





Du blé à la panification

	Formation : Biocivam 53	Niveau 2 : Analyse
	Document : Du blé à la panification	Créé le 30/05/2022
	Rédacteur : Philippe Roussel Tryptolème	Modifié le



Le blé et la farine

Caractéristiques physiques : densité

pois de mille grains, poids spécifique, densité réelle

Céréale (grains normalement nourris)	Poids moyen de mille grains (g)	Poids spécifique
Quinoa	3 à 4	
Millet	4 à 6	65 à 70
Sarrasin	15	62
Avoine	25 à 30	46 à 57
Sorgho	20 à 35	60 à 68
Riz paddy	32 à 36	50 à 60
Orge 6 rangs	35 à 40	58 à 62
Orge 2 rangs	40 à 50	65 à 68
Blé	32 à 54	74 à 80
Maïs	250 à 350	70 à 76

Densité réelle :
Amidon = 1,5
Protéines = 1,3
Lipides 0,1
Fibres < 1

Caractéristiques physiques : cohésion

vitrosité

La vitrosité est une caractéristique visuelle liée au degré de compaction du grain



Aspect vitreux ou farineux d'un grain de blé dur et tendre

Indice de

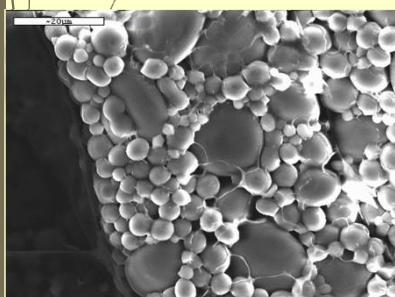
dureté/friabilité

La dureté, ou état de cohésion du grain et notamment de l'albumen, est mesurée par broyage du grain ou par spectrométrie de réflexion dans le proche infrarouge

Un grain friable est apte à donner de la farine et supporte mal le travail intense de l'abrasion.

Un grain dur est destiné principalement à la fabrication des semoules et supporte l'abrasion

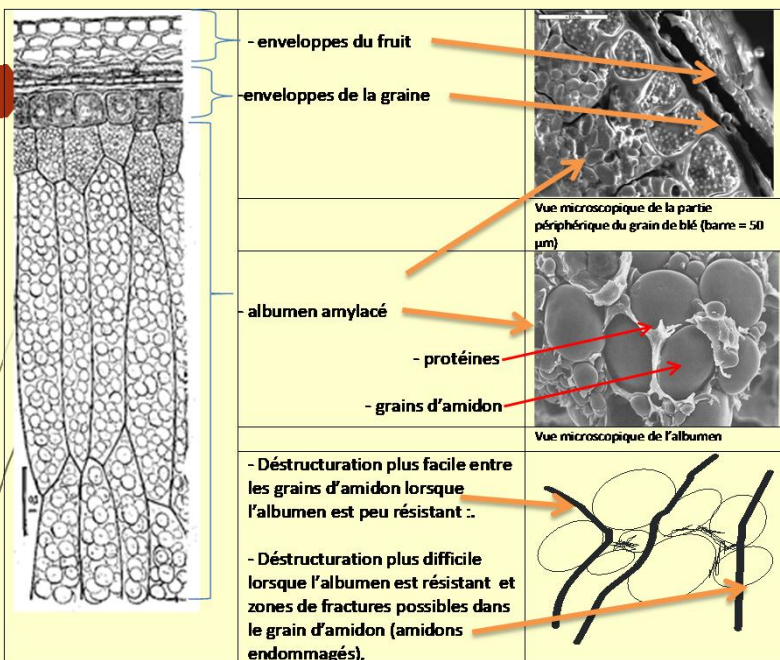
La dureté du grain



Structure de l'albumen du grain

- La dureté, ou état de cohésion du grain. Les différentes classes de dureté ("extra-soft, soft, medium-soft, medium-hard, hard et extra-hard") s'expriment par un indice sur une échelle continue graduée de 0 à 100.
- Conventionnellement, l'indice 25 correspond à la valeur moyenne des blés de type "soft" et l'indice 75 à celle des blés de type "hard".
- La dureté est une caractéristique essentiellement variétale associée à la quantité et à la qualité des protéines
- Cet indice de dureté est en relation avec la proportion d'amidons endommagés par la mouture au cours de la fragmentation de l'amande du blé et la granulométrie de la farine

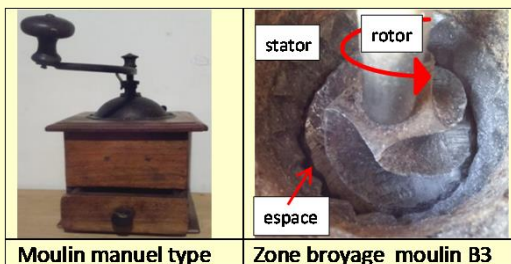
Structure de l'albumen du grain



Les amidons endommagés

- Etat des granules d'amidon modifiés physiquement par les sollicitations mécaniques imposées aux produits au cours de la mouture du blé.
- L'endommagement se traduit par des phénomènes d'aplatissement léger, de coupures, de fissures qui les rend plus accessibles à la pénétration de l'eau et aux enzymes. Ces sollicitations sont principalement les effets de cisaillement engendrés par les broyeurs (cylindres cannelés) et les effets de compression des convertisseurs (cylindres lisses) d'une ligne de mouture de céréales, sur cylindres mais aussi sur meules de pierre.

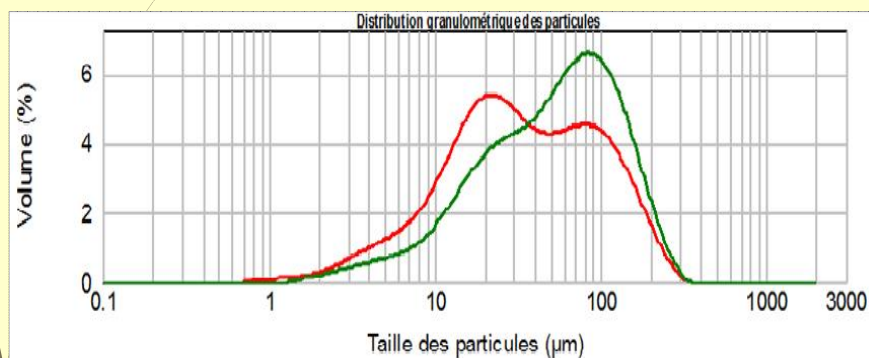
Protocole de mesure de la dureté étudié par Triptolème



Cette méthode comprend

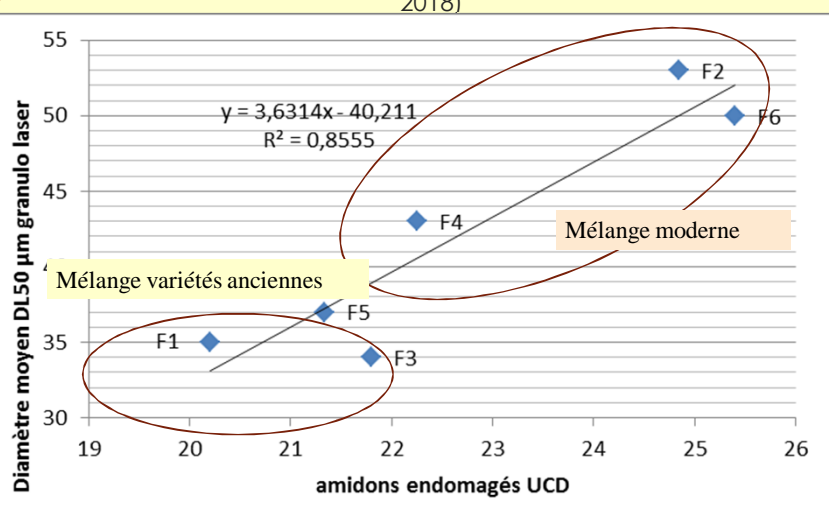
- - l'utilisation d'un moulin à café manuel de type « Peugeot » et d'un tamis à farine (180 μm dans contrat Bakery 2018);
- - une balance de précise à 0,1 g pour une prise d'essai de 25 g de blé et des extractions au tamis entre 5 et 15 g ;
- - les précautions principales pour la mise en œuvre seront d'une part la prise d'essai de blé qui sera exempte d'impuretés diverses, une vitesse de rotation de la manivelle lors de la mouture qui doit être sensiblement constante et la vérification du tamisage complet.

