



Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/Eprints> ID : 10258

To cite this version :

Sajot-Deneuille, Diane. *Contribution à la mise en place de la démarche HACCP pour la fabrication de pain blanc précuit surgelé*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2008, 170 p.

Any correspondance concerning this service should be sent to the repository administrator: staff-oatao@inp-toulouse.fr.

**CONTRIBUTION A LA
MISE EN PLACE DE LA DEMARCHE HACCP
POUR LA FABRICATION
DE PAIN BLANC PRECUIT SURGELE**

THESE

**POUR LE DOCTORAT VETERINAIRE
Diplôme d'Etat**

présentée et soutenue publiquement en 2008
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

par

Diane, Marine, Sybille, Elodie, Barbara SAJOT épouse DENEUVILLE
Née le 24 Octobre 1971 à Paris XII

Directeur de thèse : M. Hubert BRUGERE
Maître de Conférence à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

JURY

PRESIDENT :
M^{me} MARTY

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

ASSESEUR :
M. BAILLY

Maître de Conférence à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Directeur	: M.	A. MILON
Directeurs honoraires	M.	G. VAN HAVERBEKE
	M.	P. DESNOYERS
Professeurs honoraires	M.	L. FALIU
	M.	C. LABIE
	M.	C. PAVAU
	M.	F. LESCURE
	M.	A. RICO
	M.	A. CAZIEUX
	Mme	V. BURGAT
	M.	J. CHANTAL
	M.	J.-F. GUELF
	M.	M. EECKHOUTTE
	M.	D. GRIESS

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **BRAUN Jean-Pierre**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
M. **DORCHIES Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
M. **EUZEBY Jean**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
M. **TOUTAIN Pierre-Louis**, *Physiologie et Thérapeutique*

PROFESSEURS 1^{ère} CLASSE

- M. **AUTEFAGE André**, *Pathologie chirurgicale*
M. **BODIN ROZAT DE MANDRES NEGRE Guy**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*
M. **CORPET Denis**, *Science de l'Aliment et Technologies dans les industries agro-alimentaires*
M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie pathologique*
M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
M. **FRANC Michel**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
M. **MARTINEAU Guy-Pierre**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour*
M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*
M. **REGNIER Alain**, *Physiopathologie oculaire*
M. **SAUTET Jean**, *Anatomie*
M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour*

PROFESSEURS 2^e CLASSE

- Mme **BENARD Geneviève**, *Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale*
M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
M. **DUCOS Alain**, *Zootecnie*
M. **DUCOS de LAHITTE Jacques**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la Reproduction*
M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*
M. **LIGNEREUX Yves**, *Anatomie*
M. **PICAVET Dominique**, *Pathologie infectieuse*
M. **SANS Pierre**, *Productions animales*
Mlle. **TRUMEL Catherine**, *Pathologie médicale des équidés et des carnivores domestiques*

INGENIEUR DE RECHERCHE

- M. **TAMZALI Youssef**, *Responsable Clinique équine*

PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

- Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*
M. **SEVERAC Benoît**, *Professeur d'Anglais*

MAÎTRE DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour*

MAÎTRES DE CONFERENCES CLASSE NORMALE

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale*
Mme **BENNIS-BRET, Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*
M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
Mme **BOUCLAINVILLE –CAMUS, Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
Mlle **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Physiologie et Thérapeutique*
M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale*
Mlle **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie*
Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
M. **DOSSIN Olivier, (DISPONIBILITE)** *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie du bétail*
M. **GUERIN Jean-Luc**, *Elevage et Santé Avicoles et Cunicoles*
M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
Mlle **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologie, Histologie*
Mme **LETRON –RAYMOND, Isabelle**, *Anatomie pathologique*
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie chirurgicale*
M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
M. **MONNEREAU Laurent**, *Anatomie, Embryologie*
Mlle **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*
Mme **TROEGELER –MEYNADIER, Annabelle**, *Alimentation*
M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*
M. **VOLMER Romain**, *Infectiologie*

