

LA FERMENTATION PANAIRE

1 - La levure

La levure est un champignon microscopique unicellulaire de la famille des ascomycètes. La levure utilisée en boulangerie appartient au genre *Saccharomyces*, espèce *cerevisiae*.

La levure *Saccharomyces cerevisiae* a un cycle biologique particulier. Elle est capable de se multiplier sous deux formes : une forme diploïde ($2n = 32$ chromosomes) et une forme haploïde ($1n = 16$ chromosomes).

Les cellules de la levure sont sphériques ou ovales et mesurent environ $1/100^{\text{ème}}$ de millimètre ((à $10\mu\text{m}$). Dans 1 gramme de levure en pain (culture de levures, concentrée puis pressée), il y a 5 à 12 milliards de cellules.

Les cellules haploïdes se multiplient en bourgeonnant : la cellule mère bourgeonne une cellule fille plus petite (mitose), mais possédant la même information génétique. Une cellule mère donne ainsi 20 à 25 cellules filles. Il existe des cellules haploïdes "a" et des cellules haploïdes "α" qui correspondent à des signes sexuels distincts ; c'est la fusion entre une cellule "a" et une "α" qui donne naissance à une cellule diploïde "a/α". Tant que l'environnement est favorable, le diploïde se multiplie par bourgeonnement. Si les nutriments viennent à manquer, la cellule repasse en phase haploïde par un processus de méiose. On obtient finalement quatre noyaux haploïdes qui sont inclus dans les spores (ou ascospores) contenues dans un sac appelé asque. L'enveloppe de l'asque se rompt à maturité et libère alors deux cellules "a" et deux cellules "α" qui peuvent recommencer le cycle.

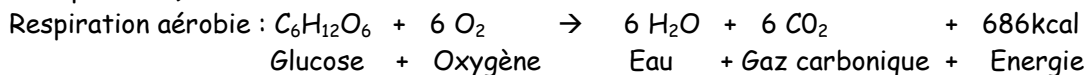
1.1. Mode de vie de la levure

1.1.1 Développement de la levure

Pour son développement la levure de boulanger a besoin de composés carbonés source de carbone et d'énergie, de composés azotés réduits sous forme d'ammonium., d'éléments minéraux variés, vitamines et facteurs de croissance.

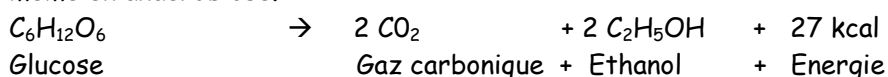
La levure a la particularité de pouvoir vivre en présence ou en absence d'air : ces deux processus énergétiques sont la respiration et la fermentation. Elle se nourrit de glucose et de fructose (sucres simples).

En présence d'air, la levure respire : elle dégrade les sucres simples (en C6) présents dans son milieu de vie, par un métabolisme oxydatif qui conduit à la formation d'eau, de gaz carbonique et une grande quantité d'énergie (vie, croissance et multiplication).



Cette voie métabolique est très énergétique et permet aux cellules une importante multiplication.

En l'absence d'air, la levure fermente : grâce à ses enzymes (les zymases), elle dégrade les sucres simples (en C6) présents dans son milieu de vie, par un métabolisme fermentatif qui conduit à la formation de gaz carbonique, d'alcool et un peu moins d'énergie, Ce métabolisme fermentatif moins énergétique que le métabolisme oxydatif, affecte la multiplication cellulaire mais a l'avantage de permettre à la levure de survivre même en anaérobiose.



1.1.2. Paramètres influençant l'activité levurienne

- L'hydratation

L'eau facilite l'activité de la levure en améliorant la mobilité des cellules de levure, en dissolvant les constituants fermentescibles et en assurant le contact entre les enzymes et le substrat.

La baisse d'hydratation opérée pour maintenir le niveau de consistance lorsqu'on incorpore certains ingrédients comme la matière grasse ou le sucre, diminue l'activité levurienne (=> on augmente l'apport de levure pour compenser cette diminution d'activité)

- Le pH

La plage optimale de pH pour l'activité levurienne se situe entre 4,6 et 6.

Dans les pâtes ensemencées à la levure, le pH varie de 5,2 à 5,7.

- La température

L'augmentation de la température, jusque 40°C cependant, accélère la fermentation des sucres par la levure. A partir de 50°C (début de la cuisson du pain), l'inactivation des levures commence. En boulangerie française, on considère que la température optimale de fermentation se situe aux environs de 27°C, permettant un compromis entre la vitesse de fermentation (production de gaz) et la qualité technologique des pâtes (texture).

Aux températures basses, proches de 0°C, l'activité est quasiment nulle.

La levure se conserve en congélation, à condition que la congélation soit rapide (surgélation). Une partie des levures congelées dans un produit de panification est cependant détruite en congélation (déshydratation létale des cellules par osmose : la concentration (donc la pression osmotique) du milieu hydraté cristallisé (gelé) augmente et l'eau migre de l'intérieur de la cellule à l'extérieur) notamment les levures en phase de bourgeonnement (reproduction asexuée) => on augmente les doses de levure dans les pâtes destinées à être congelées pour compenser cette létalité.

- La pression osmotique et la force ionique

Le sel et les sucres augmentent la pression osmotique et modifient (diminuent) de ce fait l'activité levurienne. Cette augmentation de la pression osmotique conduit à la diffusion de l'eau intracellulaire vers l'extérieur de la cellule, donc à une déshydratation.

Les sucres cependant, à des doses inférieures à 10%, active la fermentation.

D'autre part, la dissociation du sel dans l'eau (sous forme ionique Na⁺ et Cl⁻), contribue à diminuer les activités enzymatiques, donc le fonctionnement de la levure.

- La concentration en alcool

L'augmentation de la concentration en alcool au cours de la fermentation autofreine progressivement l'activité levurienne.

1.2. Le rôle de la levure dans la fabrication du pain

La levure assure la production de gaz carbonique au sein de la pâte au cours d'un processus de fermentation. Ce gaz s'accumule dans des alvéoles qui s'épanouissent dans la mie au cours de la cuisson. En plus de ces composés majoritaires, éthanol et gaz carbonique, des alcools supérieurs, des aldéhydes, des esters, des acides... sont formés en plus petites quantités et participent qualitativement de façon importante et complexe à la formation des saveurs et de la saveur du pain.

