

# 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 Triptolème	Modifié le	



# Le blé et la farine

## Caractéristiques physiques : densité

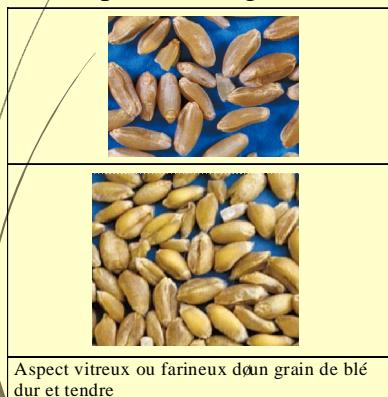
poids de mille grains, poids spécifique, densité réelle

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 Ö1  
Fibres < 1

## Caractéristiques physiques : cohésion vitrosité

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



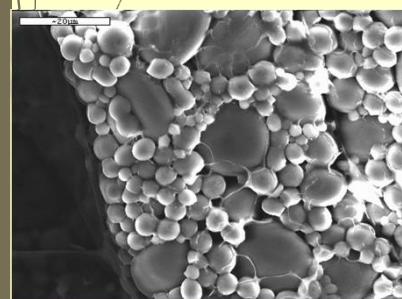
Aspect vitreux ou farineux d'un grain de blé dur et tendre

## 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

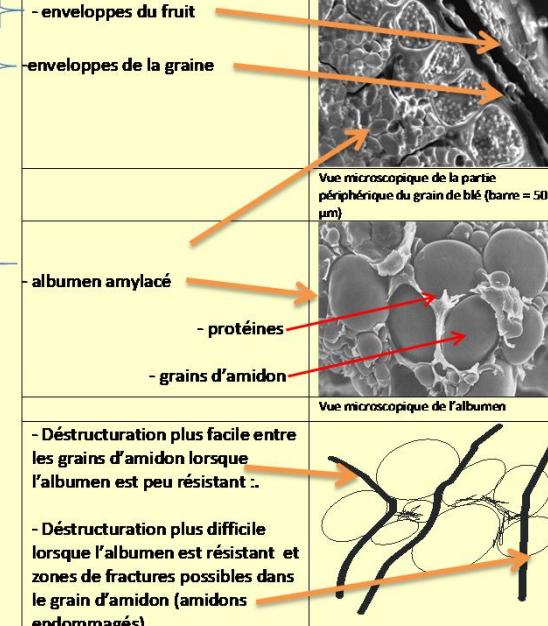
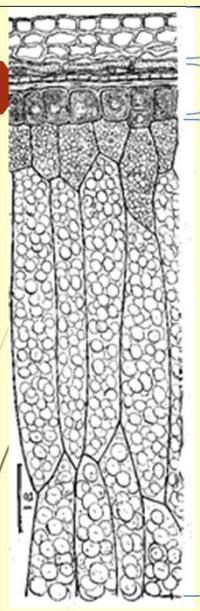
## La durété du grain