MAÎTRES DE CONFERENCES CONTRACTUELS

- M. **CASSARD Hervé**, *Pathologie du bétail*
Mlle **GOSSOT Pauline**, *Pathologie Chirurgicale*
Mlle **RATTEZ Elise**, *Médecine*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- Mlle **BIBBAL Delphine**, *H.I.D.A.O.A Sciences de l'Alimentation*
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
M. **NOUVEL Laurent-Xavier**, *Pathologie de la reproduction*
M. **PAIN Amélie**, *Médecine Interne*
M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales*
M. **TREVENNEC Karen**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*

A madame le professeur Nicole MARTY
Professeur des Universités,
Praticien hospitalier,
Bactériologie-virologie-hygiène

qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse.

Hommages respectueux

A monsieur le docteur Hubert BRUGERE
Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Hygiène et industrie des denrées alimentaires d'origine animale

qui a bien voulu accepter ce travail et y apporter un appui bienveillant.

Qu'il trouve ici l'expression de notre sincère gratitude.

A monsieur le docteur Jean-Denis BAILLY
Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Hygiène et industrie des denrées alimentaires d'origine animale

qui nous a fait l'honneur de participer à notre jury de thèse

Sincères remerciement

A M. LELEU et M. COUTURIER pour m'avoir permis d'effectuer mon stage de fin d'études
dans leur établissement.

A tout le personnel de BCS PANITA – aussi bien le personnel d'encadrement que les
opérateurs – pour son accueil et sa bienveillante coopération.

A Frédéric,

A « mon grand » Guillaume, à « mon bonhomme » Maxime, à « ma poupée » Chloé et ...
pour tout le bonheur qu'ils me donnent et tout l'amour que je leur porte

A « mon gros » Iork, « fille » Saïa et « cochon » Tetis

A Manu et Marie

Sans oublier Capucine, Elise, Florence, Brigitte et Jacqueline

A mes parents et mes grands-parents
avec une pensée particulière pour Papy Sajot et Mamie Germaine

A tous ceux chers à mon coeur

TABLE DES MATIERES

TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	8
LISTE DES ANNEXES	9
LISTE DES ABBREVIATIONS ET SYMBOLES UTILISES	9
GLOSSAIRE	10
INTRODUCTION.....	15
PREMIERE PARTIE : DES ORIGINES DU PAIN AU DEVELOPPEMENT DE L'INDUSTRIE BOULANGERE	16
I. LES ORIGINES DU PAIN ET LA NAISSANCE DE LA BOULANGERIE	17
1. AU TEMPS DE LA PREHISTOIRE: L' APPARITION DES PREMIERES GALETTES [6, 22, 24]	17
1.1. L'approvisionnement en céréales [22, 28].....	17
1.2. La mise en œuvre des céréales [7, 22].....	17
1.3. La cuisson des galettes.....	18
2. L'APPARITION DE LA FERMENTATION [6, 22, 24].....	19
3. LA PANIFICATION DANS L'ANTIQUITE [6, 22 ,24]	19
3.1. Les Egyptiens, créateurs de la panification ?.....	19
3.1.1. une diversité de céréales et de pains.....	19
3.1.2. l'obtention de la farine [18].....	20
3.1.3. la confection de la pâte.....	20
3.1.4. la cuisson.....	21
3.2. Les Grecs perfectionnent les techniques de panification [28].....	21
3.2.1. le traitement mécanique des céréales [22].....	21
3.2.2. la bouillie et le « maza » [18, 22]	22
3.2.3. la cuisson.....	23
3.3. Les Romains, première corporation de boulangers [28]	23
3.3.1. le perfectionnement des techniques de mouture.....	23
3.3.2. l'utilisation du levain et de la levure de bière.....	23
3.3.3. la fabrication mécanique de la pâte	25
3.3.4. la cuisson.....	25
3.3.5. la première corporation de boulangers [18, 28].....	26
3.4. Les Gaulois, maîtres du rafraîchi	26
II. LA NAISSANCE ET LE DEVELOPPEMENT DE LA BOULANGERIE EN FRANCE.....	27
1. AU MOYEN-AGE: LA REGRESSION DES TECHNIQUES DE PANIFICATION [6, 22, 24]	27
1.1. La régression des techniques de mouture et de pétrissage.....	28
1.2. La cuisson dans les fours banaux [24]	29
1.3. La fabrication de pain à usage familial [15, 28]	29
1.4. Le développement de la panification : naissance de la boulangerie commerciale [28]	30
1.5. La réglementation de la boulangerie [28].....	31
2. AU SEIXIEME SIECLE : LE DEVELOPPEMENT DES PAINS AU FROMENT ET LE DEBUT DE L'UTILISATION DE LA LEVURE [6, 22, 24].....	32
2.1. Les progrès de la meunerie	32