La production d'énergie au cours de la fermentation augmente de manière significative la température des pâtes (entre 2 et 3°C).

Lors de la fermentation panaière, on considère que le milieu est principalement anaérobie. Mais au cours du pétrissage, l'apport d'air et la présence d'oxygène dissous dans l'eau permettent à la levure de fonctionner en aérobiose (respiration). La multiplication cellulaire des levures augmente avec l'hydratation des pâtes. Le facteur de multiplication est lié à une concentration optimale en levures (=il est plus faible lorsque la concentration en levures augmente, en raison de phénomènes de concurrence dans l'utilisation de l'oxygène et des sucres fermentescibles).

Deux catégories de sucres sont disponibles : les sucres directement fermentescibles contenus dans la farine ou apportés par la formulation et les sucres issus de l'hydrolyse de l'amidon (amylolyse) :

- glucose et fructose sont fermentés très rapidement
- le saccharose (sucre de la betterave) est hydrolysé en glucose et fructose grâce à l'invertase de la levure.
- Le maltose issu de l'amylolyse de l'amidon par les α - et β -amylases de la farine (ou apportées par la formulation) pénètre dans la levure grâce à la maltoperméase de la levure et est hydrolysé par la maltase de la levure, en glucose.

En fermentation anaérobie 95% des sucres consommés par la levure sont transformés en CO_2 et éthanol, le reste est engagé dans des processus de fermentations secondaires précurseurs des principaux composés volatils aromatiques (glucose \rightarrow acide pyruvique \rightarrow éthanol, acides organiques comme l'ac. lactique ou encore l'ac. acétique, esters et composés carboxylés).

1.3. Caractéristiques spécifiques des levures de boulangerie

Saccharomyces cerevisiae, selon les conditions de son développement en levurerie, possède des caractéristiques variables (résistances diverses, activités enzymatiques, composition chimique) qui permettent des utilisations spécifiques en boulangerie.

- la levure « rapide » (riche en protéines).
= levure apte à consommer plus rapidement le maltose. Elle se conserve moins bien.
Utilisation préférentielle dans les pays anglo-saxons (Fermentations accélérées)
- la levure « osmotolérante »
= levure résistante à la pression osmotique => utilisée dans les formules de pains au lait ou brioches (riches en sucre).
- la levure cryorésistante
= levure qui résiste mieux à la surgélation

1.4. Les différentes présentations de la levure de boulangerie

La levure est un ingrédient naturel qui ne doit pas être confondu avec les poudres levantes (appelées levure chimique), comme le bicarbonate de sodium.

La levure de boulangerie, *Saccharomyces cerevisiae*, est multipliée en levurerie dans des cuves contenant de la mélasse de sucrerie (résidu de l'extraction du sucre de betterave), des éléments azotés et des minéraux, en milieu fortement oxygéné.

- la « levure crème » (ou « crème de levure »), obtenue après concentration de la culture de levures, centrifugations et lavages = présentation liquide.
- le « pain de levure », obtenu après concentration et pressage. Cette présentation est la plus couramment utilisée en boulangerie.
- la levure « sèche », en grains (à réactiver) ou en paillettes (fermentation instantanée), obtenue après déshydratation.

2 - Les levains

2.1. Définition

Un levain (français) est un agent fermentatif dont l'activité levurienne est significative pour assurer le développement du pain. C'est une pâte particulière préparée à partir de levures sauvages (non sélectionnées, comme *Saccharomyces candida*) et de bactéries présentes dans les matières premières utilisées et dans l'air ambiant. Ces microorganismes favorisent une fermentation plutôt acide (prédominance des bactéries lactiques, comme *lactobacillus*) et produisent des composés aromatiques.

2.2. Les différents types de levains

Les levains sont préparés à partir d'une préfermentation qui a pour but de sélectionner et multiplier les levures sauvages et bactéries (lactiques essentiellement) présentes dans les ingrédients utilisés.

Cette préfermentation peut être spontanée ou dirigée (utilisation de starters - cf.§2.3) ou encore mixte (levain spontané + starter ou levures sélectionnées). D'un point de vue législatif, un pain dit au levain ne doit pas contenir plus de 0,2% de levure boulangère sélectionnée (commerciale) ajoutée volontairement dans la pétrissée (soit 0,2% de la farine de la pétrissée à laquelle on ajoute le levain).

Les levures sauvages ont le même fonctionnement que les levures sélectionnées (cf. §2.)

La conversion des sucres en acide lactique est la principale voie métabolique fournissant l'énergie aux bactéries lactiques. Cette conversion est également impliquée dans la production de différents composés participant aux propriétés organoleptiques des produits fermentés. Deux voies métaboliques ont été décrites pour la fermentation du glucose chez les bactéries lactiques: (1) la voie homofermentaire ou glycolyse qui conduit à la formation de deux molécules d'acide lactique par molécule de glucose; (2) la voie hétérofermentaire par la voie des pentoses phosphates donnant une molécule d'acide lactique, une d'acide acétique et une de CO₂ par molécule de glucose.

Le développement de l'activité microbienne d'un levain est fonction de la flore initiale (*bacillus*, *lactobacillus*, *streptococcus*, *micrococcus*, *enterobacter*, moisissures..) de la farine ensemencée (sa contamination augmente avec son taux d'extraction) et de la flore développée dans l'eau de coulage, dans le cas où l'on y a fait macérer des fruits (pommes, raisins secs...) dans le but de diversifier la flore du levain.

L'acide lactique et l'acide acétique produits par la flore lactique agissent comme antiseptiques sur les contaminants bactériens autres; le levain, tout en se développant, sélectionne finalement les espèces lactiques.

Composition des levains, une fois l'activité microbienne stabilisée :

Levures : 10 à 50 x 10⁶ϕ/g levain

Bactéries : 500 x 10⁶ϕ à 2000 x 10⁶ϕ/g levain.

2.3. Facteurs influençant l'activité des levains

2.3.1. La température

La chaleur accroît l'activité biologique, d'une manière générale, la plage de température de 20 à 35°C convenant à l'ensemble des microorganismes. Pour la boulangerie, la plage 20 - 27°C, qui semble plus favorable aux levures, est couramment adoptée. Il s'agit en outre de ne pas pénaliser les variations organoleptiques et rhéologiques de la pâte.