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

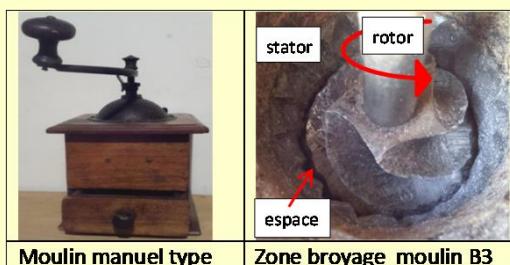
## Structure de l'albumen du grain



## Les amidons endommagés

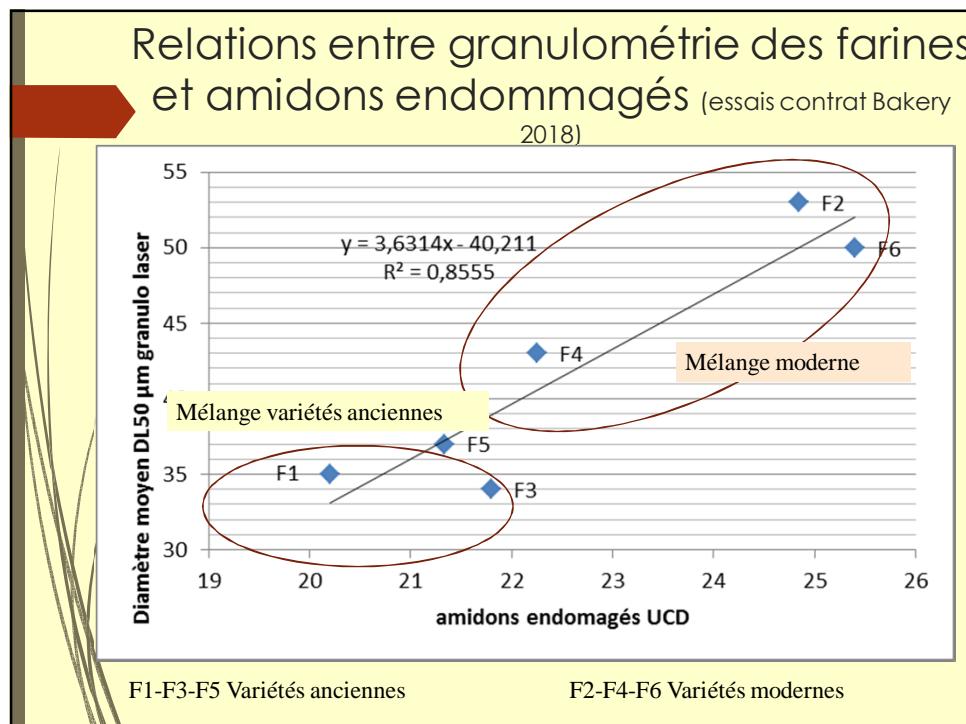
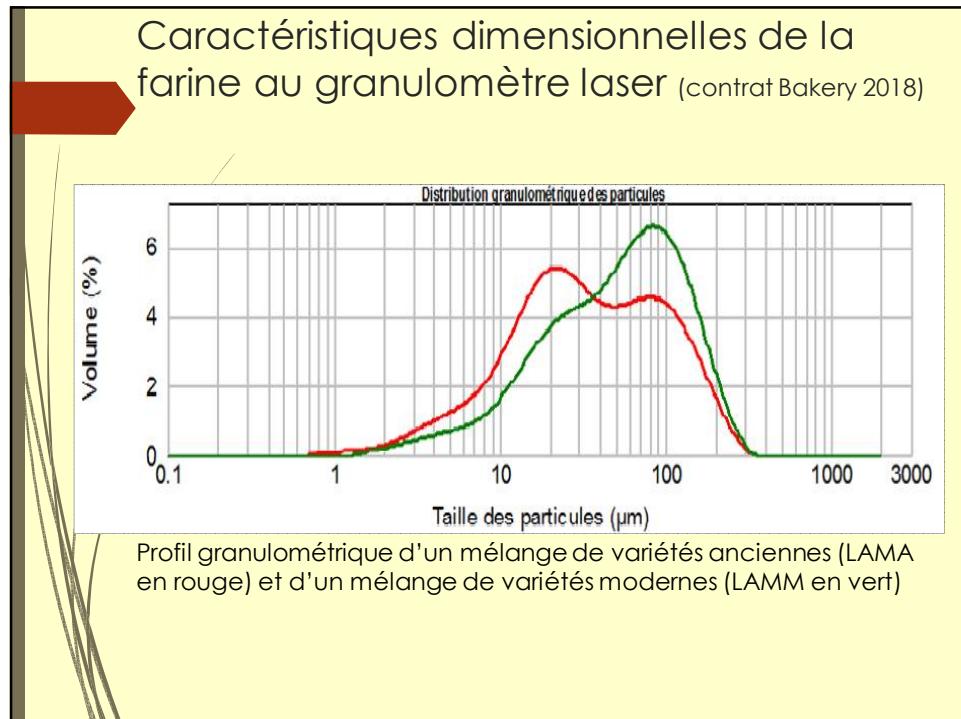
- Etat des granules d'amidon modifiés physiquement par les sollicitations mécaniques imposées aux produits au cours de la mouture du blé.
- L'endommagement se traduit par des phénomènes d'aplatissement léger, de coupures, de fissures qui les rend plus accessibles à la pénétration de l'eau et aux enzymes. 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.



## 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
<b>Blé</b>	<b>14</b>	<b>65</b>	<b>12,5</b>	<b>1,7</b>	<b>4,9</b>	<b>1,9</b>
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** (lipooxygénases, 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.

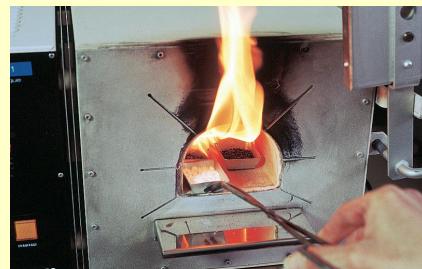
## Classification des farines

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)

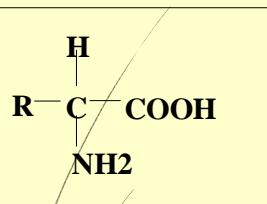
La concentration en minéraux étant forte dans les enveloppes, leur dosage permet donc de déterminer le niveau de pureté

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



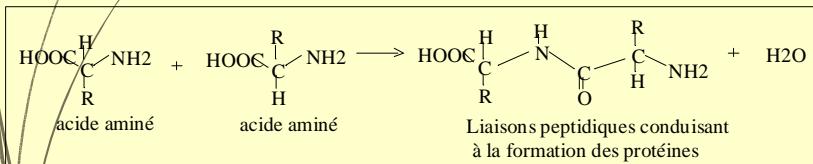
Types de farine	tenue en cendres ou matières minérales (%) ramené à la matière sèche)	Aspect des farines
45	< 0,50 %	
55	0,50 % à 0,60 %	blanches
65	0,62 % à 0,75 %	
80	0,75 % à 0,90 %	bises
110	1,00 % à 1,20 %	
150	> 1,40 %	complètes

## Constitution des protéines



## STRUCTURE GENERALE

## D'UN ACIDE AMINE



Il existe une vingtaine d'acides aminés différents

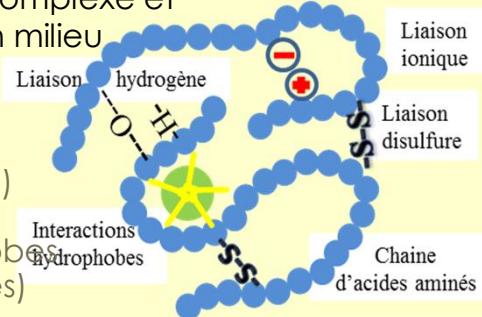
Les molécules d'acides aminés ont des groupements fixes (COOH et NH<sub>2</sub>) et variables (S<sub>n</sub>H<sub>n</sub>).