2.2. Le début de l'utilisation de la levure et du sel	33
2.3. L'essor des pains au froment et des pains mollets	33
2.4. Le perfectionnement du pétrissage	34
2.5. La mise en place de contrôles [18]	34
3. AU DIX-SEPTIEME SIECLE : L'EVOLUTION DE LA MEUNERIE ET LA GENERALISATION DE LA FERMENTATION PAR LA LEVURE [6, 22, 24]	35
3.1. L'évolution de la meunerie	35
3.2. L'officialisation de la fermentation par la levure.....	35
3.3. La cuisson du pain	36
3.4. Les différents types de pains [18, 28]	36
4. AU DIX-HUITIEME SIECLE : LE DEVELOPPEMENT DE LA TECHNOLOGIE DE PANIFICATION [6, 22, 24]	37
4.1. La culture des céréales	37
4.2. L'évolution de la meunerie	38
4.3. Le travail sur trois levains et l'utilisation de la levure.....	38
4.4. Le développement des techniques de traitement mécanique de la pâte	39
4.5. Les améliorations portées aux méthodes de cuisson.....	40
4.6. Le difficile développement de la boulangerie commerciale	41
4.6.1. un métier à deux vitesses : le clivage capitale/province	41
4.6.2. le métier de boulanger s'institutionnalise.....	42
4.6.3. le renforcement des contraintes réglementaires.....	42
4.6.4. des conditions d'exercice difficiles	42
5. DE 1793 A 1862 : DES INNOVATIONS FREINEES PAR UNE REGLEMENTATION SEVERE ET PAR LES PENURIES [6, 22, 24]	43
5.1. Le contexte économique	43
5.2. La taxation du pain	44
5.3. Les différentes catégories de pain.....	44
5.4. L'essor de l'industrie meunière	45
5.5. L'utilisation de nouveaux ingrédients.....	46
5.6. La conduite de la fermentation	47
5.7. De nombreuses innovations dans le traitement mécanique de la pâte et dans les techniques de cuisson ...	48
5.7.1. les innovations dans le traitement mécanique de la pâte	48
5.7.2. les innovations dans les techniques de cuisson [28].....	49
III. L'ESSOR DE LA BOULANGERIE ET LA NAISSANCE DE LA PANIFICATION MODERNE.....	50
1. DE 1863 A 1903 : LA MISE EN PLACE DE LA BOULANGERIE ARTISANALE ACTUELLE [6, 22, 24] 50	
1.1. L'apparition de la liberté d'exercer pour les boulangers	50
1.2. L'introduction de nouvelles catégories de farine et de la mouture sur cylindres	51
1.3. L'émergence de la levure de grains	52
1.4. Peu de changements au niveau du traitement mécanique de la pâte et de la cuisson.....	53
1.4.1. le traitement mécanique	53
1.4.2. la cuisson.....	54
1.5. L'apparition de nouveaux services	55
2. DE 1904 A 1954 : LE DEVELOPPEMENT DU PETRISSAGE MECANIQUE ET DE LA FERMENTATION DIRECTE [6, 22, 24].....	56
2.1. L'apparition de nouvelles lois et l'évolution technologique de la panification	56