Caractéristiques dimensionnelles de la farine au granulomètre laser (contrat Bakery 2018)



Profil granulométrique d'un mélange de variétés anciennes (LAMA en rouge) et d'un mélange de variétés modernes (LAMM en vert)

Relations entre granulométrie des farines et amidons endommagés (essais contrat Bakery 2018)



F1-F3-F5 Variétés anciennes

F2-F4-F6 Variétés modernes

Le blé tendre : composition chimique

Composition chimique des grains de céréales (Godon, 1991)

Espèces	Eau	Amidon et petits glucides	Protides dont enzymes	Lipides	Cellulose Hemicellulose pentosanes	Minéraux
Avoine	13	53	11,7	5,3	14,0	3,0
Blé	14	65	12,5	1,7	4,9	1,9
Maïs	14	60	10,0	5,0	10,0	1,0
Orge	15	60	10,0	2,1	10,2	2,6
Seigle	15	63	11,5	1,7	6,8	2,0
Triticale	14	64	12,5	1,7	5,8	2,0

* Enzymes : molécule protéique de structure généralement globulaire et capable de catalyser une réaction biochimique. Parmi les classes d'enzymes, deux interviennent principalement dans la technologie boulangère :

- **les hydrolases** (amylases, lipases, protéases, hémicellulases, pentosanases....), ces enzymes permettent la coupure des chaînes ou de grosses molécules d'amidon, lipides, protéines, hémicelluloses,...; chaque réaction d'hydrolyse consomme une molécule d'eau;
- **les oxydo-réductases** (lipoxygénases, peroxydases, glucose-oxydase....).

Répartition du pourcentage de matières minérales dans le blé

Constituants	% de matières minérales / ms (par rapport à la matière sèche)
Enveloppes (sons) :	
- péricarpe	2 à 4 %
- tégument séminal	12 à 18 %
- assise protéique	6 à 15 %
Germe	5 à 6 %
Amande	0,35 à 0,60 %
Blé entier	1,6 à 2,1 %

Le péricarpe (4 % du grain) et le tégument séminal (2 % du grain) sont constitués en forte proportion de fibres ; l'assise protéique (7 à 9 % du grain) se caractérisant par sa teneur élevée en protéines, lipides, vitamines et éléments minéraux.

Classification des farines

La classification des farines (types de farine) est basée sur leur teneur en cendres

Elles est associée à la notion de pureté ou de blancheur (peu d'enveloppes du grain)

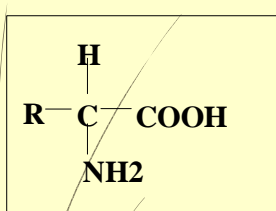
La concentration en minéraux étant forte dans les enveloppes, leur dosage permet donc de déterminer le niveau de pureté

Les minéraux ne brûlant pas, l'incinération de la farine permet d'en déterminer leur concentration par le dosage des cendres



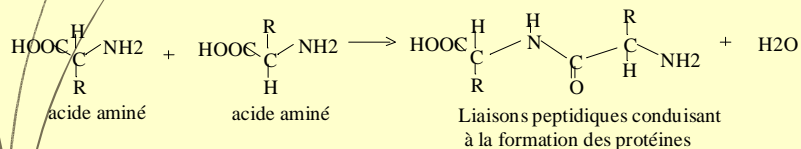
Types de farine	teneur en cendres ou matières minérales (% ramené à la matière sèche)	Aspect des farines
45	< 0,50 %	
55	0,50 % à 0,60 %	blanches
65	0,62 % à 0,75 %	
80	0,75 % à 0,90 %	bises
110	1,00 % à 1,20 %	
150	> 1,40 %	complètes

Constitution des protéines



STRUCTURE GENERALE

D'UN ACIDE AMINE



Il existe une vingtaine d'acides aminés différents

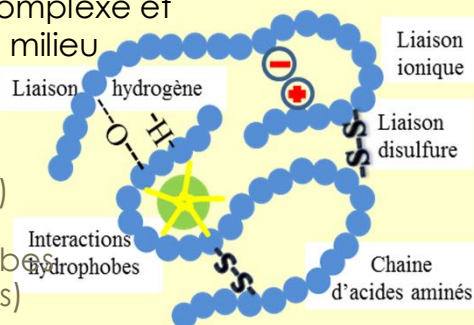
Les molécules d'acides aminés ont des groupements fixes (COOH et NH₂) et variables (R).

Il y a une relation directe entre l'azote apportée à la plante et la formation des protéines

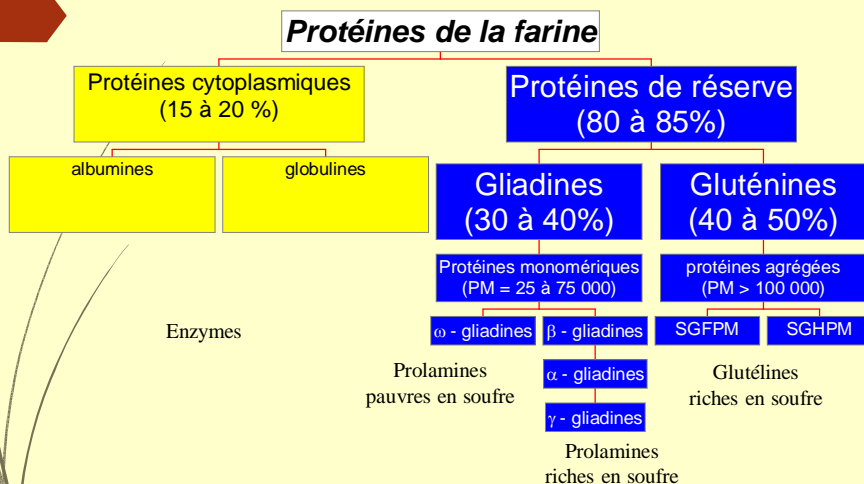
De la farine à une pâte structurée par le gluten

Le gluten : association complexe et variable de protéines en milieu hydraté, par des :

- Liaisons polaires ou hydrophiles (avec l'eau)
- Interactions hydrophobes (avec les matières grasses)
- Liaisons ioniques, certains atomes sont chargés électriquement + et - (liaisons avec les éléments chargés comme le sel, les acides...)
- Liaisons d'oxydation entre molécules de cystéine (liaisons à forte énergie)



Classification des protéines de la farine



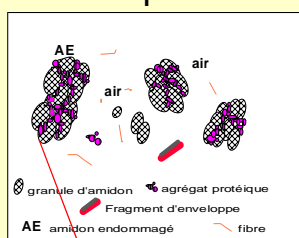
Les protéines de réserve sont aptes à s'agglutiner pour former le gluten