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

### Protéines de la farine

Protéines cytoplasmiques (15 à 20 %)

albumines

globulines

Protéines de réserve (80 à 85%)

Gliadines (30 à 40%)

Protéines monomériques (PM = 25 à 75 000)

Prolamines pauvres en soufre

$\omega$  - gliadines

$\beta$  - gliadines

$\alpha$  - gliadines

$\gamma$  - gliadines

Gluténines (40 à 50%)

protéines agrégées (PM > 100 000)

SGFPM

SGHPM

Glutélines riches en soufre

Enzymes

Prolamines riches en soufre

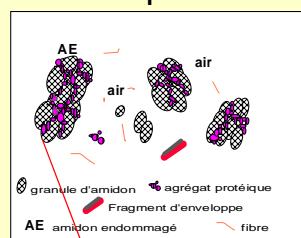
Les protéines de réserve sont aptes à s'agglutiner pour former le gluten

## 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					
GSMM	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					

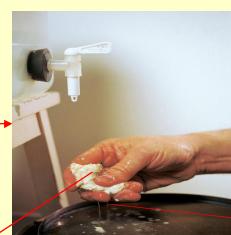
MA : mélange blés anciens MM: mélange blés modernes

## Séparation de l'amidon et des protéines du blé tendre

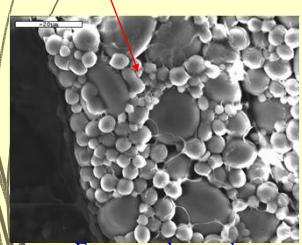


La farine : des fragments hétérogènes issus principalement de l'amidon du blé

farine  
+  
eau  
=  
pâte



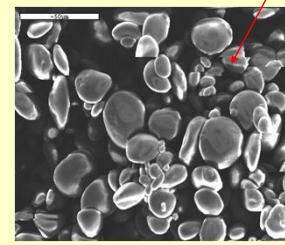
Malaxage sous un filet d'eau



Fragment d'amidon

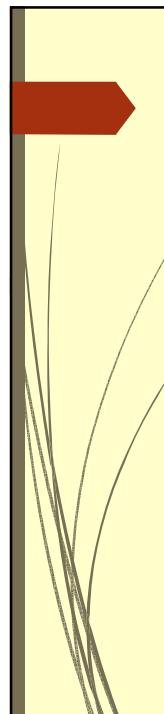


Partie protéique insoluble : le gluten



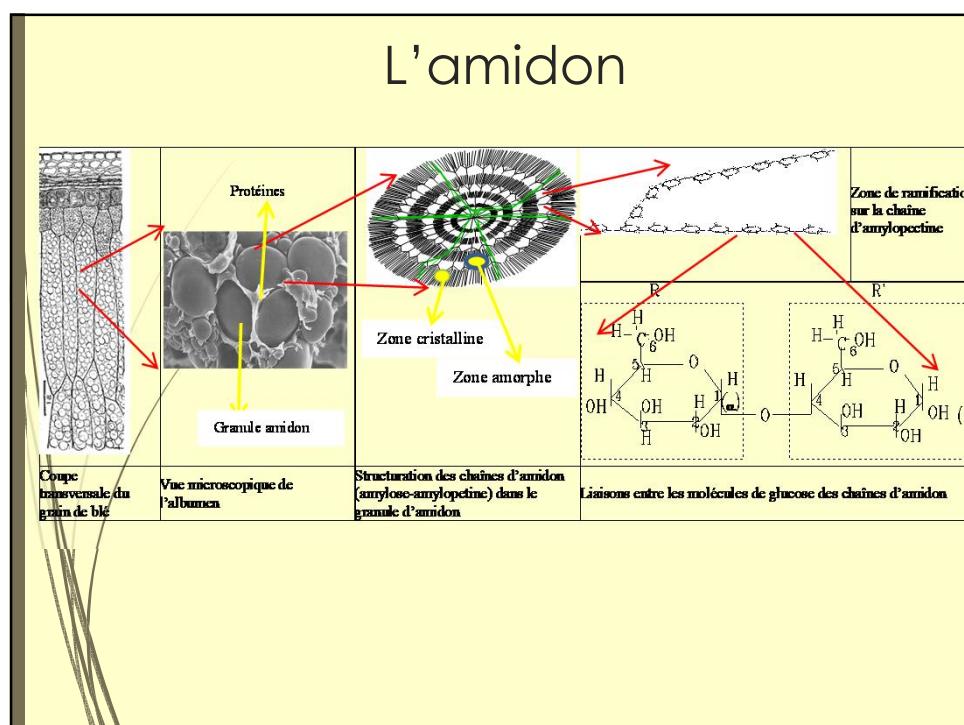
Fraction entraînée par l'eau : le gluten