2.2. Le renforcement du contrôle qualitatif des farines	57
2.3. Le développement de l'usage des additifs	58
2.3.1. le blanchiment de la farine	58
2.3.2. le dégermage de la farine	59
2.4. La diffusion de la fermentation directe	59
2.5. Le développement du pétrissage mécanique.....	60
2.6. Des nouveautés dans les équipements de cuisson.....	62
2.7. Vers l'automatisation des lignes de fabrication	62
3. APRES 1955 : L'INTENSIFICATION DU PETRISSAGE ET LA CONGELATION DES PATES [6, 22, 24] 63	
3.1. Le contexte économique et réglementaire	63
3.2. Des qualités de blés adaptées à la panification	64
3.3. La systématisation de l'emploi des adjuvants.....	65
3.4. L'apparition de la pousse lente et de la pousse contrôlée	66
3.5. L'intensification du pétrissage et l'apparition du pétrissage intermédiaire	66
3.6. L'essor des fours indirects [15, 21].....	68
3.7. L'automatisation de la fabrication	68
3.7.1. l'automatisation des phases de division et de repos	68
3.7.2. l'automatisation du façonnage.....	69
3.7.3. l'apparition des lignes mécanisées	69
3.8. L'apparition de la congélation	70
3.9. La naissance de la boulangerie industrielle.....	70
IV. L'INDUSTRIE DU PAIN DE NOS JOURS..... 71	
1. LES DEUX MODELES TECHNOLOGIQUES ACTUELS..... 71	
1.1. Le modèle anglo-saxon : la diminution des coûts et la production de masse	71
1.2. Le modèle français : la recherche de la qualité.....	72
2. LES DIFFERENTS CIRCUITS DE COMMERCIALISATION DU PAIN..... 72	
2.1. La concentration dans des entreprises industrielles	73
2.2. L'intégration par des firmes de distribution.....	73
2.3. Les chaînes intégrées de boulangeries et les boulangeries de quartier	74
3. LE CONTEXTE ECONOMIQUE ACTUEL DE LA FILIERE PAIN EN FRANCE..... 75	
3.1. La boulangerie artisanale	75
3.1.1. la boulangerie artisanale grignotée par les GMS et les industries	75
3.1.2. le développement des chaînes d'enseigne	76
3.2. La boulangerie industrielle	76
3.3. Les GMS (Grandes et Moyennes Surfaces).....	77
3.4. Le marché du pain précuit surgelé	78
DEUXIEME PARTIE : LA FABRICATION DU PAIN 79	
I. LA COMPOSITION DU PAIN..... 79	
1. LA FARINE..... 79	
1.1. L'amidon	81
1.2. Les protéines.....	81
1.3. Les matières grasses	82
2. L'EAU 82	

3. LA LEVURE ET LE LEVAIN	82
3.1. Le levain	82
3.1.1. le levain naturel	82
3.1.2. le levain pur	82
3.2. La levure	83
3.2.1. l'origine de la levure	83
3.2.2. le mode de vie de la levure	83
3.2.2.1. le mode fermentaire	83
3.2.2.2. le mode respiratoire	84
3.2.3. le rôle de la levure: la fermentation du pain	84
3.2.4. les facteurs de variation de l'activité de la levure	85
3.2.4.1. l'incidence de la température	85
3.2.4.2. l'incidence des autres ingrédients	85
4. LE SEL.....	85
5. LES ADJUVANTS [8]	86
II. LES ETAPES DE LA PANIFICATION.....	88
1. LE STOCKAGE, LE DOSAGE ET L'ALIMENTATION DES INGREDIENTS.....	88
2. LE PETRISSAGE (SENS LARGE)	88
2.1. Le frasage	88
2.2. L'autolyse	89
2.3. Le pétrissage (sens strict).....	92
2.3.1. la formation d'un réseau tridimensionnel de gluten	92
2.3.2. le pointage = piquage	92
3. LA DIVISION ET LE BOULAGE.....	92
4. LE REPOS.....	93
5. LE FAÇONNAGE.....	93
6. L'APPRET.....	93
7. LE COUP DE LAME	93
8. LA CUISSON	93
8.1. L'arrêt du processus fermentaire	94
8.2. La levée du pain.....	94
9. LE RESSUAGE.....	94
III. CAS PARTICULIER DU PAIN INDUSTRIEL PRECUIT SURGELE	95
1. PRINCIPE DU PROCEDE INDUSTRIEL	95
2. PRINCIPE DE LA FABRICATION DU PAIN PRECUIT SURGELE.....	95
3. LES ETAPES DE FABRICATION DU PAIN PRECUIT SURGELE.....	96
3.1. Le stockage, le dosage et l'alimentation	99
3.2. Le pétrissage	99
3.2.1. le frasage	99
3.2.2. l'autolyse	100
3.2.3. le pétrissage ss.....	100
3.3. La division	100
3.4. Le boulage	101