Les protéines des mélanges variétaux (essais contrat Bakery 2018)

mélanges variétaux	Résultats sur blé		Résultats chromatographique HPLC sur Farine			
	Protéines/ mat sèche		Protéines/ mat sèche	% Gliadines	% Gluténines	Rapport Glut/Glia
GSMA	11,3	Farine 1	9,97	43,2	38,8	0,90
LAMM	10,2	Farine 2	8,38	40,3	41,3	1,02
FMMA	12,0	Farine 3				
GSM	10,7	Farine 4	8,12	40,1	41	1,02
LAMA	12,0	Farine 5	9,91	43,6	38,9	0,89
LMMM	12,0	Farine 6				

MA : mélange blés anciens MM: mélange blés modernes

Séparation de l'amidon et des protéines du blé tendre

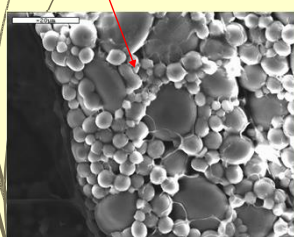


La farine : des fragments hétérogènes issus principalement de l'amande du blé

farine
+
eau
=
pâte



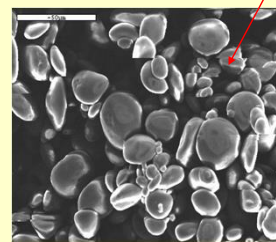
Malaxage sous un filet d'eau



Fragment d'amande



Partie protéique insoluble :
le gluten



Fraction entraînée par l'eau :
l'amidon

Caractéristiques du gluten entre variétés anciennes et modernes

(essais contrat Bakery 2018)

identification échantillons	Mélange Variétal	Dosage du gluten par extraction manuelle et centrifugation au glutomatic	
		Gluten Humide (%)	Gluten Index (%)
Farine 1	GSMA	26,0	44
Farine 2	LAMM	20,0	89
Farine 3	FMMA	29,3	39
Farine 4	GSMM	18,7	87
Farine 5	LAMA	28,4	62
Farine 6	LMMM	25,5	64

MA : mélange blés anciens MM: mélange blés modernes

L'amidon

The diagram illustrates the structure of starch (amidon) in wheat grain, showing the cross-section of the grain, microscopic view of starch granules, and the molecular structure of amylose and amylopectin chains.

Coupe transversale du grain de blé: Shows the overall structure of the wheat grain with a central starchy endosperm.

Vue microscopique de l'albumen: Shows starch granules (Granule amidon) embedded in a protein matrix (Protéines).

Structuration des chaînes d'amidon (amylose-amylopectine) dans le granule d'amidon: Shows the granule structure with a central **Zone cristalline** and an outer **Zone amorphe**.

Liaisons entre les molécules de glucose des chaînes d'amidon: Shows the chemical structure of amylose and amylopectin chains. Amylose is a linear chain of glucose units linked by α -1,4 glycosidic bonds. Amylopectin is a branched chain with α -1,4 glycosidic bonds along the main chain and α -1,6 glycosidic bonds at the branch points. The diagram highlights the **Zone de ramification sur la chaîne d'amylopectine**.

Les fibres

Les fibres des céréales sont composées de chaînes glucidiques de type, cellulose, β glucanes, pentosanes solubles (gommes ou mucillages) et insolubles (hémicelluloses).

Il existe une variabilité en fonction des variétés de blé mais aussi des conditions agroclimatiques.

Propriétés des fibres

Capacité d'absorption d'eau

Faible pour la cellulose (structure cristalline)

Forte pour les pentosanes (structure non cristalline)

Propriétés épaississantes :

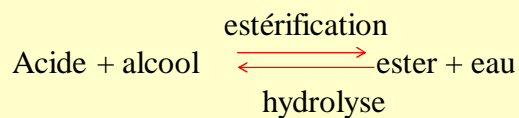
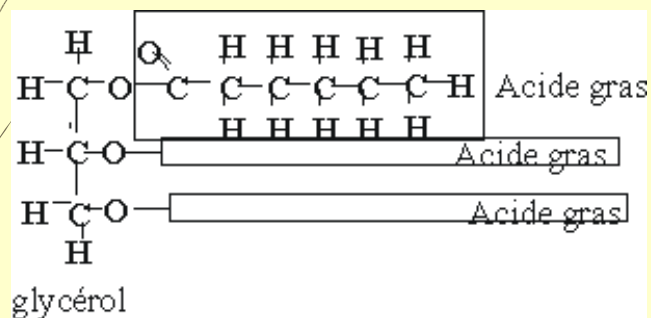
Pentosanes (arabino-xylanes...)

Leur capacité d'hydratation suivant la viscosité recherchée varie entre 3 à 6 fois leur poids en eau, les pentosanes ont donc des propriétés épaississantes. : 15 g d'eau/g de pentosanes

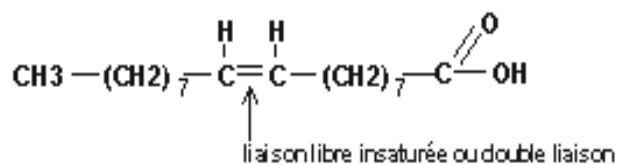
Propriétés gélifiantes ;

Pentosanes solubles, dans certaines conditions, en interaction avec les protéines du gluten

Lipides : triglycérides



Lipides : oxydation



Après hydrolyse par la lipase, les acides gras insaturés libres sont susceptibles de s'oxyder.

Les hydroperoxydes formés peuvent oxyder les protéines et les pigments caroténoïdes

Qualité nutritionnelle

La concentration en éléments nutritionnels croît lorsque le type de farine ou le taux d'extraction augmente.

Richesse en éléments nutritionnels ne veut pas dire meilleure assimilation nutritionnelle.

Les couches fibreuses des enveloppes du grain renfermant ces éléments ne facilitent pas leur dispersion dans le bol digestif, elles accélèrent parallèlement le transit intestinal.

Le meilleur bilan nutritionnel obtenu sur des animaux se situe à des taux d'extraction de farine de 85-90 %, c'est à dire pour des types 80 ou 110.

L'expérimentation en panification

Qualité technologique des farines

Il s'agit de la valeur d'utilisation de la farine pour la fabrication d'un produit.

La valeur boulangère correspond à la fabrication d'un type de pain, et la valeur biscuitière est associée à la fabrication d'un type de biscuit.

La détermination de la valeur technologique suppose la mise en oeuvre d'un protocole normalisé de fabrication à échelle réduite.

Dans le cadre d'expérimentations Triptolème a développé une méthodologie adaptée pour les paysans-boulangers au levain

L'expérimentation en fournil : Le recueil de connaissances

Inventaire et définition des descripteurs au regard des fiches existante dans la boulangerie conventionnelle,

On part du principe que s'il y a des spécificités de la boulangerie au levain et bio, il y a des approches communes spécifique au métier de boulanger)



Les rencontres entre les paysans boulangers ont permis à la fois d'identifier des pratiques, des observations et des évaluations différentes, et d'introduire un mode d'observation qualitative des produits.

La description des observations sur farine



Couleur, aspect piqué

Compactage
(fluidité...)

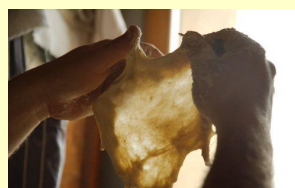
Granulométrie et impressions au toucher
(propriétés à l'écoulement)
caractère rond, sableux, plat ;
caractères doux, soyeux,
foisonnant, floconneux...

