

DU FRASAGE AU POINTAGE

La science du pétrissage

Ce qui se passe vraiment dans votre cuve cuve

Quatre phases. Des dizaines de réactions moléculaires. Une fenêtre de travail de quelques minutes. **Comprendre ces mécanismes, c'est ne plus jamais rater une pétrissée.** Et c'est comprendre pourquoi chaque choix d'ingénierie de nos pétrins a une raison précise.

I PHASE 01 · OBLIGATOIRE le frasage - le premier contact

L'eau entre dans le pétrin. La farine suit. Le bras démarre en première vitesse. Ce qui paraît simple est en réalité le moment le plus déterminant de toute la panification.

Le frasage est le **premier contact entre l'eau et les composants de la farine**. Il doit se faire obligatoirement à petite vitesse, pendant 6 minutes minimum. Pas par convention - par nécessité physicochimique.

A

CE QUI SE PASSE · AMIDON

Gonflement des granules d'amidon

Au contact de l'eau, les granules d'amidon absorbent jusqu'à **30 % de leur poids en eau** et gonflent sans se dissoudre. Ce processus est lent : il faut du temps pour que l'eau pénètre les zones denses. Une vitesse trop élevée projetterait la farine avant qu'elle soit hydratée - créant des zones sèches irrémédiables au cœur de la pâte.

6 MIN · VITESSE 1 UNIQUEMENT

B

CE QUI SE PASSE · PROTÉINES

Hydratation des gliadines et gluténines

Les deux familles de protéines de la farine - **gliadines** (extensibilité) et **gluténines** (élasticité) - s'hydratent et commencent à se dérouler. Cette hydratation est lente et incomplète lors d'un simple mélange rapide. Les 6 minutes de frasage lent laissent à l'eau le temps de pénétrer uniformément dans toute la masse protéique, y compris dans les zones denses qui résistent à l'eau.

GLIADINES + GLUTÉNINES + H₂O → PRÉ-GLUTEN



CE QUI SE PASSE · RÉSULTAT

La pâte est grossière - c'est normal

En fin de frasage, la pâte est hétérogène, encore friable par endroits . Elle n'a pas de force, pas de structure. Ce n'est pas un échec : c'est l'état attendu. **Le frasage ne construit pas le gluten - il crée les conditions pour que le gluten se construise.** Tout ce qui vient ensuite dépend de la qualité de cette hydratation initiale.

6^{min}

DURÉE MINIMALE
VITESSE 1

30%

ABSORPTION EAU
GRANULES AMIDON

V1

OBLIGATOIRE

0

GLUTEN FORMÉ
À CE STADE

II

PHASE 02 · OPTIONNELLE MAIS PUISSANTE

l'autolyse - la fermentation sans levure

*Repos de la pâte, farine + eau uniquement, 20 à 60 minutes.
Formalisée par le professeur Raymond Calvel dans les années
1970. Mais ce n'est pas un repos - c'est une révolution
moléculaire silencieuse.*

L'autolyse est l'une des étapes les plus mal comprises de la panification. Elle n'est pas une pause mécanique. C'est une **dégradation enzymatique contrôlée, une restructuration moléculaire autonome, et une réduction chimique du gluten** - trois processus simultanés qui transforment la pâte brute du frasage en un réseau prêt à travailler.

RÉACTION 01 · ENZYMES

Activation des protéases dormantes

La farine contient des **cystéine-protéases et sérine-protéases dormantes**. Dès que l'eau est présente et la température favorable (20-25°C), ces enzymes s'activent et hydrolysent les liaisons peptidiques des longues chaînes de gluténines. La pâte devient *mécaniquement plus extensible et plus souple* - c'est la protéolyse partielle dirigée.

RÉACTION 02 · AUTO-ORGANISATION

Construction autonome du réseau glutineux

Sans énergie mécanique, les chaînes protéiques partiellement hydratées s'alignent et forment des **liaisons hydrogène et disulfure spontanées**. Ce réseau auto-organisé est plus régulier et homogène que celui produit par le pétrissage seul - parce que le pétrissage introduit de la turbulence là où l'autolyse *laisse les molécules trouver leur équilibre naturel*.