2.3.2. L'hydratation des levains

Elle varie de 50% (levain ferme) à 100-120% (levain liquide), voire 200% (levain très liquide), son augmentation favorisant l'activité enzymatique et microbiologique. Il faut cependant éviter les phénomènes de dilution avec des hydratations trop fortes, qui peuvent pénaliser l'activité microbienne. A forte hydratation, l'acidité lactique est favorisée par rapport à l'acidité acétique.

Un levain dit chef (cf. §2.3.1) est généralement de consistance plutôt ferme (on ralentit l'activité microbienne en vue de la conservation du levain chef) mais lors de l'élaboration du levain tout point, on le réhydrate progressivement pour activer la fermentation.

2.3.3. Association température / hydratation

A 48h de fermentation, l'acidité maximale est obtenue pour une température de 36°C et une hydratation de 100% et inversement une acidité minimale est obtenue pour une température de 20°C et une hydratation de 50 à 110%.

L'activité des levures est maximale à 36°C et 110% d'hydratation pour une farine blanche, mais à 20°C et 50% d'hydratation pour une farine complète.

2.3.4. Le sel

Le sel a une action inhibitrice sur les levures et bactéries ; son incorporation éventuelle dans les levains contribue donc à réduire la fermentation et parallèlement à limiter l'hydrolyse des pâtes.

Sa présence ou son absence dans le levain doit évidemment être prise en compte dans la formulation des pâtes additionnée de ce levain.

2.3.5. L'acidité du milieu

Une faible acidité (pH entre 4 et 4,5) est favorable à l'activité et des levures et des bactéries. Cette activité ralentit plus fortement pour des doses élevées d'acide acétique (pH < 4) que pour des doses élevées d'acide lactique.

La farine blanche et l'absence de farine de seigle conduisent à des levains peu acides (prédominance de l'acidité lactique).

NB : Attention ! en présence de protéines, la mesure du PH ne reflète pas l'acidité du milieu car les protéines exerce un effet tampon.

2.3.6. L'oxygénation du milieu

La multiplication des levures est fortement accélérée en milieu aérobie. Par conséquent, un pétrissage ou une agitation énergique ainsi que la fréquence des rafraîchis (= réintroduction de farine et d'eau, cf § 2.3) sont favorables à l'oxygénation du milieu donc à l'augmentation de la population levurienne, à condition toutefois que le temps de fermentation entre deux rafraîchis soit suffisant pour permettre le développement des microorganismes et éviter les problèmes de dilution des populations microbiennes.

L'absence d'oxygénation du levain et sa conservation en milieu refroidi permettent de stabiliser la population levurienne.

2.3.7. La composition du milieu

Dans les farines blanches (taux d'extraction faible), les sucres simples représentent 2 à 3 % des glucides totaux (=amidon essentiellement) alors que

dans les remoulages, ils représentent environ 10% des glucides totaux ; ce qui explique la certaine lenteur du démarrage des levains sur farine blanche, contrairement aux farines complètes. Cet effet est accentué par la flore microbienne plus importante dans des farines complètes et d'autant plus qu'il y a de seigle dans la farine utilisée pour la préparation du levain. En effet le grain de seigle, dont la cohésion des enveloppes est plus faible que pour le blé, est plus chargé en germes que le grain de blé.

L'apport de miel ou encore de certains jus de fruits (issus de la macération par exemple de raisin dans l'eau de coulage du levain) contribue aussi à accélérer le démarrage des levains.

2.4. Caractérisation qualitative des levains

Les deux acides formés dans un levain donnent des perceptions acides différentes ; leurs proportions caractérisent donc les levains. Celles-ci dépendent des souches mises en jeu et des conditions de leur développement (température, hydratation, matières premières utilisées...).

On peut caractériser un levain :

- par le rapport entre les deux acides rapporté à leur masses moléculaires respectives (90 pour l'acide lactique, 60 pour l'acide acétique) :

$$QF \text{ (quotient fermentaire)} = (\text{Acide lactique}/90) / (\text{acide acétique} / 60)$$
- par le dénombrement des bactéries et des levures sur des milieux de culture spécifique
- en évaluant l'activité fermentative avec un mesureur de pousse (piston gradué) ou au rhéofermentomètre.

2.5. Influences du levain sur le pain

- Un pain au levain a un goût et une odeur caractéristiques.
 - La mie est légèrement acide.
 - La pousse de la pâte ensemencée par un levain est plus faible et plus lente que celle d'une pâte à la levure (car il y a moins de levures, la flore étant constituée surtout de bactéries).
 - la croûte est plus épaisse ; le pain se conserve mieux.
 - La mie est plus dense, plus élastique et plus irrégulière.
- L'utilisation de levains dans la formulation du pain de seigle, amenant une acidification de la pâte (pH d'environ 4), permet de réduire la forte activité amylasique caractéristique des farines de seigle.

- La valeur nutritionnelle des pains au levain est meilleure ; ils possèdent entre autre moins d'acide phytique, celui-ci ayant l'inconvénient de limiter l'absorption des minéraux :

En effet, certains minéraux des graines de céréales (comme les cations Zn^{++} , Ca^{++} , Fe^{++} , Mg^{++} ou Cu^{++}), en se complexant avec l'acide phytique présents dans ces graines (dans les enveloppes et le germe), forment des phytates, non assimilables par l'organisme. Cet acide phytique peut néanmoins être hydrolysé grâce à la phytase, enzyme thermorésistante, dont l'activité est optimale à des pH acides (environ 5). L'acidification des pâtes par l'utilisation des levains ou l'allongement de la fermentation, permet de réduire la teneur en acide phytique des céréales et d'éliminer en grande partie l'effet décalcifiant attribué aux pains complets ou pains au son.

2.6. Fabrication du levain tout point

2.6.1. A partir d'un levain chef

Le levain chef est obtenu à partir de farine (blé, seigle ou les deux) additionnée d'eau et éventuellement de miel.... On peut aussi utiliser une eau de coulage dans laquelle on a fait macérer des fruits (pommes, raisins secs...) pendant plusieurs jours. Cette première fermentation a pour but de sélectionner et multiplier les levures et bactéries présentes dans les ingrédients utilisés.