Odeur...

Parmi les termes non explicités : aérienne ,techniquement légère, plein d'énergie, sèche (à humidifier avant mouture), dense, terre, trop sèche (pores fermés), atypique

La description des observations sur les pâtes

Organisations de journées de formation pour appréhender une meilleure connaissance du domaine










Visualisation des gestes pour l'appréciation de l'extensibilité retenus pour le glossaire

Harmonisation et démarche vers un glossaire

La descriptions des pains


Approche de caractérisation par photos

Formation sur les descripteurs caractéristiques des goûts, des arômes et saveurs du pain avec Paul Le Mens

	TI
	I
	PI
	N
	PE
	E
	TE
Visualisation des écarts de régularité de la mie (expérimentation Pays blé du 20/02/12)	
	Régularité de la mie

Les glossaires

De la description à la compréhension. De l'observation à la mesure

	Descripteurs, évaluations et notation des essais de panification des expérimentations Triptolème
---	---



Glossaire des savoirs et pratiques de la fermentation au levain en panification française

Approche de la diversité et du fonctionnement d'un écosystème agro-alimentaire « Blé/Homme/Microbiome » à faible intrant » (Contrat de recherche « Bakery », ANR 13-AI01-005)



Principe de notation

Notation par croix dans la grille à 7 niveaux permet de déterminer un profil qualité, correspondant à la dispersion des croix par rapport à l'appréciation **N (caractère normal ou satisfaisant)**.

***PE ou PI** caractéristique jugée un peu excessive ou un peu insuffisante par rapport au caractère normal (caractère ou défaut : un peu marqué)

***E ou I** caractéristique jugée excessive ou insuffisante par rapport au caractère normal (caractère ou défaut : marqué)

***TE ou TI** caractéristique jugée très excessive ou très insuffisante par rapport au caractère normal (caractère ou défaut : très marqué)

insuffisance			excès			
TI	I	PI	N	PE	E	TE

Echelle de Notation Paysblé adoptée par les Paysan-boulangers de Triptolème

insuffisance (-)			excès (+)			
1	4	7	10	7	4	1

Echelle de notation AFNOR

Point important : faire une différence entre la démarche de description d'une pâte ou d'un pain et l'évaluation des différences par rapport à une référence ou à un témoin
 Évaluation : donner une valeur. Description : représentation

Construction d'une grille de notation : préparation de la pâte

Essai de panification		Redon Roux pâle		Redon Roux pâle		Poulard		
Date	07/12/2014	Bleu		Jaune				
Expérimentateur		David				Florian		
FORMULE		Masses (kg)	%	Masses (kg)	%	Masses (kg)	%	
T°C :	15 Farine	2500	100	2645	100	1325	100	
	Sel	60	2,40	60	2,27	30	2,26	
T°C :	15 Levain tout point	950	38,00	1200	45,37	500	37,74	
T°C :	40 eau	2000	80,00	2000	75,61	1000	75,47	
Interprétations		nsuffisance	excès	nsuffisance	excès	nsuffisance	excès	
observations/notes		TI	I	PI	N	PE	E	TE
Frasage	T°C : 15°C	début		fin		début		fin
Type	Vitesse hydratation		X					X
	Fermeté							X
Durée	Résistance élastique						X	X
	Intensité aromatique		X			X		X
	T°C pâte							
Autolyse	min	début		fin		début		fin
Pétrissage	T°C :	début		fin		début		fin
Type	Lissage		X			X		
	Collant			X				X X
	Fermeté		X			X		X X
Durée	Extensibilité		X			X		X X
	Résistance élastique		X			X		X X
	Tenue		X			X		X
	T°C pâte	26,3		25,4				

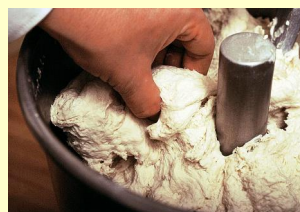
Classification des pâtes suivant leur consistance ou viscosité

On peut distinguer 5 grands types de pâte :

- les pâtes très dures : type pâtes alimentaires ;
- les pâtes dures : types pâtes biscuitières pour biscuits secs laminés ou moulés ;
- les pâtes bâtardes ou semi-dures : type pâtes boulangères ;
- les pâtes molles aérées ou non : type pâtes pâtisseries ;
- les pâtes liquides : types pâtes à crêpes.

Appréciation de la consistance

- **Mesure de résistance à la déformation** (enfoncement des doigts dans la pâte). La consistance est liée à l'aptitude à l'écoulement de la matière, elle fait apparaître des notions de fluidité et de viscosité.



La consistance est jugée en « excès » ou en « insuffisance ».

Le caractère normal est évalué par une référence témoin

- **Un jugement répétable suppose une mesure à :**
 - vitesse de déformation constante

Appréciation de l'élasticité

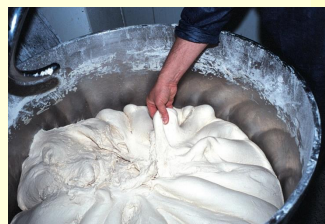
Synonymes : force, corps.

Capacité que possède un corps (pâte) à reprendre sa forme initiale après une déformation (étirement) et arrêt de la déformation.

Elle peut être évaluée par le niveau de résistance permanent lorsqu'on maintient la déformation.

Précautions à prendre pour avoir un jugement répétable :

Effectuer la mesure à déformation constante (exemple : $\cong 5$ cm) et à repos constant (*)



(*) La détente ou relaxation correspond entraîne une dissipation ou à une diminution des contraintes internes dans la pâte pour une déformation qui reste constante

Utilisation de la fiche en autonomie

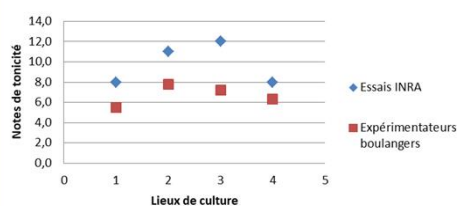
Etude du comportement de blés ou de mélanges de blé en culture, en meunerie en boulangerie (3 variétés, 2 paramètres, 2 modalités (Labour/non) (Contrat Paysblé 2010-2013)

5 fournils de praticiens; ; échantillons de farine 5 à 10 kg suivant la charge du four et des contraintes de terrain ; 4 essais par jour soit au total 3 jours de travail plein si 16 échantillons au total

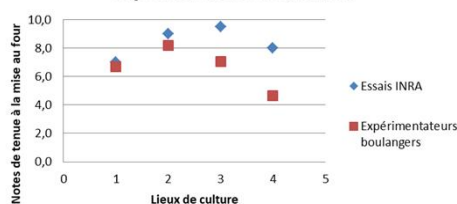
1 fournil expérimental (INRA Nantes avec possibilités d'intervention d'un praticien externe)

Quelques résultats

Comparaison tonicité façonnage expérimentateurs/INRA



Comparaison tenue à la mise au four expérimentateurs/INRA

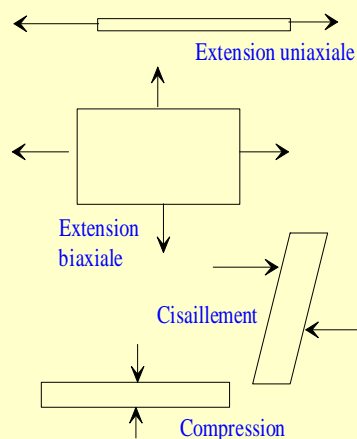


Appréciation de l'extensibilité

Synonymes : allongement, souplesse, cohésion

Aptitude d'un corps à se déformer (allongement de la pâte) jusqu'à un point de rupture (déchirement) sous l'action de sollicitations mécaniques (extension uniaxiale ou biaxiale, compression, cisaillement).