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



## Les fibres

Les fibres des céréales sont composées de chaînes glucidiques de type, cellulose,  $\beta$  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 :

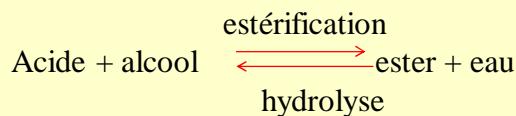
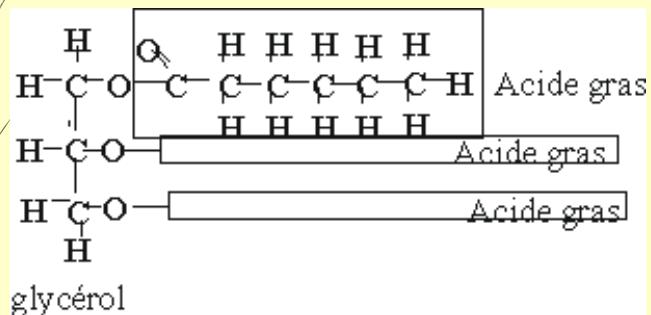
Pentosanes (arabino-xylanes...)

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

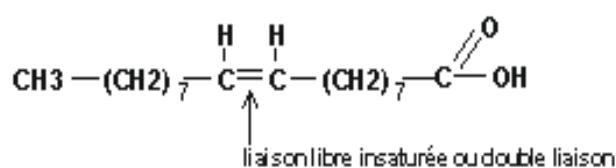
Propriétés gélifiantes ;

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 se 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-boulanger 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 boulanger 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,  
fouisonnant, 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 flaveurs 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-Aid-005)



La panification au levain naturel  
Glossaire des savoirs

Quae

## 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-boulanger de Tripolème

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														
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		insuffisance	excès		insuffisance	excès		insuffisance	excès							
observations/notes		TI	I	PI	N	PE	E	TE	TI	I	PI	N	PE	E	TE	
Frasage	T°C : 15°C	début		fin		début		fin		début		fin				
Type	Vitesse hydratation		X													
Durée	Fermeté												X			
	Résistance élastique												X	X		
	Intensité aromatique			X									X			
	T°C pâte															
Autolyse	min	début		fin		début		fin		début		fin				
Pétrissage	T°C :	début		fin		début		fin		début		fin				
Type	Lissage		X											X		
	Collant			X										X	X	
Durée	Fermeté		X					X						X	X	
	Extensibilité							X					X			
	Résistance élastique			X				X						X	X	
	Tenue		X					X						X		
	T°C pâte				26,3				25,4							

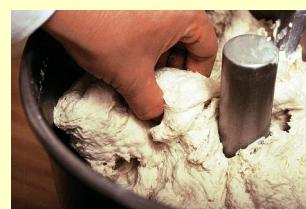
## Classification des pâtes suivant leur consistance ou viscosité

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 bâtarde ou semi-dures : type pâtes boulangères ;
- les pâtes molles aérées ou non : type pâtes pâtissières ;
- 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 :  $\approx 5$  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

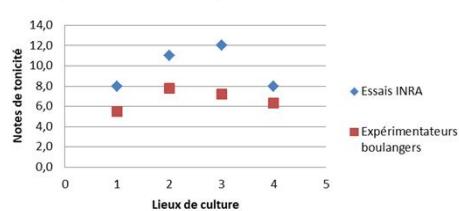
Etude du comportement de blés ou de mélanges de blé en culture, en meunerie en boulangerie (3 variétés, 2 paramètres, 2 modalités (Labour/non) (Contrat Paysblé 2010-2013)

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

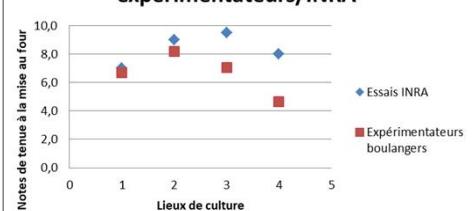
1 fournil expérimental (INRA Nantes avec possibilités d'intervention d'un praticien externe)

Quelques résultats

**Comparaison tonicité façonnage expérimentateurs/INRA**



**Comparaison tenue à la mise au four expérimentateurs/INRA**

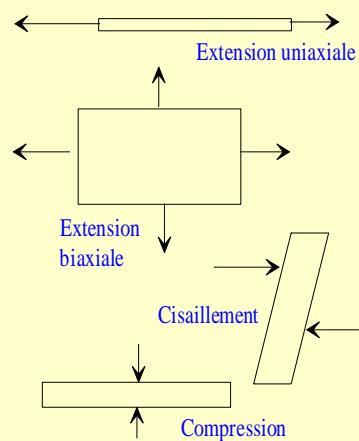


## Appréciation de l'extensibilité

**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'expander (rôle de la fermentation et de la cuisson)
- stabiliser cette expansion pendant la cuisson