A partir de ce levain dit chef, le boulanger réalise plusieurs rafraîchis sur plusieurs jours consécutifs : il pétrit une fraction de son levain en lui rajoutant de la farine et de l'eau et laisse le rafraîchi obtenu fermenter pendant plusieurs heures (jusqu'à 24h), à température ambiante ou contrôlée.

→ levain chef → 1^{er} rafraîchi → levain de première → 2^{ème} rafraîchi → ... → levain tout point.

Le dernier rafraîchi permet d'obtenir une quantité suffisante de levain pour l'ensemencement de la pétrissée.

2.6.2. A partir d'un starter

Le boulanger peut simplifier l'élaboration du levain en utilisant des starters. Ce sont des cultures sélectionnées de bactéries et levures qui permettent de préparer un levain en une seule étape, sur 18 à 24 heures, et de manière constante d'un levain à un autre.

Il est deux types de starters :

- Les starters bactériens = uniquement des bactéries. Ils contribuent à l'acidification de la pâte et à l'apport d'arômes. Comme il n'y a pas d'activité fermentative, un apport complémentaire de levure boulangère est indispensable (appellation pain « au levain » interdit car l'apport de levure est nécessairement > 0,2%).
- Les starters mixtes = bactéries + levures. L'apport de levure est facultatif.

Les starters peuvent être liquides (durée de conservation limitée) ou en poudre (à réhydrater).

Attention ! Les levains dits déshydratés (ou levain secs aromatiques, à ne pas confondre avec starters mixte déshydratés) n'ont plus d'activité fermentative ; ils sont utilisés comme renforçateurs d'arômes. Les doses d'incorporation (au pétrissage) sont de l'ordre de 1 à 3 % du poids de farine.

3 - La fermentation panai

La fermentation de la pâte commence dès le pétrissage et se poursuit jusqu'au début de la cuisson en trois phases distinctes : le pointage, la détente et l'apprêt. Pendant ces phases, la pâte évolue sous l'effet de ses composants (présence de sucres simples préexistants, d'amidon endommagés à la mouture, des enzymes, sel et sucre de la formulation) et de leur mélange, de la température (ambiante et dans la pâte - 18° à 45°C) et le taux d'humidité de l'air ambiant.

Au moment de la cuisson, la fermentation est activée sous l'effet de la chaleur. Mais à 50°C (dans la mie), la levure est détruite et la fermentation s'arrête.

Selon la méthode de pétrissage et/ou de fermentation utilisée, les différentes phases de fermentation sont plus ou moins longues.

N.B. : Une élévation de la température de la pâte de 1°C augmente l'activité fermentative de 10% et plus les quantités de sel ou/et de sucre sont importantes, moins la fermentation est active

L'objectif de la fermentation est d'optimiser le développement de la pâte en fonction des diagrammes de fabrication retenus et de la qualité de pain souhaitée. Les durées et les

conditions de fermentation doivent être rigoureusement définies et respectées. Un excès ou un manque de fermentation peuvent être dus par exemple à une température de pâte trop élevée, ou trop basse, ou encore une durée d'apprêt trop longue ou trop courte.

Dans les méthodes « indirectes » (utilisant par exemple un levain), le pointage est court car il est précédé d'une longue fermentation des levains. Par contre, l'apprêt est long du fait d'une activité plus lente des agents de fermentation et de leur plus faible population.

Dans les méthodes « directes », c'est en principe le contraire (pointage long et apprêt court) mais le type de pétrissage a une influence importante. Ainsi, avec un pétrissage intensifié, le pointage peut être considérablement réduit, voire supprimé, et l'apprêt peut être prolongé de manière notoire.

Dégradation de l'amidon en glucose :

- L'amidon est découpé en petites chaînes par les alpha-amylases de la farine ;
- Les petites chaînes formées sont découpées à leurs extrémités par les bêta-amylases qui libèrent du maltose (formé de deux molécules glucose) ;
- La malto-perméase de la levure permet au maltose de pénétrer dans la cellule de levure ;

- La maltase de la levure coupe le maltose en deux molécules de glucose.

Parallèlement, le glucose préexistant dans la pâte peut pénétrer directement dans la cellule de levure (démarrage rapide de la fermentation) ; le saccharose présent dans la farine, ou ajouté dans la formule, est dégradé en glucose et fructose (sucres simples en C₆) par l'invertase de la farine.

Dans le cas d'une farine hyperdiastatique (par exemple, issue de blés germés), il risque de rester en fin de fermentation (au cours de la cuisson) une quantité importante de « sucres » non consommés par les levures → malgré un bon développement de la pâte, la croûte risque d'être rouge (excès de réaction de Maillard). Inversement, dans le cas d'une farine hypodiastatique non corrigée par l'ajout de malt ou d'amylases, malgré un bon développement possible (stock de sucres fermentescibles épuisé), la quantité de sucres nécessaires à la prise de couleur risque d'être insuffisante.

3.1. Le pointage (parfois aussi appelé le piquage)

Le pointage commence dès l'introduction de la levure (ou du levain) dans le pétrin et se termine au moment de la tourne ou du façonnage. Il correspond à la production de gaz carbonique à partir des sucres préexistants, au début de l'hydrolyse de l'amidon en maltose et de la fermentation de ce maltose par les levures.

Le premier rôle du pointage est de donner de la force à la pâte. Cette prise de force correspond à une modification de la structure de la pâte pour une meilleure rétention des gaz : le gluten devient plus tenace (= plus élastique, imperméable et moins extensible).

Le deuxième rôle du pointage est de favoriser le développement des arômes et aussi d'augmenter l'acidité de la pâte.

Il contribue à la multiplication des microorganismes (ferments).

Au cours du pointage, la structure fibreuse de la pâte est étirée (en raison de la fermentation et de la mise en mouvement conséquente du réseau gluténique). Si le pointage est trop long (ou fermentation trop poussée), cette structure risque de se déchirer => « rupture de pâte » (ou rabats = dégazage) nécessaire → amélioration de la rétention gazeuse et meilleure extensibilité. En résumé :

- ↗ pétrissage => ↘ pointage => ↗ possible de la dose de levure
- ↘ pétrissage => ↗ pointage => ↘ de la dose de levure

La durée du pointage varie en fonction de la méthode de travail et la conduite de la fermentation choisies (voir le paragraphe sur la conduite de la fermentation). Le boulanger doit en outre prendre en compte la température de la pâte en fin de pétrissage et celle du fournil.