Différentes sollicitations mécaniques



Appréciation du collant

Niveau d'adhérence entre deux surfaces (la main et la pâte) ; il s'évalue par la résistance au moment de l'arrachement (séparation), ou par la quantité de pâte qui reste adhérente sur la main. Le niveau d'adhérence fixe l'intensité du défaut.



Pour avoir un jugement répétable la mesure doit être à :

- déformation constante (enfoncement de la main dans la pâte)
- temps de contact constant
- vitesse d'arrachement constante.
- état de surface de la main identique.



La panification



Problématique de la panification

Pour assurer une aération, la pâte à pain doit :

- contenir du gaz (rôle du pétrissage avec la formation du réseau de gluten et de la fermentation). Seul le blé possède cette qualité
- retenir le gaz (rôle du pétrissage)
- s'expanser (rôle de la fermentation et de la cuisson)
- stabiliser cette expansion pendant la cuisson

29/05/2022

Définition du pain

Le pain est un aliment obtenu par **cuisson** au four d'une pâte **pétrée, mise en forme et fermentée**, composée essentiellement de farine (blé ou seigle), d'eau, de sel et d'un agent de fermentation (levure ou levain)

La conduite du pétrissage

2 phases :

- Hydratation et formation de la pâte , le frasage en vitesse lente
- Structuration de la pâte en vitesse rapide
- Déterminer l'hydratation de la farine pour une consistance de pâte en fonction d'un type de pain (favoriser ou non la coalescence)
- Prévoir l'échauffement de la pâte en cours de pétrissage pour atteindre une température constante
- Prévoir l'ordre d'incorporation des ingrédients (par exemple, sel au début ou en fin de pétrissage, bassinage ou non, ferments dilués dans l'eau ou pas...)
- Éviter ou limiter les phénomènes de relâchement et de collant
- Atteindre un niveau de lissage suffisant de la pâte pour un type de pain

Hydrater la pâte où la farine ? (exemple de calculs)

	masses (g)	% /farine totale	% sur pâte
farine	125	6,25	3,70
eau	125	6,25	3,70
Total levain	250	12,5	7,41
farine (corde noire spéciale T 55)	1875	93,75	55,54
eau	1075	53,75	31,84
eau ajoutée	140	7	4,15
sel	36	1,8	1,07
Total ingrédients	3126		92,59
total farine	2000	100	59,24
total eau	1340	67	39,69
sel	36	1,8	1,07
Total pétrissée	3376		100,00

Influence des variétés anciennes et modernes et levains sur l'hydratation des pâtes pour une consistance identique

Levains Boulangers		B1	B2	B3	B4	moyennes
Farine 1	MA	58	59	60	60	59,3 %
Farine 2	MM	60	64	64	63	62,8 %
Farine 3	MA	58	59	61	59	59,3 %
Farine 4	MM	62	64	66	64	64,0 %
Farine 5	MA	58	60	63	60	60,3 %
Farine 6	MM	65	68	70	67	67,5 %
moyennes		60,2 %	62,3 %	64,0 %	62,2 %	

Variétés anciennes

Variétés modernes

B : Boulangers

Résultats contrat recherche Bakery, 2018

Influence de la température

- ↗ agitation moléculaire ⇒ ↗ fluidité ⇒ ↘ consistance ⇒ ↘ énergie pétrissage
- ↗ des réactions enzymatiques dont ↗ réactions d'oxydation ⇒ ↗ élasticité ⇒ ↗ énergie pétrissage ⇒ ↗ oxydation des pigments caroténoïdes
- ↗ des réactions enzymatiques dont ↗ réactions d'hydrolyse ⇒ ↗ relâchement et collant

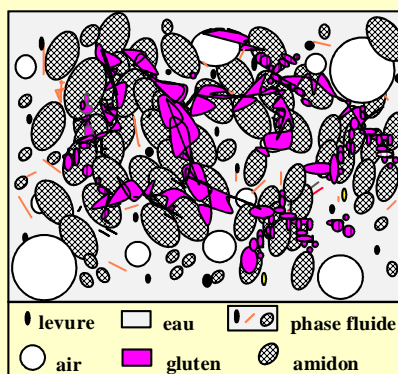
Pétrissage : formation de la pâte au frasage

L'eau diffuse entre les particules de farine, et les associe

L'air s'échappe progressivement,

Des inclusions d'air restent piégées dans la pâte

La pâte se forme et acquies une consistance qu'il faudra éventuellement corriger par ajout d'eau ou de farine



La diffusion de l'eau dissocie les granules d'amidon et fait gonfler les agrégats protéiques qui se lient pour former le gluten

29/05/2022

L'Autolyse

L'idée d'introduire un temps de repos pendant le pétrissage, sous le nom d'**autolyse**, a été avancé en 1974, par Calvel.

En ménageant un temps de repos juste après le frasage d'une pâte **qui ne contient pas encore de levure**, on assiste à :

- la formation de liaisons entre les fractions protéiques.
- des phénomènes de relaxation et d'assouplissement ;

La pâte devient alors extensible et sa porosité diminue.

Après ce temps de repos, en moyenne entre 15 et 30 min, le pétrissage peut être lancé avec incorporation de la levure.

La formation du réseau protéique constaté pendant le temps de repos, conduit à diminuer le temps de pétrissage.

L'autolyse permet une augmentation du volume du pain avec les techniques de sous-pétrissage et l'amélioration de la formation du réseau protéique lorsqu'on utilise des farines à gluten court. Elle contribue à diminuer l'oxydation des pâtes et de conserver une couleur plus crème de la pâte et du pain.

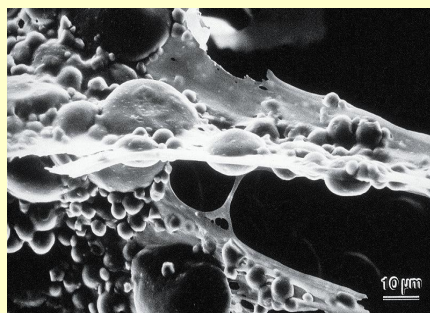
Pétrissage : structuration de la pâte

Le pétrissage correspond principalement au développement, et à l'orientation des protéines du gluten, en fonction des types de sollicitations mécaniques (compression, cisaillement, extension) et du régime d'écoulement de la pâte.