## Définition du pain

Le pain est un aliment obtenu par **cuisson** au four d'une pâte **pétrie, 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, ferment dilué 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 Boulangeurs		B1	B2	B3	B4	moyennes
Farine 1	MA	58	59	60	60	<b>59,3 %</b>
Farine 2	MM	60	64	64	63	<b>62,8 %</b>
Farine 3	MA	58	59	61	59	<b>59,3 %</b>
Farine 4	MM	62	64	66	64	<b>64,0 %</b>
Farine 5	MA	58	60	63	60	<b>60,3 %</b>
Farine 6	MM	65	68	70	67	<b>67,5 %</b>
moyennes		<b>60,2 %</b>	<b>62,3 %</b>	<b>64,0 %</b>	<b>62,2 %</b>	

Variétés anciennes  Variétés modernes

B : Boulangeurs

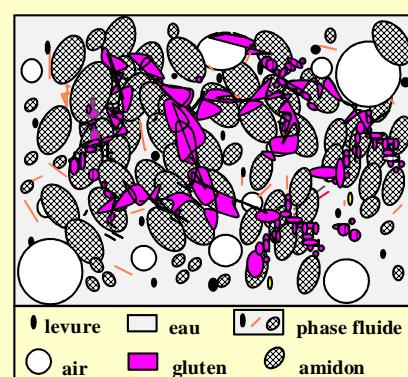
Résultats contrat recherche Bakery, 2018

## Influence de la température

- ↗ agitation moléculaire  $\Rightarrow$  ↗ fluidité  $\Rightarrow$  ↘ consistance  $\Rightarrow$  ↘ énergie pétrissage
- ↗ des réactions enzymatiques dont ↗ réactions d'oxydation  $\Rightarrow$  ↗ élasticité  $\Rightarrow$  ↗ énergie pétrissage  $\Rightarrow$  ↗ oxydation des pigments caroténoïdes
- ↗ des réactions enzymatiques dont ↗ réactions d'hydrolyse  $\Rightarrow$  ↗ 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 acquiert 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

## 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

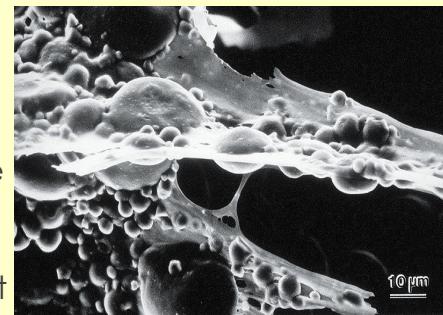
Le pétrissage correspond principalement au développement, et à l'orientation des protéines du gluten, en fonction des types de sollicitations mécaniques (compression, cisaillement, extension) et du régime d'écoulement de la pâte.

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

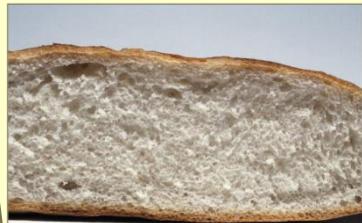
Le réseau de gluten est noyé dans une phase visqueuse

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

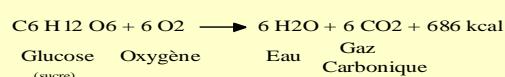
Les ~~lexures~~ assurent principalement la production de CO<sub>2</sub>, l'action des bactéries est négligeable

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

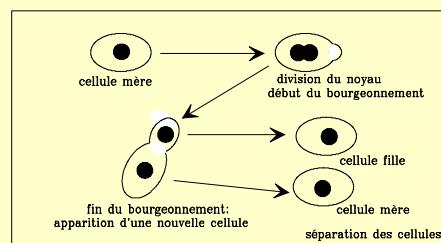
## Multiplication des levures

## 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 (dérobie) 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)

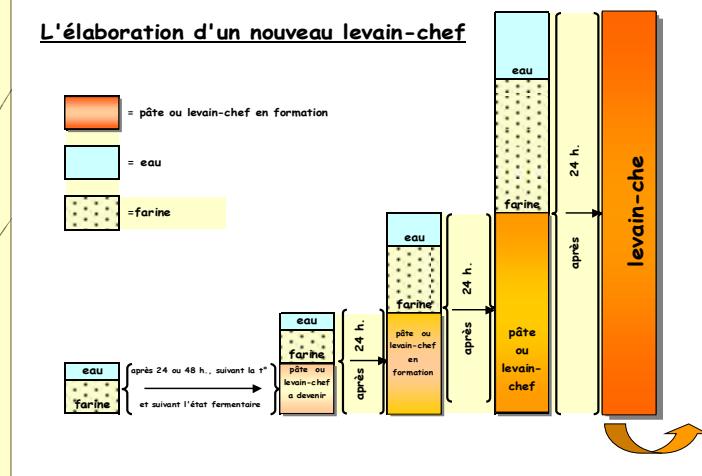
	Levures	bactéries	Flore totale
Levain naturel	$10^6$ à $2-5.10^7$	$10^7-10^9$	$10^8-10^9$
Levure fraîche de boulangerie	$10^{10}-2.10^{10}$	0	$10^{10}-2.10^{10}$
Farine Type 55			$10^2-10^3$
Farine complète	$10^3$	$10^4$	$10^3-10^4$