3.5. Le premier repos.....	102
3.6. Le préfaçonnage.....	103
3.7. Le deuxième repos.....	103
3.8. Le façonnage.....	103
3.9. La dépose.....	104
3.10. La fermentation ou apprêt.....	104
3.11. La scarification ou coup de lame.....	104
3.12. La coagulation des glutens ou précuisson.....	105
3.13. Le refroidissement ou ressuage.....	105
3.14. La surgélation.....	105
3.15. Le conditionnement.....	105
3.16. Le stockage.....	106
3.17. Le transport.....	106
3.18. La cuisson finale.....	106
TROISIEME PARTIE : APPLICATION DE LA DEMARCHE HACCP AU PROCESS DE FABRICATION DU PAIN PRECUIT SURGELE.....	107
I. QUELQUES RAPPELS SUR LA DEMARCHE HACCP.....	107
1. QU'EST CE QUE LA DEMARCHE HACCP ([12, 16, 4, 20])?	107
2. POURQUOI METTRE EN PLACE LA DEMARCHE HACCP ([16, 20])?	108
2.1. Parce que c'est une obligation réglementaire.....	108
2.2. Parce que c'est important pour le consommateur.....	109
2.3. Parce que c'est un enjeu pour l'entreprise.....	109
2.4. Parce que la certification ISO 22000 est un atout commercial pour l'entreprise [26, 27].....	110
3. INTERET DE LA DEMARCHE HACCP ([4, 16]).....	110
4. PRINCIPE DE LA DEMARCHE HACCP ([12, 16, 20])	111
5. LES OUTILS DE LA DEMARCHE HACCP [12].....	112
5.1. Les outils spécifiques à la démarche.....	112
5.1.1.les fiches techniques matières premières et les fiches techniques produits finis.....	112
5.1.1.1.un exemple de fiche technique matières premières : la farine en vrac.....	113
5.1.1.1.1.la livraison.....	113
5.1.1.1.2.les caractéristiques physicochimiques.....	114
5.1.1.1.2.1.les métaux lourds.....	114
5.1.1.1.2.2.les pesticides.....	114
5.1.1.1.2.3.les mycotoxines.....	114
5.1.1.1.2.4.la microbiologie.....	114
5.1.1.1.2.5.les corps étrangers.....	114
5.1.1.1.3.la fréquence des analyses.....	115
5.1.1.2.un exemple de fiche technique produit fini : la baguette 250 g.....	115
5.1.1.2.1.les caractéristiques physicochimiques.....	115
5.1.1.2.2.l'étiquetage.....	115
5.1.2.le diagramme de fabrication.....	116
5.1.3.le tableau d'analyse des risques [12].....	116
5.1.4.l'arbre de décision des points critiques (CCP) [20].....	116
5.2. Les outils non spécifiques à la démarche.....	118
5.2.1.le référentiel ISO.....	118
5.2.1.1.les consignes de travail et les enregistrements.....	118
5.2.1.2.le classeur des matières premières et des fournisseurs.....	118
5.2.1.3.le classeur des prestataires de service.....	119
5.2.2.la veille réglementaire.....	119
5.2.3.le Guide de Bonnes Pratiques d'Hygiène et d'Application des Principes HACCP.....	119