RÉACTION 03 · PARADOXE CHIMIQUE

Réduction des ponts disulfure - le paradoxe de l'extensibilité

Sans oxygène (pâte compacte non aérée), les ponts disulfure oxydés -S-S- sont partiellement réduits en thiols -SH. Ce phénomène réducteur assouplit le gluten. C'est l'inverse du pétrissage prolongé qui oxyde et rigidifie. Résultat paradoxal : une pâte à la fois mieux structurée et plus extensible. Les boulangers la décrivent comme "soyeuse" ou "vivante".

RÉACTION 04 · AMYLASES

Amorce de l'amylolyse - préparation du substrat

Les α et β -amylases dégradent l'amidon endommagé lors de la mouture en dextrines puis en **maltose fermentescible**. Ce sucre sera la nourriture des levures lors du pétrissage. L'autolyse prépare le terrain sans déclencher la fermentation - car sans levure, pas de CO₂. Attention : sur les farines enzymatiques (T80, épeautre, khorasan), une autolyse trop longue produit un excès de sucres simples qui *colle la pâte*.

« Une autolyse de 30 minutes réduit le temps de pétrissage nécessaire de 25 à 35 % - et produit un réseau glutineux qu'aucun pétrissage seul ne peut égaler. »

RAYMOND CALVEL · PROFESSEUR À L'ENSMIC · ANNÉES 1970

PARAMÈTRE	SANS AUTOLYSE	AVEC AUTOLYSE 30 MIN
Extensibilité	Faible à moyenne	+20 à 40 %
Ténacité (résistance)	Élevée	Réduite · pâte souple
Temps de pétrissage	100 %	-25 à 35 %
Développement alvéolaire	Standard	Supérieur
Précurseurs aromatiques	Standard	Très supérieur (protéolyse libère acides aminés)
Échauffement par friction	Standard	Réduit (pétrissage plus court)

PHASE 03 · CENTRALE

III le pétrissage final - incorporation, consolidation, point de pâte

La pâte qui entre en pétrissage après autolyse n'est plus la même qu'une pâte fraîchement mélangée. Le pétrissage ne repart pas de zéro - il aligne, lie et consolide ce qui s'est auto-organisé pendant le repos.

1

INCORPORATION · SEL EN PREMIER

Le choc ionique du sel

Le sel n'est pas une convention - c'est une nécessité physicochimique. Le NaCl se dissocie en **Na⁺ et Cl⁻** qui se fixent sur les groupements carboxylates (-COO⁻) des chaînes protéiques, neutralisant les charges négatives qui se repoussaient. Résultat : les chaînes se rapprochent, de nouvelles liaisons hydrogène se forment, le réseau devient *plus dense, plus tendu, plus élastique*. Simultanément, le sel capte l'eau libre et **inhibe les protéases** - stoppant exactement la protéolyse de l'autolyse au bon moment. Le sel ne doit jamais être mis en contact direct avec la levure : il est toxique pour elle.

2

INCORPORATION · LEVURE OU LEVAIN

Inoculation du système vivant

Avec levure commerciale : les cellules de *Saccharomyces cerevisiae* se réhydratent. Leur membrane, fragilisée lors de la lyophilisation, se reconstitue. Elles ne sont pas encore actives au sens métabolique - leur activité (zymase, maltase) démarrera avec la montée en température et la disponibilité en substrat.

Avec levain : on inocule une population mixte déjà active (levures + bactéries lactiques). Le levain apporte ses propres acides organiques (pH 3,8-4,2) qui abaissent immédiatement le pH de la pâte, modifient la charge ionique des protéines et *renforcent le gluten avant même que le pétrissage ne commence*.

Alignement et pontage des chaînes protéiques

Chaque tour de bras exerce des forces de **cisaillement, d'élongation et de compression** sur le réseau protéique. Les longues chaînes de gluténines - organisées aléatoirement après l'autolyse - *s'orientent progressivement dans le sens de l'effort* : phénomène analogue à l'étirage d'un polymère (état pelote → état fibrillaire).