- en pétrissage à vitesse lente (PVL), le pointage peut durer au moins 3 heures et peut être entrecoupé de rabats de la pâte.
- en pétrissage amélioré (PA), le pointage peut durer de 1H30 à 2H.
- en pétrissage intensifié (PI), la durée du pointage ne dure pas plus d'une heure et peut même être supprimé ou limité à une dizaine de minutes (utilisation, de produits d'addition favorisant l'oxydation du gluten, comme l'acide ascorbique)

- En travail direct, la durée du pointage est de 45 à 60 minutes.
- Lorsqu'on utilise la préfermentation (poolish, pâte fermentée), la durée du pointage peut être réduite (idem si dose de levure et température plus fortes).
- Dans le cas de travail en pousse contrôlée ou en surgélation, le pointage est presque supprimé pour éviter le départ en fermentation avant refroidissement.

La durée du pointage doit être rallongée :

- en PVL (et inversement, réduit en PI)
- pour des petites pétrissées
- pour de faibles quantités de levure (inférieure à 1,5 %)
- quand la pâte ne comporte pas d'améliorants
- quand la pâte ou l'air ambiant est froid
- quand la pâte est douce (hydratation élevée)

Le pointage peut être conduit de différentes manières :

- en masse (dans la cuve du pétrin ou dans des bacs)
- en pâtons, après le pesage
- en bacs, après pesage et avant diviseuse hydraulique (la pâte prend la forme du bac adapté à la diviseuse utilisée).

Au cours de la détente, entre le pesage et le façonnage, la pâte continue d'évoluer. Cette étape dure de 10 à 30 minutes. Elle peut se faire sur des planches, sur le tour, sur un tapis transporteur (manuel ou motorisé), dans une chambre de repos, dans une chambre de repos à balancelles (godets ou gouttières). Les pâtons seront repris pour le façonnage dans l'ordre où ils ont été pesés.

Le boulage, après la pesée et avant la détente, n'est pas systématique. Il dépend de la mécanisation ou non de la fabrication. Il contribue à obtenir une tourne plus régulière. Il permet en outre de corriger un éventuel manque de force. Il constitue la seule phase de mise en forme des pains ronds. Pour les baguettes et pains longs, on effectue un boulage ovalisé.

3.2. La détente

Elle suit le divisage et précède le façonnage.

La détente est d'autant plus importante que le divisage est plus brutal ; elle permet à la pâte de se relaxer et de mieux « passer » l'opération de façonnage.

La fermentation continue évidemment pendant la détente, c'est pourquoi, sa durée est dans la pratique, souvent incluse dans celle du pointage.

La détente peut se faire sur un « tour » ou dans un meuble « parisien » et plus généralement dans une armoire spéciale (ou chambre, dite « à balancelles ») où température et humidité relative sont mieux maîtrisées.

3.3. L'apprêt (phase de rétention gazeuse)

On désigne sous le nom d'apprêt, la deuxième grande phase de fermentation de la pâte.

L'apprêt débute de la fin du façonnage au début de la cuisson. Il est capital pour le volume du pain. Il permet l'optimisation du développement du pâton avant la mise au four.

Au cours de l'apprêt, le volume du pâton augmente sous l'action de la levure (utilisation du maltose) et grâce au réseau gluténique de la pâte qui s'étire et retient les gaz produits, formant des poches de gaz dont les dimensions varient selon les méthodes.. La pâte commence à prendre une structure alvéolée. Cette évolution du pâton est aussi dépendante de l'hygrométrie (provoque le collant ou suintement des pâtons ou inversement leur croûtage) et de la température de l'air ambiant (provoque une fermentation trop rapide ou prématurée ou inversement freine la fermentation et retarde la maturation de la pâte) ; l'apprêt est optimal à une température de la pâte de 24°C.

La durée de l'apprêt est elle aussi conditionnée par la méthode de travail choisie :

- en pétrissage à vitesse lente (PVL), l'apprêt dure de 1h30 à 2 heures.
- en pétrissage amélioré (PA), l'apprêt dure environ 2 heures.
- en pétrissage intensifié (PI), la durée de l'apprêt est de 3heures environ.

L'apprêt peut être mené à température ambiante (on recouvre les pâtons d'une toile ou d'un plastique ou d'un tissu feutré) ou dans des armoires spéciales appelées « parisiens » ou dans une chambre de fermentation (grilles ou chariots)

L'apprêt peut être mené sur différents supports :

- en bannetons (paniers d'osier de formes variés habillés de toile de lin)
Après le façonnage (tournage), le pâton est déposé dans le banneton préalablement fariné, clé (ou soudure) au dessus => à l'enfournement, on retourne le banneton pour déposer le pâton sur la pelle ou le tapis d'enfournement clé en dessous. La surface coupée (scarification) reste ainsi au contact de la toile et à l'abri de l'air pendant la durée de l'apprêt, ce qui favorise une bonne coupe et un bon développement au four.
- sur couches (toiles de lin)
La toile est posée sur une planche ou une grille ; elle doit avoir une longueur suffisante pour effectuer des plis entre les pâtons. Les pâtons peuvent être placés soudure au dessus (tourne « à gris ») ou soudure en dessous (tourne « à clair »).
- sur plaques ou sur filets
Les pâtons sont disposés, soudure en dessous, sur des plaques ou des filets comportant des logements à la dimension des pains souhaités. Cette méthode permet de réduire les manipulations de pâtons puisque ce sont les plaques qui sont enfournées ; elle donne des pains bien droits et réguliers mais la croûte est moins épaisse et le pain se développe moins bien que sur sole.