II. MISE EN PLACE DE LA DEMARCHE HACCP DANS LA FABRICATION DE PAIN PRECUIT SURGELE	121
I. LA DEFINITION DU CHAMP DE L'ETUDE ([11, 12])	121
1.1. La détermination du couple produit-process.....	121
1.2. La délimitation du champ d'études.....	121
1.3. Le choix du type de dangers étudiés.....	122
2. L'EQUIPE HACCP ([4, 11, 12]).....	122
2.1. La constitution de l'équipe	122
2.2. La formation par un intervenant extérieur	123
2.3. Les réunions HACCP	123
3. LA DESCRIPTION DU PRODUIT ET DE SON UTILISATION ATTENDUE ([11, 12]).....	124
4. LA REALISATION DU DIAGRAMME DE FABRICATION ([11, 12])	125
5. L'ANALYSE DES DANGERS ([11, 12, 20])	125
5.1. L'identification des dangers.....	125
5.1.1.le danger biologique.....	125
5.1.1.1.les microorganismes	125
5.1.1.1.1.le substrat.....	125
5.1.1.1.2. les microorganismes concernés.....	126
5.1.1.1.3.les mycotoxines.....	126
5.1.1.2.les insectes, les rongeurs et autres.....	127
5.1.1.2.1.les insectes	127
5.1.1.2.2.les rongeurs.....	127
5.1.1.2.3.autres.....	128
5.1.2.le danger physique.....	128
5.1.3.le danger chimique	129
5.1.4.le danger génétique.....	129
5.2. L'identification des causes d'apparition de ces dangers	129
5.2.1.la matière première.....	129
5.2.2.le milieu.....	130
5.2.3.le matériel.....	130
5.2.4.la main d'œuvre.....	131
5.2.5.la méthode de travail	131
5.3. La détermination des mesures préventives pour éviter l'apparition de ces dangers	131
5.3.1.généralités	131
5.3.2.les mesures préventives pour éviter l'apparition d'un danger biologique	132
5.3.2.1.les mesures préventives concernant les matières premières.....	132
5.3.2.2.les mesures préventives concernant le process.....	132
5.3.2.3.les mesures préventives concernant le produit fini.....	132
5.3.3.les mesures préventives pour éviter l'apparition d'un danger physique.....	133
5.3.3.1.les mesures préventives concernant les matières premières.....	133
5.3.3.2.les mesures préventives concernant le process.....	134
5.3.4.les mesures préventives pour éviter l'apparition d'un danger chimique	134
5.3.5.les mesures préventives pour éviter l'apparition d'un danger génétique.....	134
5.4. La pondération du risque	134
6. LA DETERMINATION DES POINTS CRITIQUES (CCP) ([11, 12])	135
6.1. L'identification des CCP grâce à l'arbre de décision.....	135
6.2. La détermination des valeurs seuils et des tolérances pour chaque CCP.....	136
7. LE SYSTEME DE SURVEILLANCE ([11, 12]).....	136
7.1. La détermination de la nature et de la fréquence des contrôles	136