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

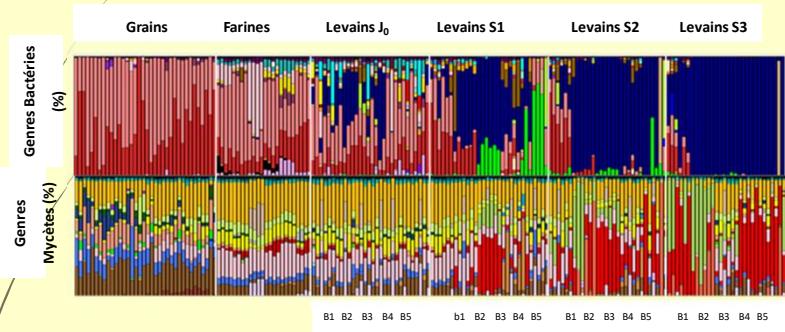
## Processus d'élaboration d'un levain

### L'élaboration d'un nouveau levain-chef



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

## Suivi de l'implantation des levures et bactéries au cours de l'élaboration d'un levain



Principaux genres de bactéries (partie haute):

■ *Pseudomonas* ■ *Pantoea* ■ *Erwinia* ■ *Weisella* ■ *Lactobacillus* ■ *Pediococcus*

Principaux genres de Mycètes (Champignons) dont Levures (partie basse) :

■ *Alternaria* ■ *Penicillium* ■ *Kazachstania* ■ *Wickerhamomyces* ■ *Saccharomyces*

## Microflore des levains naturels\*

- É *Saccharomyces cerevisiae*
- É *Saccharomyces exiguus*
- É *Kazachstania bulderi*
- É *Kazachstania servazzi*
- É *wickerhamomyces*
- É *Candida milleri*
- É *Candida krusei*
- É *Pichia*
- É *Torulaspora delbrueckii*

- É *Lactobacillus plantarum*
- É *Lactobacillus sanfranciscensis*
- É *Lactobacillus sakei*
- É *Lactobacillus casei*
- É *Lactobacillus delbrücki*
- É *Lactobacillus brevis*
- É *Lactobacillus pontisi*
- É *Pediococcus sp*
- É *Leuconostoc sp*
- É *Streptococcus*

Ratio  $10^7$  /  $10^9$  cellules / g

\* L'expression « levain naturel », non autorisée, fait référence à l'utilisation de « fermentation naturelle » utilisée dans l'article 4 du décret pain Français de 1993 pour désigner une fermentation dont les microorganismes sont issus d'une fermentation d'une pâte formée de farines, d'eau et éventuellement de sel,