4 - Notion de rétention gazeuse et de tolérance

Au cours de la fermentation, les qualités physiques et plastiques de la pâte évoluent en relation avec les modifications subies par le tissu glutineux :

- Etirement des fibrilles protéiques sous l'effet de la poussée des gaz de fermentation

- Perte d'élasticité provoquée par l'action des protéases (ainsi on comprend comment une fermentation trop longue peut conduire à un affaissement des pâtons → rupture due à un étirement excessif des fibrilles protéiques affaiblies par)

Ces transformations du réseau glutineux peuvent être plus ou moins accentuées

IL est important de se rappeler qu'au stade de l'apprêt (fermentation finale), la tenue des pâtons repose sur l'activité fermentaire et sur l'état du gluten au même moment :

- si la pression du gaz à l'intérieur de la pâte est forte mais que la paroi des bulles au sein de la pâte est poreuse, le développement se fait mal.
- Inversement, si le gluten conserve une bonne extensibilité et reste imperméable, le pâton peut subir un long apprêt ; encore faut-il que la fermentation soit encore active.

Le choix du moment de l'enfournement est très important et repose sur l'expérience du boulanger, sa rigueur dans la conduite de la panification et sa connaissance de la farine utilisée. Il revient à estimer la maturité de la pâte, en tenant compte de son activité fermentaire et sa rétention gazeuse, autrement dit sa tolérance.

Ainsi, pour estimer convenablement la qualité de l'apprêt et la stabilité du pâton, on pratique une légère pression du bout des doigts sur le pâton :

- Si l'empreinte du doigt s'efface rapidement, l'apprêt doit être prolongé ;
- Si l'empreinte s'efface lentement, il faut procéder à la cuisson
- Si l'empreinte demeure visible, c'est que l'apprêt a déjà trop duré. Il faut procéder rapidement à la cuisson, mais avec précaution et délicatesse (légère scarification)

On retiendra que la durée totale de la fermentation panaire est conditionnée par :

- le pouvoir enzymatique des farines employées (et améliorants éventuels)
- la méthode de pétrissage employée
- la quantité de levure incorporée et sa qualité fermentaire
- la température de la pâte à la fin du pétrissage
- la consistance de la pâte (pâte douce, bâtarde ou ferme)
- le ferment choisi (levure, levain, poolish, levain-levure, rafrâchi..)
- la température du fournil ou de la chambre de fermentation
- l'hygrométrie de l'air.

En méthode directe, la durée totale est généralement d'environ 3h30 à 4h ; les différences se trouvent entre les durées respectives du pointage et de l'apprêt.

	pointage	apprêt	total
PVL	2h30	1h30	4h
PA	1h30 à 2h	2h	3h30 à 4h
PI	1h	3h	4h

NB : - Les améliorants à base de malt ou d'amylases permettent de prolonger l'activité fermentaire si celle-ci est déficiente

- Les améliorants à base d'acide ascorbique donne au gluten une meilleure structuration et par conséquent une meilleure imperméabilité.

5 - Les différentes Conduites de fermentation

5.1. Le direct

C'est la plus simple des méthodes de fermentation, sans préparation préalable.

Utilisation directe de levure (1 à 3 % du poids de farine).

La farine doit être de bonne qualité plastique
 Les trois types de pétrissage peuvent être utilisés mais en cas de manque de force de la farine, le direct doit être associé à un PVL.

5.2. Les pré-fermentations

Le boulanger anticipe la fermentation en effectuant un travail préparatoire.

5.2.1. Pâte fermentée à la levure

Le boulanger met de côté une partie de la pâte de sa pétrissée et l'ajoute à une autre pétrissée (10 à 20 % du poids de farine) après un temps de fermentation variable (5 à 12 heures à environ 10°C).

Intérêt : Cette technique apporte de la force et des arômes à la pétrissée.

Si la pâte fermentée a subi un pétrissage très court, son incorporation se fait en début de pétrissage de la pétrissée suivante et inversement si son pétrissage a été intensif, elle est incorporée en fin du second pétrissage.

N.B. : Le boulanger peut aussi préparer un « levain-levure » = un tiers de l'eau de coulage, de la farine et de la levure de la pétrissée destinatrice + fermentation 10 à 15 heures.

5.2.2. Poolish

La poolish se compose d'eau et de farine en quantités égales et de levure :

- 2-2,5% de levure/farine → 3h de fermentation à 25°C
- 0,5% de levure/farine → 8h de fermentation à 25°C
- 0,2 à 0,3% de levure/farine → 12h de fermentation à 25°C

(la durée de fermentation peut être prolongée si l'on diminue la température → jusqu'à 7°C)

Elle ne contient pas de sel. Après fermentation, le reste de farine, d'eau, de levure et le sel sont ajoutés à la poolish pour la pétrissée.

Intérêt : La poolish diminue la consistance et augmente l'extensibilité de la pâte, favorisant ainsi le volume du pain ; elle apporte des arômes et améliore les coups de lame. Le pain obtenu présente une mie longue et alvéolée et il se conserve mieux. Les temps de pointage et d'apprêt peuvent être diminués (en comparaison du travail direct), ainsi que les doses de levures de la pâte finale.

La proportion de la poolish varie de la moitié aux 4/5^{ème} (quantité d'eau de la poolish = 4/5^{ème} de la quantité d'eau de la pétrissée). Attention !, la souplesse peut devenir excessive et donner des phénomènes de relâchement lorsque les proportions deviennent importantes (2/3 à 4/5).

Les propriétés fermentaires de la poolish sont maximales lorsqu'elle se creuse en son centre.

En raison de la quantité non négligeable d'eau apportée par la poolish, son utilisation n'est pas compatible avec les fabrications qui demandent une hydratation faible comme les pâtes de viennoiserie et les brioches.

5.2.3. Levains

Voir le chapitre 2.

5.3. La fermentation différée (ou pousse contrôlée)

La pousse contrôlée consiste à maîtriser la fermentation en ralentissant ou en accélérant l'activité des ferments dans la pâte. Elle apporte un confort de travail au boulanger, en permettant un retard de la cuisson de 15 à 72 heures selon la méthode employée.

5.3.1. Le Pointage retardé

Cette méthode consiste en un **pointage** très long, de 15 à 20 heures, à 6°C (enceinte réfrigérée) => La pâte pétrie l'après-midi par exemple peut ainsi être cuite le lendemain matin.

En général, le boulanger effectue un pétrissage amélioré de 10 à 14 minutes (pâte douce) et la température visée en fin de pétrissage est de 23°C au maximum. Les bacs de pousse sont recouverts d'un film plastique pour éviter le croûtage de la pâte.