Simultanément, le rapprochement physique des groupements thiol (-SH) de chaînes différentes, en présence d'oxygène, forme des **ponts disulfure inter-chaînes** (-S-S-) qui soudent le réseau. C'est cumulatif : chaque minute de pétrissage ajoute des ponts.

-SH + -SH + O₂ → -S-S- · PROCESSUS CUMULATIF

Le paradoxe de l'air incorporé

Les bulles d'air incorporées sont les **nucléi d'alvéolage** : le CO₂ de la fermentation ne crée pas de nouvelles bulles - il gonfle celles créées pendant le pétrissage. Mais l'oxygène de ces bulles a un double effet :

✓ Positif : oxyde les ponts disulfure (renforce le gluten), active les lipoxygénases.

✗ Négatif : oxyde les *caroténoïdes* - pigments naturels responsables de la couleur crème et des précurseurs aromatiques. **Un pain très pétri : mie blanche, légère, sans goût. Un pain peu pétri : mie crème, irrégulière, aromatique.**

L'échauffement par friction - le coefficient CF

Chaque tour de pétrin transforme une partie de l'énergie mécanique en chaleur. Cet échauffement est spécifique à chaque machine :

T° eau = (3 × T° pâte souhaitée) - T° farine - T° ambiance - CF

Comment lire le point de développement optimal

Le pétrissage s'arrête non pas à un temps fixe, mais quand la pâte atteint son optimum. Trois indicateurs simultanés :

Test de la fenêtre de gluten : on étire un morceau de pâte entre les doigts. Film translucide sans rupture = gluten au point. Déchirure immédiate = sous-développé. Trop résistant = risque de sur-pétrissage.

Température sonde : paramètre le plus objectif et actionnable.

Aspect visuel : pâte lisse et satinée, se décolle proprement de la cuve, reprend légèrement sa forme après déformation.

Le sur-pétrissage est irréversible : le réseau se rompt, la pâte devient brillante et collante. Il n'y a pas de retour possible.

Cisaillement répété	Alignement des chaînes	Réseau orienté, plus fort
Rapprochement protéines	Formation ponts -S-S-	Élasticité, cohésion
Incorporation d'air	Oxydation + nucléi d'alvéolage	Structure future de la mie
Friction	Échauffement 1 à 4°C	Activation levures
Dispersion du sel	Inhibition protéases + renfort ionique	Fin de la protéolyse
Sur-pétrissage	Rupture des chaînes	Pâte collante - irréversible

IV PHASE 04 · FERMENTATION EN MASSE *le pointage - quand la pâte travaille seule*

Le boulanger a terminé son travail. La pâte repose en masse, non divisée. De 30 minutes à 18 heures selon la méthode. C'est maintenant que se construit l'essentiel : le goût, la structure, la conservation.

Le pointage est une **transformation biologique, chimique et physique simultanée**. Trois processus s'enchaînent et interagissent sans que le boulanger n'intervienne. Comprendre ces mécanismes, c'est comprendre pourquoi la durée et la température du pointage changent radicalement chaque paramètre du pain final.

BIOLOGIE 01 · Sur LEVURES

Fermentation alcoolique - production de CO₂

Les levures (*Saccharomyces cerevisiae* ou *Kazachstania humilis* en levain) passent rapidement en **métabolisme anaérobie** :

Glucose → 2 CO₂ + 2 éthanol + ATP Le CO₂ ne crée pas de nouvelles bulles - il diffuse dans les nucléi d'alvéolage créés pendant le pétrissage. C'est pour cela que l'alvéolage final est déterminé dès le pétrissage. À 25°C : phase exponentielle. À 4°C : métabolisme quasi suspendu.