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

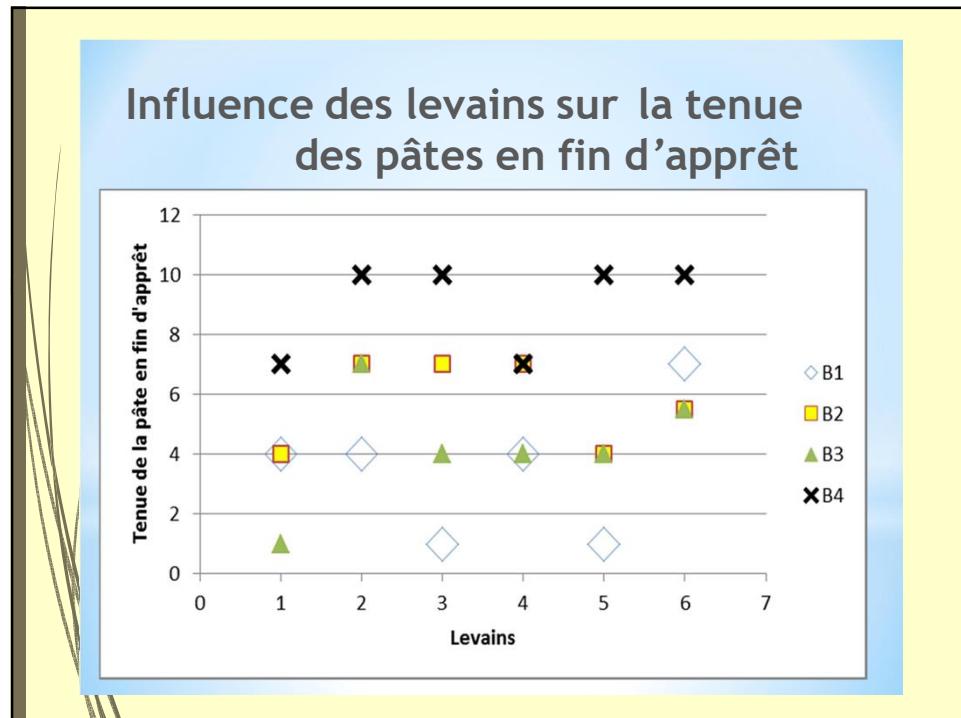
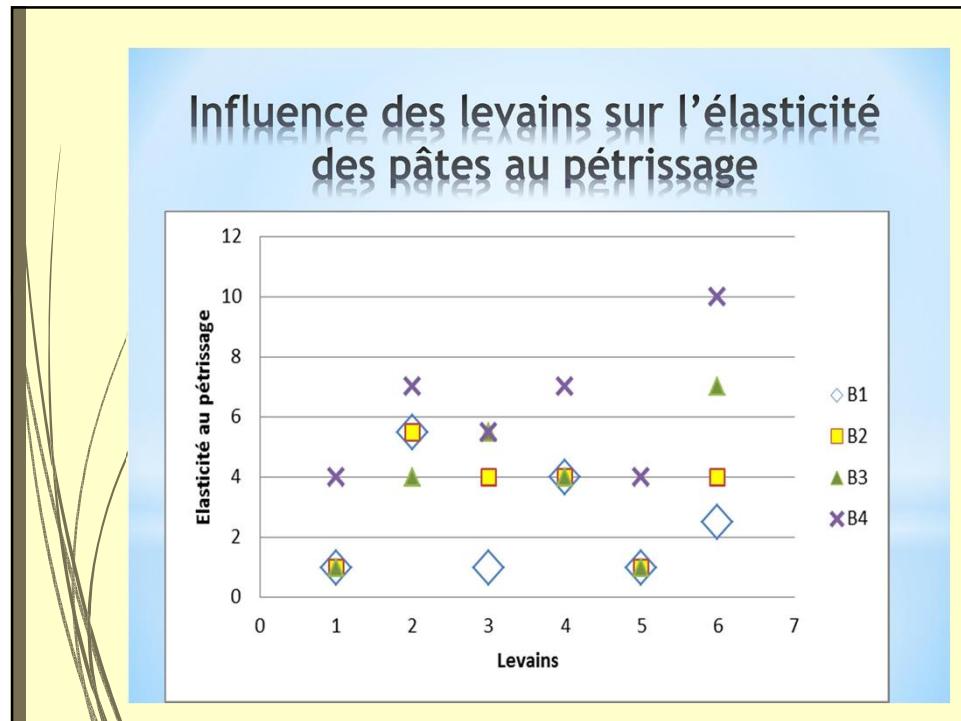
	Farine	Eau	Levure	Levain tout point -(*)	Total
Formule levure	100 kg	60 kg	2 kg	0	162 kg
Formule levain	100 kg	60 kg	0	40 kg	200 kg
Population levuriennne par g de levure ou de levain			$10^{10}$ cellules par g	$10^7$ cellules par g	
Population levuriennne par kg de pâte			$2000 \text{ g} \times 10^{10}/162 \text{ kg} = 1,25 \cdot 10^{11}$	$40000 \text{ g} \times 10^7/200 \text{ kg} = 2 \cdot 10^9$	

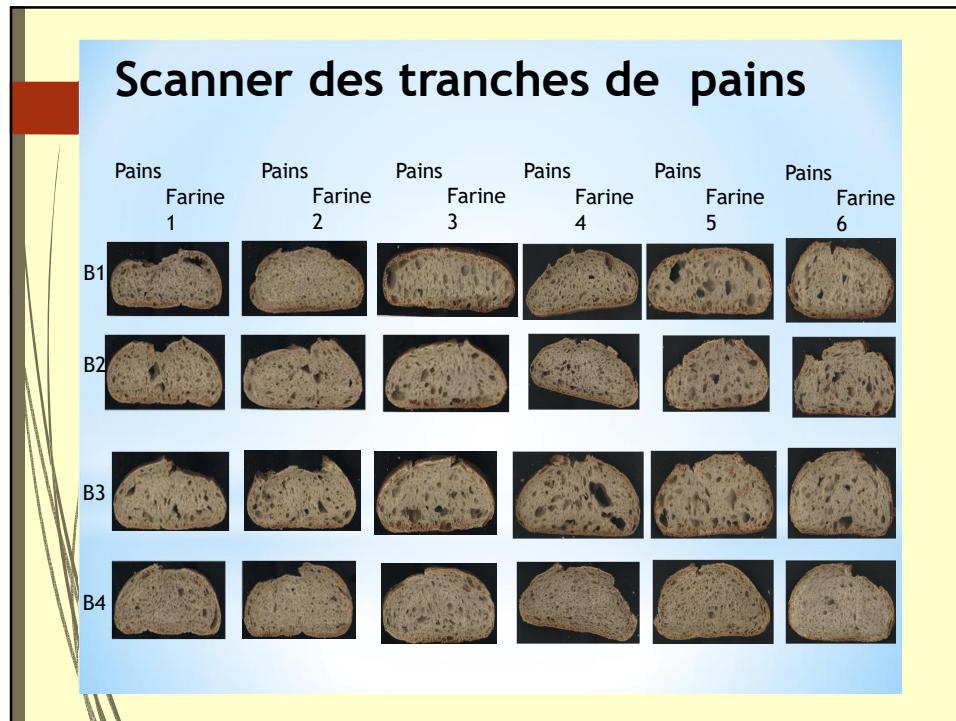
La puissance fermentative d'une pâte au levain est faible par rapport une pâte avec levure et de ce fait elle n'est pas adaptée pour certains types de textures comme le pain de mie

