à chariot rotatif :</b></p> <p>↗ convection, ↘ conduction ⇒ ↗ vitesse  d'évaporation ⇒ ↗ vitesse de transfert de  l'eau du centre vers la périphérie du pain  ⇒ ↗ absorption de chaleur plus forte en  périphérie nécessaire à la vaporisation  ⇒ formation plus lente de la croûte et  ↘ élévation de température dans le pain  ⇒ ↘ capacités d'expansion.</p>
--	--

### 3.6 - Evolution des produits après cuisson

Après la cuisson, on constate deux phénomènes : le ressuage et le rassissement.

- Le ressuage correspond au refroidissement du pain et se caractérise par un dégagement de vapeur d'eau. Pour éviter le ramollissement de la croûte, il faut veiller à assurer une bonne circulation d'air entre les pains.
- Craquellement  
Des fêlures au niveau de la croûte peuvent être constatées au moment du ressuage.
- Le rassissement correspond à une perte d'eau partielle de la mie et à sa redistribution à l'intérieur du pain : l'eau captée par l'amidon lors de sa gélatinisation à la cuisson s'échappe partiellement de l'amidon qui tend ainsi à reprendre sa structure initiale (rétrogradation) et à faire durcir la mie. L'eau se dirige vers la croûte qui se dessèche si l'air est sec ou bien ramollit si l'air ambiant est humide.

Le rassissement intervient plus rapidement si l'eau de coulage était trop chaude, l'air ambiant très sec, la dose de levure utilisée trop importante, la pâte contenait trop d'améliorants (développement excessif du pain) ou encore le pâton trop développé.

Le rassissement est retardé si on augmente l'hydratation de la pâte (on freine la rétrogradation de l'amidon), on utilise de la farine à taux élevé d'amidon endommagé (accroissement les capacités d'hydratation de l'amidon), on surgèle pain (évidemment !), on augmente l'acidité de la pâte (utilisation de levain ou de pâte préfermentée), on utilise comme additif de la lécithine, on augmente le taux de gluten (et donc la aussi les capacités d'hydratation de la pâte), ou encore si on ne pétrir pas trop et si on réduit les temps d'apprêt (limitation du volume)