S'il utilise moins de levure, le pointage peut être plus long (24 à 48 heures), à température moins basse (8 à 10°C), celle pouvant être remontée avant la reprise du travail et la détente n'est que d'une dizaine de minutes.

5.3.2. La Pousse lente

Dans cette méthode, la fermentation différée concerne l'**apprêt** des pâtons qui s'opèrent lentement, entre 10 et 12°C (enceinte réfrigérée) par exemple. Comme pour le pointage retardé, la durée de la pousse varie en fonction de la dose de levure et de la température de pousse => Cette méthode laisse une certaine liberté au boulanger pour la mise au four : compte tenu de la lenteur de la fermentation, il peut anticiper, retarder ou décaler le moment de la mise au four.

La pâte doit être ferme ; avec une pâte douce, il y a risque d'affaissement ou d'apparition de pustules (= soulèvement anormal de la pâte à la surface du pain) et ne pas excéder 23°C en fin de pétrissage. Le pointage ne dure qu'une quinzaine de minutes afin de limiter le départ en fermentation.

5.3.3. La Pousse avec blocage

Cette fois la pousse (l'**apprêt**) des pâtons est totalement bloquée à basse température (4°C), pendant 24 à 48 heures. De ce fait l'apprêt est réalisé quelques heures avant la mise au four, en programmant la réchauffe de l'enceinte de fermentation.

Comme pour la pousse lente, la pâte doit être ferme ; avec une pâte douce, il y a risque d'affaissement ou d'apparition de pustules (= soulèvement anormal de la pâte à la surface du pain) et ne pas excéder 23°C en fin de pétrissage. Le pointage ne dure qu'une quinzaine de minutes afin de limiter le départ en fermentation.

Le boulanger emploie généralement de l'acide ascorbique (tenue de la pâte malgré la longue durée entre pointage et cuisson) et aussi des émulsifiants (E471) pour limiter l'apparition de pustules.

5.3.4. Le Pré-poussé bloqué

A la différence des deux méthodes précédentes, le boulanger démarre l'apprêt à 25°C et le bloque aux $\frac{3}{4}$ temps en plaçant les pâtons dans une enceinte réfrigérée à 4°C, pendant 12 à 20 heures => les pâtons sont sortis en fonction de la demande, puis lamés et cuits environ 30 minutes plus tard.

La pâte doit être ferme et très tolérante => L'emploi d'améliorant (acide ascorbique) est nécessaire.

5.4. Surgélation

La surgélation, appliquée en premier sur la viennoiserie et la pâtisserie, est maintenant largement utilisée par les boulangers pour différer (plusieurs jours ou une à deux semaines) la fermentation de certains pains ; elle permet de pétrir de plus grandes quantités de pâte et de pouvoir la conserver et l'utiliser à la demande. Ceci est particulièrement intéressant pour les pains spéciaux dont la demande est faible mais régulière. L'industrie fournit aussi aux boulangers,

une large gamme de produits surgelés, notamment en viennoiserie et pâtisserie, prêts à pousser ou prêts à cuire.

La surgélation consiste à congeler un produit très rapidement ; elle s'obtient avec un surgélateur et non un congélateur dont la descente en température est trop lente et qui sert plutôt au stockage des produits préalablement congelés (surgelés).

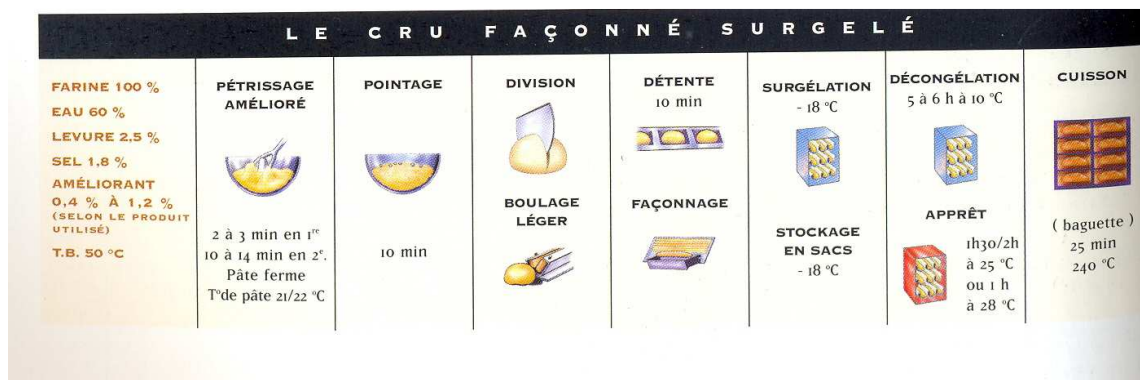
La surgélation requiert des farines avec une force et une valeur fermentative très bonnes. La levure devra elle aussi être de très bonne qualité. La pâte doit être froide en fin de pétrissage et moins hydratée (pâte ferme). L'utilisation d'acide ascorbique est courante pour renforcer le gluten dans tous les cas. Les produits doivent être emballés pour éviter leur dessèchement. Le pointage est limité pour freiner le départ en fermentation (qui fragilise les levures à la surgélation). Dans le cas d'un stockage de courte durée (de l'ordre de quelques jours), il n'est pas nécessaire d'augmenter les doses de levure (la levure ne meurt pas à basse température, son activité est seulement très réduite - il peut cependant exister un phénomène de létalité si la surgélation n'est pas assez rapide ou si la conservation se prolonge).

5.4.1. Le cru façonné surgelé

La pâte est pétrie, divisée et façonnée. Le pâton est ensuite surgelé. Avant d'être cuits, ceux-ci seront décongelés puis cuits après un apprêt (qu'il est indispensable d'apprécier au plus juste) de 1 à 2 heures selon la température de la chambre de fermentation.

Cette méthode est surtout utilisée pour les terminaux de cuisson.

Inconvénient : les pains sont sans saveur et pas beau. Les délais (d'apprêt notamment) sont rarement respectés (vente rapide et intensive dans les terminaux de cuisson) et pour palier à ces impératifs de rapidité de production, les industriels renforcent des doses de levure.