BIOLOGIE 02 · Sur Levain

Double voie fermentaire - goût et conservation

Les bactéries lactiques (LAB) opèrent selon deux voies selon température et hydratation : **Homofermentaire** : glucose → acide lactique (goût rond, doux)

Hétérofermentaire : glucose → acide lactique + acide acétique + CO₂ (mordant, conservation)

À *basse température et faible hydratation*, les hétérofermentaires dominent : plus d'acide acétique → croûte plus croustillante → conservation prolongée.

Chute du pH - 3 effets en cascade

Le pH chute de 6,2 en début de pointage à 4,8-5,2 en fin (levain mature).
 Cette acidification déclenche trois effets structurants :

Sur le gluten : renforcement des liaisons ioniques → le gluten "serre" → façonnage plus facile. **Sur les amylases** : à pH < 5,5, les α-amylases ralentissent → auto-régulation de l'amylolyse.
Sur les pathogènes : à pH < 5, le *Bacillus subtilis* (filance du pain) est inhibé → conservation naturelle du pain au levain.

Formation des précurseurs aromatiques

Pendant le pointage se forment les composés qui deviendront les arômes à la cuisson :

- **Acides aminés libres** (protéolyse continue) → réaction de Maillard → centaines d'arômes
- **Acides organiques** (lactique, acétique) → acidité de mie, profil gustatif
- **Alcools et esters** (éthanol, propanol) → bouquet de croûte
- **Aldéhydes et cétones** → notes de noisette, caramel, beurre

Pointage court à haute T° → pain insipide. Pointage long à 4-6°C (12-18h) → arômes complexes, croûte fine et craquante.

Fermentation alcoolique	Levures	CO ₂ → gonflement alvéoles
Fermentation lactique/acétique	Bactéries LAB	Acidification · Goût · Conservation
Protéolyse continue	Protéases endogènes	Assouplissement gluten · Arômes
Amylolyse	Amylases	Sucres résiduels · Couleur croûte
Gonflement alvéolaire	CO ₂ + réseau glutineux	Structure finale de la mie
Acidification	Acides organiques	pH 6,2 → 4,8-5,2

APPLICATION TECHNIQUE

Pourquoi les pétrins MERAND

Ce que la science impose. Ce que nos machines respectent.

Tout ce que vous venez de lire - frasage à vitesse 1, paradoxe de l'autolyse, coefficient de friction, sur-pétrissage irréversible - ce sont exactement les contraintes auxquelles nos ingénieurs ont répondu.

Pas de marketing. De la mécanique appliquée à la biochimie.

Un pétrin n'est pas une machine qui mélange.

C'est un instrument de précision qui intervient dans des réactions moléculaires irréversibles. Chaque compromis d'ingénierie a un impact direct sur le gluten, les arômes et le travail du boulanger.

Première vitesse ultra-lente et stable

Nos pétrins disposent d'une **première vitesse calibrée à bas régime constant**, sans à-coups ni variation de couple. Le bras n'accélère pas lors de la rencontre avec les zones denses de farine - il maintient le même effort, garantissant une hydratation uniforme de l'amidon et des protéines dès le premier contact.

Temps d'autolyse Paramétrable

Nos pétrins permettent de **programmer une phase de repos automatique** entre le frasage et le pétrissage final. La cuve reste stationnaire, la température de la salle est mesurée en continu

Suivi de la température en temps réel

Equipé d'une sonde, nos pétrins permettent de suivre la température en temps réel.

Pesée intégrée au pétrin

Comment structurer un bon pétrissage, si les pesées ne sont pas correctement faites, nos pétrins sont équipés d'un système de pesée afin d'incorporer chaque ingrédient au bon moment et que chaque pesée soit correctement validée

**“Nos Pétrins sont pensé par des
boulangers, pour des boulangers”**

PROCHAINE ÉTAPE

**Venez voir
La Boulangerie
en action.**

Nous vous accueillons dans nos Baking Lab

Pour tester nos machines

Apportez votre farine. Apportez vos questions.

Nous vous apporterons le reste

Prochain épisode :

La Division & le Façonnage - tension de peau, dégazage contrôlé, mémoire du gluten.