Le gluten apparaît sous forme de films fibrillaires « enchassant » des granules d'amidon

Le réseau de gluten est noyé dans une phase visqueuse

Les bulles d'air piégées augmentent en nombre et en régularité



29/05/2022

Intensité du pétrissage mécanique : une diversité de textures



Pétrissage intensifié à la levure
(parois fines des alvéoles)



Pétrissage très court à la levure
(parois épaisses des alvéoles)

Exigences qualitatives

- quantité minimale de protéines, liée au pourcentage de gluten
- capacité de ces protéines à pouvoir se structurer rapidement en gluten
- stabilité de la structure gluténique à l'intensité du pétrissage



Pain au levain (parois épaisses des alvéoles)

Fermentation et type de pain

Ces procédés recouvrent différents aspects :

- actions microbiologiques (levures et bactéries)
- transformations biochimiques (hydrolyse, oxydation...)
- actions sur le développement et la texture de la pâte et du pain
- rôles des différentes étapes de fermentation

Fermentation : l'activité levurienne

Pour le boulanger : fermentation = production de gaz carbonique nécessaire à la levée de la pâte

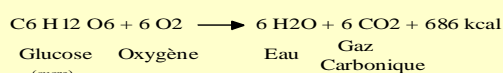
Les levures assurent principalement la production de CO₂, l'action des bactéries est négligeable

Les levures sont disponibles pour le boulanger :

- soit par achat et utilisation directe d'une levure sélectionnée, multipliée et concentrée provenant de levurerie
- soit par une multiplication d'une levure sélectionnée dans une pâte de consistance liquide (poolish) ou « bâtarde » (levain-levure ou sponge)
- soit par une multiplication et une culture spontanée des levures contenues dans la farine : le levain naturel

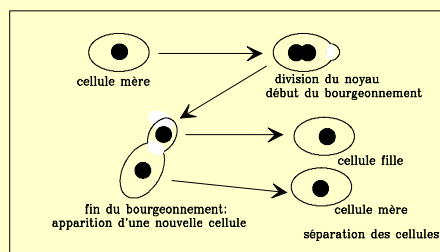
Multiplication des levures

En présence d'oxygène :
respiration

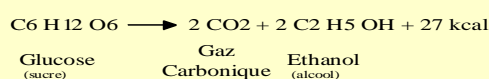


Les rafraîchis permettent l'apport d'oxygène, l'énergie produite assure la multiplication des cellules

Cette voie métabolique est très énergétique et permet aux cellules de se multiplier avec un rendement cellulaire élevé (le rendement étant défini par le quotient de la quantité de cellules fabriquées par le substrat sucré consommé : soit pour 1 g de levure environ 2 g de sucre (aérobie) et 20 g de sucre (anaérobie))



En absence d'oxygène :
fermentation



Fermentation : bactéries lactiques

Les bactéries lactiques **homofermentaires** produisent de l'acide lactique et des composés aromatiques (*Lactobacillus plantarum, casei, delbrücki...*)

Les bactéries lactiques **hétérofermentaires** forment de l'acide lactique, de l'acide acétique et du gaz carbonique et des composés aromatiques (*Lactobacillus brevis...*)

Le quotient fermentaire (acide lactique/acide acétique) peut varier de 3 à 10

Définition d'un levain

- La flore microbienne des levains naturels est mixte et se compose de levures et de bactéries lactiques issues au départ de la farine.
- Un levain est un système biologique complexe, en évolution permanente, dans lequel des facteurs technologiques (procédés, farines...) interfèrent avec les phénomènes microbiologiques (espèces présentes ou ajoutées, interactions microbiennes...).

Population microbienne (cellules/g de produit)

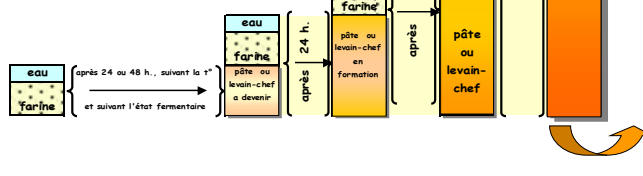
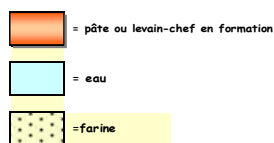
	Levures	bactéries	Flore totale
Levain naturel	10^6 à $2-5 \cdot 10^7$	10^7-10^9	10^8-10^9
Levure fraîche de boulangerie	$10^{10}-2 \cdot 10^{10}$	0	$10^{10}-2 \cdot 10^{10}$
Farine Type 55			10^2-10^3
Farine complète	10^3	10^4	10^3-10^4

On devine bien la position dominante de la levure de boulangerie lorsque l'on incorpore 1% pour 100 kg de farine, on se trouve avec une cellule issue de la farine contre 10000 apportée par la levure de boulangerie

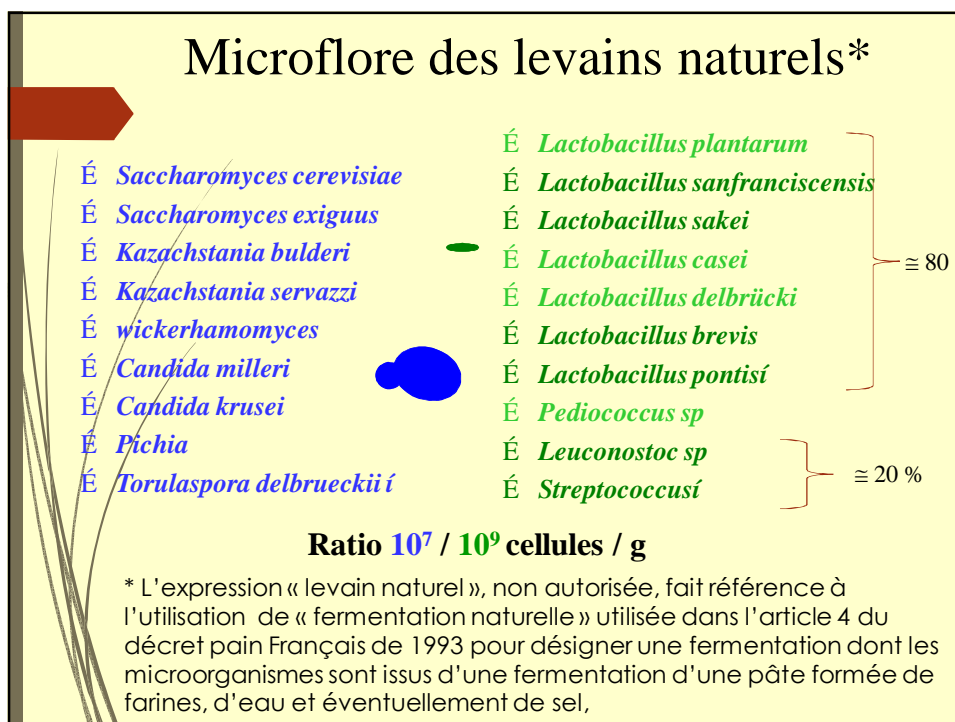
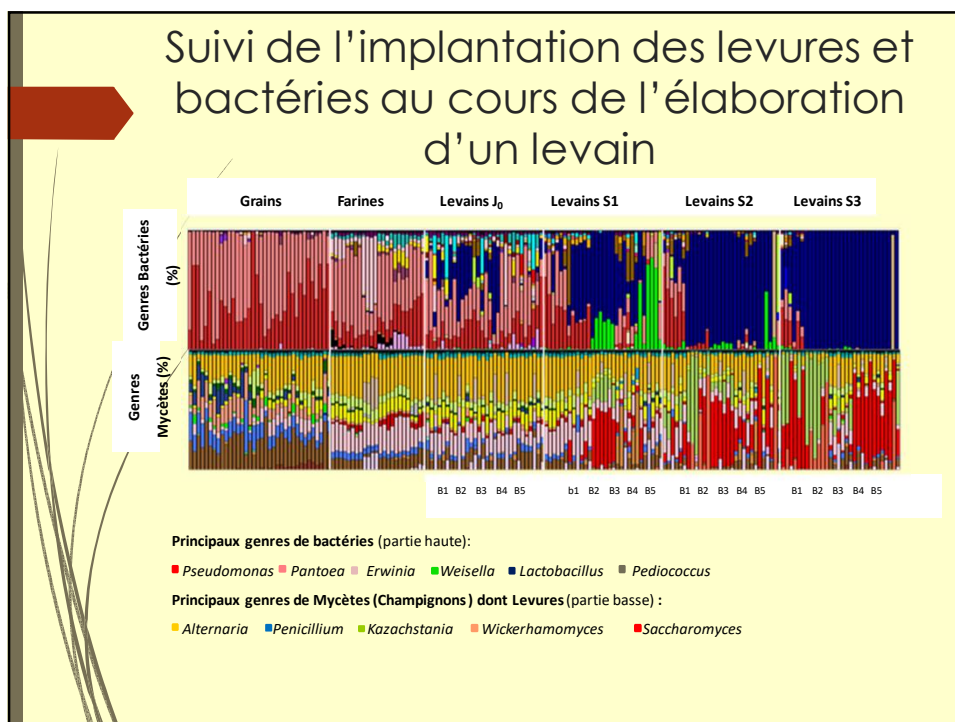
29/05/2022