(\*) 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	<b>59,3</b>
Farine 2	LAMM	60	64	64	63	<b>62,8</b>
Farine 3	FMMA	58	59	61	59	<b>59,3</b>
Farine 4	GSMM	62	64	66	64	<b>64,0</b>
Farine 5	LAMA	58	60	63	60	<b>60,3</b>
Farine 6	LMMM	65	68	70	67	<b>67,5</b>
moyennes		<b>60,2</b>	<b>62,3</b>	<b>64,0</b>	<b>62,2</b>	





**Volume des pains en cm<sup>3</sup> en fonction des farines et des boulangers**

	B1	B2	B3	B4	moyenne
<b>F1</b>	1016	900	774	1106	949
<b>F2</b>	955	1026	868	1186	1009
<b>F3</b>	920	888	802	1116	932
<b>F4</b>	1005	847	818	1145	954
<b>F5</b>	1023	1010	953	1479	1116
<b>F6</b>	1102	914	957	1368	1085
<b>moyenne</b>	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"> <li>↗ levures pour assurer le développement de la pâte en panification</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↗ de la prise de force</li> <li>↗ du développement du réseau de gluten</li> <li>↗ développement des microorganismes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↗ le volume des pâtons avant enfournement, assure la production favorable au développement du pain</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Favoriser l'activité levuriennne pour ↗ les composés aromatiques et de l'acidité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↗ des composés aromatiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↗ des composés aromatiques</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>↗ bactéries lactiques pour ↗ de l'acidité et des composés aromatiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Déformation irrégulière de la structure alvéolaire formée au pétrissage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Déformation irrégulière de la structure alvéolaire formée au pétrissage si la fermentation est longue</li> </ul>

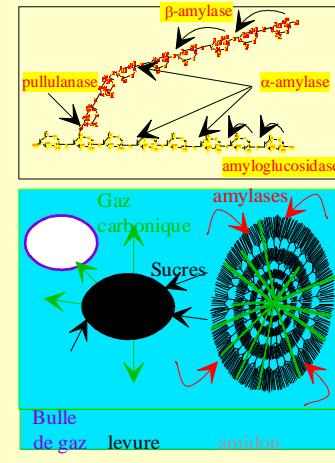
### Panification au levain naturel : facteurs favorables au développement des pâtes

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

L'activité fermentative augmente avec :

- ↗ de la quantité et de la viabilité des microorganismes (viabilité)
- ↗ de la température (↗ l'agitation moléculaire ↗ de l'activité des **enzymes**) ;
- ↗ l'activité amylasique de la farine qui libère des substrats (maltose et glucose) fermentescibles ;
- ↗ de la proportion d'amidons « endommagés » (facilite l'accès et l'action des amylases dans le granule)
- ↗ des sucre 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)
- ↗ de la pression osmotique (↘ du sel et ↘ du sucre pour des doses > 10 %)
- ↗ de l'hydratation des pâtes (permet la dissolution de sucre et leur transfert vers les microorganismes)
- lorsque que le **pH** est optimal pour les levures et les bactéries, entre 5 et 6



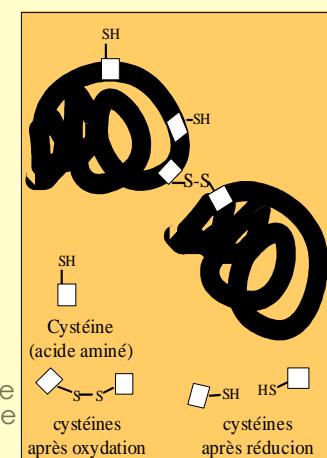
## Fermentation et panification : l'oxydation des protéines

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

La « prise de force »  $\Rightarrow$  ↗ élasticité ; ↘ extensibilité ; ↘ 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

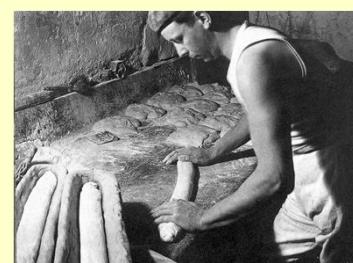


- ▶ Pour éviter une extension trop forte de la pâte qui risque de déchirer le « gluten »
- ▶ Pour donner de la stabilité à la pâte (ne pas confondre avec stabilité du gluten)
- ▶ Pour apporter une structure alvéolaire plus fine et plus régulière de la mie du pain

## 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)

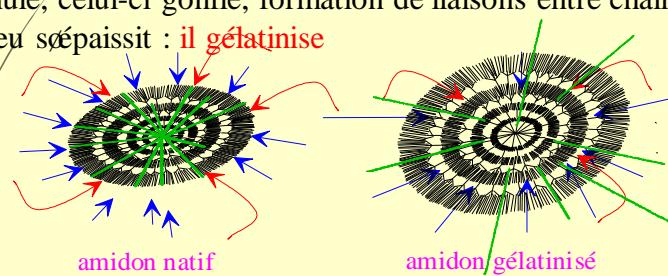
Gélatinisation de l'amidon (60-85 °C)

Coagulation des protéines  
Réactions de Maillard et de caramélation



## 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**



eau

amylases

amylopectine

amylose

## Cuisson et qualité organoleptique

Cuisson sur sole : croûtes plus épaisses et



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 levuriennes 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