5.4.2. Le cru boulé surgelé

Cette méthode donne de meilleurs résultats que la précédente : le façonnage s'effectue après la décongélation du pâton boulé, ce qui permet de réorganiser le réseau glutineux et de redonner de la force aux pâtons. La décongélation, plus longue que pour le cru façonné surgelé (température plus basse), permet un léger pointage et le développement de quelques arômes tout de même. La pâte ne doit pas être trop ferme.

Inconvénient : il faut compter 8 à 10 heures entre le début de la décongélation et la cuisson.



5.4.3. Le pré-poussé surgelé ou prêt à cuire

Comme pour le pré-poussé classique, l'apprêt est bloqué aux $\frac{3}{4}$ de sa durée. Les pâtons sont ensuite immédiatement surgelés. Ils peuvent être mis au four sans décongélation.










Cette méthode est intéressante pour palier à une forte demande imprévue.

Cependant, le résultat peut être médiocre : traces blanches sur la mie (signe de sa déshydratation).

5.4.4. Le précuit surgelé

La disponibilité est encore plus grande puisqu'il suffit de terminer la cuisson aux $\frac{3}{4}$ de son temps et de surgeler les pâtons. Ils sont mis au four sans décongélation.

Cette méthode, adaptée plutôt aux petites pièces, est surtout utilisée en hôtellerie.

LA POUSSE CONTRÔLÉE BLOQUÉE							
FARINE 100 % EAU 61 % SEL 1,8 % LEVURE 2 % AMÉLIORANT 0,3 % À 1 % (SELON LE PRODUIT UTILISÉ) T.B. 56 °C	PÉTRISSAGE AMÉLIORÉ  2 à 3 min en 1 ^{re} 10 à 14 min en 2 ^e Pâte ferme T° de pâte 23 °C	POINTAGE  15 min	DIVISION  BOULAGE TRÈS LÉGER 	DÉTENTE 20 min 	FAÇONNAGE 	BLOCAGE DES PÂTONS 24 à 48 h 4 °C  FERMENTATION RÉCHAUFFE DES PÂTONS 5 h 16 °C 	CUISSON  (baguette) 25 min 250 °C

LE POINTAGE RETARDÉ							
FARINE 100 % EAU 67 % SEL 1,8 % LEVURE 1,5 % TEMPÉRATURE DE BASE (T.B.) 58 °C	PÉTRISSAGE AMÉLIORÉ  2 à 3 min en 1 ^{re} 10 à 14 min en 2 ^e Pâte douce T° de pâte 23 °C	POINTAGE EN BACS  15 à 20 h 6 °C	DIVISION DES BACS  pas de boulage	DÉTENTE  30 min	FAÇONNAGE 	APPRÊT  1 h à 1 h30	CUISSON  (baguette) 20 min 260 °C

LA POUSSE CONTRÔLÉE LENTE							
FARINE 100 % EAU 61 % SEL 1,8 % LEVURE 1,5 % AMÉLIORANT * 0,3 À 1 % TEMPÉRATURE DE BASE (T.B.) 56 °C	PÉTRISSAGE AMÉLIORÉ  2 à 3 min en 1 ^{re} 10 à 14 min en 2 ^e Pâte ferme T° de pâte 23 °C	POINTAGE  15 min	DIVISION  BOULAGE TRÈS LÉGER 	DÉTENTE 20 min 	FAÇONNAGE 	FERMENTATION EN PÂTONS  Pousse lente 16 h 10 °C	CUISSON  (baguette) 25 min 250 °C

* On trouve des améliorants plus ou moins concentrés : certains sont spécifiques à la pousse contrôlée. Leur dose d'emploi dépendra donc de leur concentration.



L E P R É - P O U S S É B L O Q U É							
FARINE 100 % EAU 60 % LEVURE 2 % SEL 1,8 % AMÉLIORANT 0,4 % À 1,2 % (SELON LE PRODUIT UTILISÉ) T.B. 48 °C	PÉTRISSAGE AMÉLIORÉ  2 à 3 min en 1 ^{re} 10 à 14 min en 2 ^e Pâte ferme T° de pâte 21 / 22 °C	POINTAGE  10 min	DIVISION  BOULAGE 	DÉTENTE 10 mn  FAÇONNAGE 	ÂPRÊT  1 h 25°C 3/4 de l'apprêt habituel	SCARIFICATION SURGÉLATION - 18°C STOCKAGE EN SACS - 18°C	CUISSON  (baguette) 25 min 240°C
	BLOCAGE 12 à 20 h / 4°C SCARIFICATION	CUISSON  (baguette) 25 min 240°C					

Bibliographie :

- ROUSSEL P. et CHIRON H., Les pains français. - MAÉ-ERTI Editeurs. 433pp.
- Confédération nationale de la boulangerie - pâtisserie française et INBP, Devenir Boulanger. - Ed. SOTAL. 357pp.
- Suppléments techniques et site de l'INBP
- GUINET R., 1992.-Technologie du pain français. Ed. BPI, Clichy (92), 182pp.

Plan du cours

1-La levure

- 1.1. Mode de vie de la levure
 - 1.1.1. Développement de la levure
 - 1.1.2. Paramètres influençant l'activité levurienne
- 1.2. Rôle de la levure dans la fabrication du pain
- 1.3. Caractéristiques spécifiques des levures de boulangerie
- 1.4. Les différentes présentations de la levure de boulangerie

2. Les levains

- 2.1. Définition
- 2.2. Les différents types de levains
- 2.3. Facteurs influençant l'activité des levains
- 2.4. Caractérisation qualitative des levains
- 2.5. Influence du levain sur le pain
- 2.6. Fabrication du levain tout point

3. La fermentation panaire

- 3.1. Le pointage
- 3.2. La détente
- 3.3. L'apprêt

4. Notion de rétention gazeuse et tolérance

5. Les différentes conduites de fermentation

- 5.1. Le direct
- 5.2. Les préfermentations
- 5.3. La fermentation différée
 - 5.3.1. Le pointage retardé
 - 5.3.2. La pousse lente
 - 5.3.3. La pousse avec blocage
 - 5.3.4. Le pré-poussé bloqué
- 5.4. Surgélation
 - 5.4.1. Le cru façonné surgelé
 - 5.4.2. Le cru boulé surgelé

5.4.3. Le pré-poussé surgelé (prêt à cuire)

5.4.4. Le pré-cuit surgelé