Processus d'élaboration d'un levain

L'élaboration d'un nouveau levain-chef



Dans l'entretien du levain chef, après chaque rafraîchi la population est divisée par 3



Comparaison entre l'activité levurienne d'une pâte à la levure et au levain.

	Farine	Eau	Levure	Levain tout point :(*)	Total
Formule levure	100 kg	60 kg	2 kg	0	162 kg
Formule levain	100 kg	60 kg	0	40 kg	200 kg
Population levurienne par g de levure ou de levain			10 ¹⁰ cellules par g	10 ⁷ cellules par g	
Population levurienne par kg de pâte			2000 g × 10 ¹⁰ /162 kg = 1,25.10 ¹¹	40000 g × 10 ⁷ /200 kg = 2.10 ⁹	

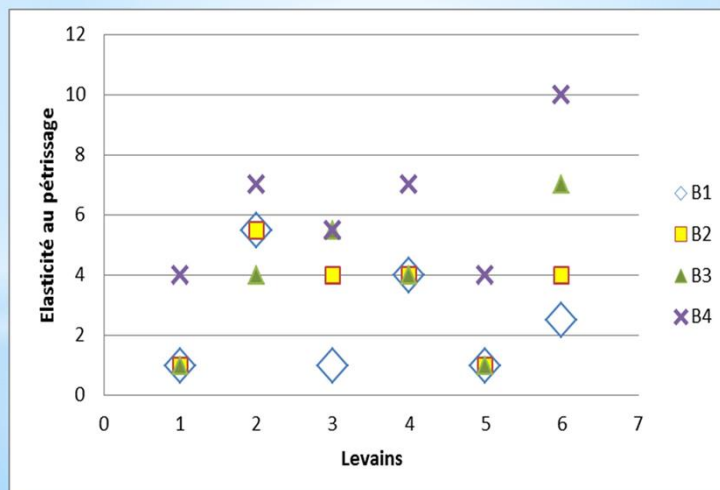
La puissance fermentative d'une pâte au levain est faible par rapport une pâte avec levure et de ce fait elle n'est pas adaptée pour certains types de textures comme le pain de mie

(*) levain tout point : succession de rafraîchis avec des temps de fermentation courts pour augmenter la quantité de levain nécessaire à une panification

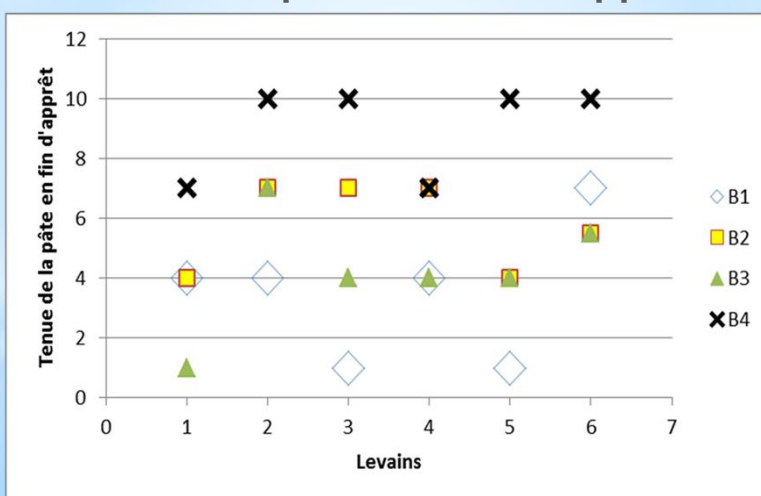
Synthèse des hydratations à l'essai de panification (valeurs en % par rapport de la farine)

		B1	B2	B3	B4	moyennes
Farine 1	GSMA	58	59	60	60	59,3
Farine 2	LAMM	60	64	64	63	62,8
Farine 3	FMMA	58	59	61	59	59,3
Farine 4	GSMM	62	64	66	64	64,0
Farine 5	LAMA	58	60	63	60	60,3
Farine 6	LMMM	65	68	70	67	67,5
moyennes		60,2	62,3	64,0	62,2	

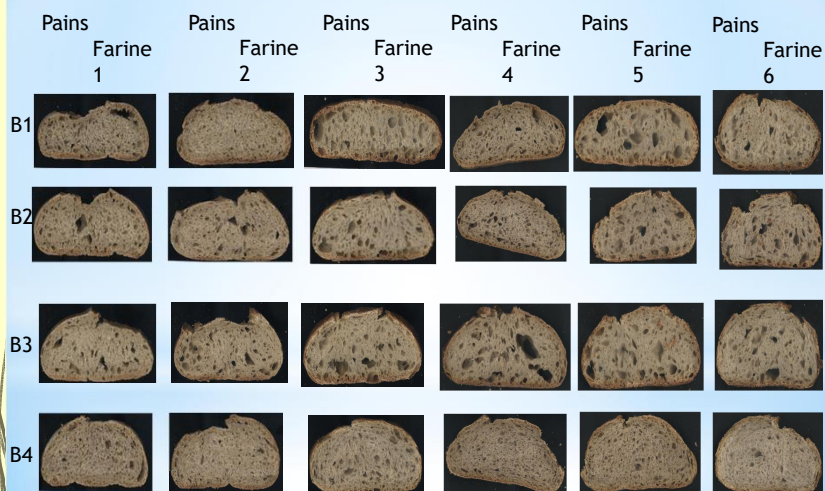
Influence des levains sur l'élasticité des pâtes au pétrissage



Influence des levains sur la tenue des pâtes en fin d'apprêt




Scanner des tranches de pains




Volume des pains en cm³ en fonction des farines et des boulangers

	B1	B2	B3	B4	moyenne
F1	1016	900	774	1106	949
F2	955	1026	868	1186	1009
F3	920	888	802	1116	932
F4	1005	847	818	1145	954
F5	1023	1010	953	1479	1116
F6	1102	914	957	1368	1085
moyenne	1004	931	862	1233	



Conduite de fermentation



Préfermentation avant pétrissage	Première fermentation après pétrissage : « pointage en cuve »	Deuxième fermentation après façonnage : « apprêt »
<ul style="list-style-type: none"> ↗ levures pour assurer le développement de la pâte en panification 	<ul style="list-style-type: none"> ↗ de la prise de force ↗ du développement du réseau de gluten ↗ développement des microorganismes 	<ul style="list-style-type: none"> ↗ le volume des pâtons avant enfournement, assure la production favorable au développement du pain
<ul style="list-style-type: none"> Favoriser l'activité levurienne pour ↗ les composés aromatiques et de l'acidité 	<ul style="list-style-type: none"> ↗ des composés aromatiques 	<ul style="list-style-type: none"> ↗ des composés aromatiques
<ul style="list-style-type: none"> ↗ bactéries lactiques pour ↗ de l'acidité et des composés aromatiques 	<ul style="list-style-type: none"> Déformation irrégulière de la structure alvéolaire formée au pétrissage 	<ul style="list-style-type: none"> Déformation irrégulière de la structure alvéolaire formée au pétrissage si la fermentation est longue

Panification au levain naturel : facteurs favorables au développement des pâtes

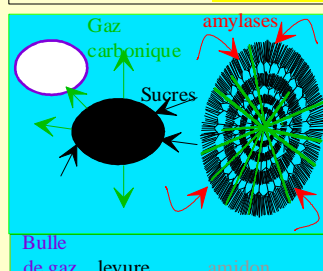
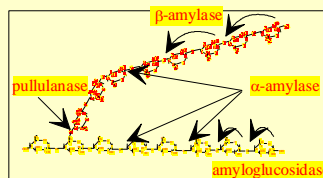
L'activité des microorganismes est réduite par rapport à une utilisation directe de levure.

- ⇒ Rafrâchis rapprochés pour l'élaboration d'un levain tout point moins hydrolysé
- ⇒ Pâte douce (molle)
- ⇒ Pâte chaude 26-28 °C
- ⇒ Pointage assez long 1 h 30 à 3 h (volume de pâte sensiblement multiplié par 2)
- ⇒ Apprêt 1 h 30 à 3 h (volume de pâte sensiblement multiplié par 3)

Fermentation et panification : facteurs favorables à l'activité levurienne

L'activité fermentative augmente avec :

- \nearrow de la quantité et de la viabilité des microorganismes (viabilité)
- \nearrow de la température (\nearrow l'agitation moléculaire \Leftrightarrow \nearrow de l'activité des **enzymes**) ;
- \nearrow l'activité amylasique de la farine qui libère des substrats (maltose et glucose) fermentescibles ;
- \nearrow de la proportion d'amidons « endommagés » (facilité l'accès et l'action des amylases dans le granule)
- \nearrow des sucres préexistants de la farine ou ajoutés (dans les fabrications enrichies, on considère que l'activité augmente jusqu'à 5 % de la quantité de sucre incorporé par rapport à la farine)
- \searrow de la pression osmotique (\searrow du sel et \searrow du sucre pour des doses > 10 %)
- \nearrow de l'hydratation des pâtes (permet la dissolution de sucres et leur transfert vers les microorganismes)
- lorsque que le **pH** est optimal pour les levures et les bactéries, entre 5 et 6



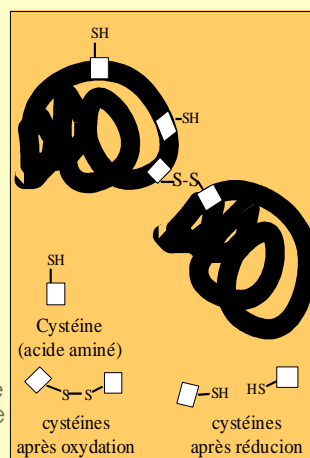
Fermentation et panification : l'oxydation des protéines

Un constat une pâte contenant de la levure prend de la force, sans levure elle s'assouplit

La « prise de force » \Rightarrow \nearrow élasticité ; \searrow extensibilité ; \searrow relâchement

La « prise de force » \Rightarrow l'oxydation des protéines qui crée des liaisons à forte énergie entre les molécules constitutives du gluten

La fermentation en provoquant une mise en mouvement permanent de la pâte crée les conditions favorables pour que les éléments qui doivent réagir puissent se rencontrer



Le rabat de la pâte

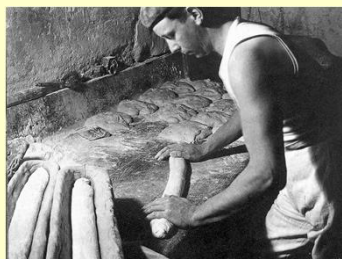


- Pour éviter une extension trop forte de la pâte qui risque de déchirer le « gluten »
- Pour donner de la stabilité à la pâte (ne pas confondre avec stabilité du gluten)
- Pour apporter une structure alvéolaire plus fine et plus régulière de la mie du pain

Mise en forme et qualité organoleptique



A la façonneuse



A la main

1. pâton non façonné après divisage
2. Pâton façonné manuellement
3. Pâton façonné mécaniquement



cuisson et qualité organoleptique

- ↗ activité de la levure (50 °C)
- ↗ de l'expansion des gaz
- ↗ de la vaporisation de l'eau
- ↘ de la viscosité et ↗ (après 60 °C)

Gélatinisation de l'amidon (60-85 °C)

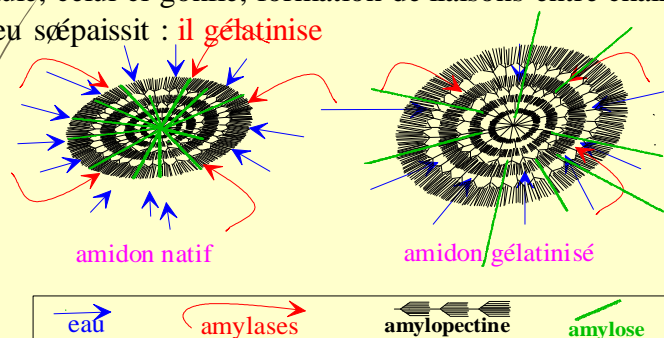
Coagulation des protéines

Réactions de Maillard et de caramélisation



Influence de la température sur la structure de l'amidon

Modification du grain d'amidon, formé de chaînes complexes de glucose (amylose et amylopectine) de l'état cristallisé vers un état amorphe sous l'effet de la température. L'eau diffuse dans le granule, celui-ci gonfle, formation de liaisons entre chaînes, le milieu s'épaissit : **il gélatinise**



29/05/20
22

Cuisson et qualité organoleptique

Cuisson sur sole : croûtes plus épaisses et

Cuisson par convection : croûtes plus fines et croustillantes

L'intensité de la chaleur modifie les structures alvéolaires et les réactions de coloration
La vapeur d'eau, facteur favorable à la finesse, à la couleur, au brillant



La qualité du pain

Elle se caractérise par :

- La flaveur (goût et arômes)
- La texture (moelleux, friabilité)
- La conservation dans le temps (rassissement, évolutions de la flaveur)
- La composition nutritionnelle

29/05/2022

Principales caractéristiques des textures des pains au levain

- masse volumique assez élevée ($d = 0,22-0,25$)
- mie assez ferme (parois alvéolaires plus épaisses)
- gonflement de la mie en milieu hydraté plus faible (hydrolyse plus forte de l'amidon)
- rassissement lent (hydrolyse plus forte de l'amidon)
- densité alvéolaire plus faible (activité levurienne plus faible, coalescence des bulles)
- alvéoles assez grosses (mais variables en fonction de la panification)



78

Pain au levain de blé : caractéristiques physico-chimiques

(B Onno, ENITIAA Nantes, 2009)

Pain au levain

pH < 4.3 (3.9 à 4.5)*



Acide lactique : 4 à 7 g/kg*

Acide acétique : 0.5 à 2 g/kg*

Volume Spécifique : ~ 3 l/kg

(* Valeurs sur ~25 produits commerciaux)

Pain à la levure

pH ~ 5.5



Acide lactique : ~0.1 g/kg

Acide acétique : ~0.1 g/kg

Volume Spécifique : ~ 5 l/kg