7.2. L'attribution des responsabilités et la validation des enregistrements	137
8. LES ACTIONS CORRECTIVES ([11, 12]).....	137
8.1. La détermination de la procédure à suivre en cas de dépassement des valeurs seuils	137
8.2. L'attribution des responsabilités et la validation des enregistrements	137
9. LE SYSTEME DOCUMENTAIRE : INTEGRATION DE LA DEMARCHE HACCP AUX PROCEDURES ISO	138
9.1. Quelques rappels sur le référentiel ISO	138
9.1.1.les consignes de travail.....	138
9.1.2.les enregistrements	138
9.2. L'intégration de l'HACCP au système ISO	139
10. TROIS EXEMPLES DE CCP POUR ILLUSTRER LE PRINCIPE DE LA MISE EN PLACE DE LA DEMARCHE.....	139
10.1. Premier exemple: l'étape d'élaboration du cahier des charges de la farine et les contaminants microbiologiques, chimiques et physiques (voir Annexe 4 p.164).....	139
10.1.1.pourquoi cette étape est-elle un CCP ?.....	140
10.1.2.les mesures préventives adoptées	140
10.1.3.le plan de surveillance	141
10.1.4.les mesures correctives adoptées.....	141
10.2. Deuxième exemple: l'étape de réception de la farine et les contaminants microbiologiques, chimiques et physiques (voir Annexe 5 p.165).....	142
10.2.1.pourquoi cette étape est-elle un CCP ?.....	142
10.2.2.les mesures préventives adoptées	143
10.2.3.le plan de surveillance	143
10.2.4.les mesures correctives adoptées.....	143
10.3. Troisième exemple: l'étape de détection du métal et le danger physique (voir Annexe 6 p.166).....	144
10.3.1.pourquoi cette étape est-elle un CCP ?.....	144
10.3.2.les mesures préventives adoptées	144
10.3.3.le plan de surveillance	145
10.3.3.1.le détecteur de métaux ([19]).....	145
10.3.3.1.1.la sensibilité du détecteur.....	145
10.3.3.1.2.les facteurs de variation de la sensibilité du détecteur.....	146
10.3.3.1.2.1.les facteurs internes relatifs au détecteur.....	146
10.3.3.1.2.2.les facteurs externes inhérents au produit testé	147
10.3.3.1.2.3.les facteurs externes issus du milieu extérieur	148
10.3.3.2.le contrôle visuel.....	149
10.3.4.les mesures correctives adoptées.....	149
11. L'ETABLISSEMENT DES PROCEDURES DE VERIFICATION	149
12. LE SUIVI DE LA DEMARCHE.....	150
13. DISCUSSION SUR LA MISE EN PLACE DE LA DEMARCHE HACCP	150
13.1. Le contenu de la démarche HACCP	150
13.1.1.le choix des dangers à étudier.....	150
13.1.2.le budget attribué à la démarche HACCP.....	151
13.2. La formation et la sensibilisation du personnel	151
13.3. Les aspects pratiques de la mise en place de la démarche HACCP	152
13.3.1.l'application de la démarche HACCP à une PME.....	152
13.3.2.comment associer la démarche qualité aux impératifs de la production	152
13.3.3.les avantages et les inconvénients du travail en équipe.....	153
13.3.4.la durée de la démarche	153

CONCLUSION	154
LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	167

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : Meule primitive du néolithique	18
FIGURE 2 : Moulin olynthien	22
FIGURE 3 : Moulin rotatif à manège.....	24
FIGURE 4 : Moulin hydraulique	25
FIGURE 5 : Blutoir mécanique actionné par une roue hydraulique	33
FIGURE 6 : Mouture sur meules rayonnées	46
FIGURE 7 : Pétrin mécanique à traction animale Deliry.....	48
FIGURE 8 : Principe de la mouture sur cylindres	52
FIGURE 9 : Four maçonné à chauffage direct doté d'un gueulard	54
FIGURE 10 : Four à gueulard vu de profil	55
FIGURE 11 : Pétrin mécanique à propulsion manuelle en 1911	61
FIGURE 12 : Composition du pain.....	79
FIGURE 13 : Composition de la farine.....	80
FIGURE 14 : Coupe longitudinale et coupe histologique d'un grain de blé	80
FIGURE 15 : Transformation de l'amidon en maltose	81
FIGURE 16 : Mode fermentaire de la levure	84
FIGURE 17 : Mode respiratoire de la levure	84
FIGURE 18 : Rôle du sel dans la panification	86
FIGURE 19 : Rôle des adjuvants dans la panification.....	87
FIGURE 20 : Récapitulatif des étapes du processus de panification	90
FIGURE 21 : Chronologie des évènements ayant lieu lors du pétrissage	91
FIGURE 22 : Les étapes de la fabrication du pain industriel précuit surgelé.....	97
FIGURE 23 : Appareillage utilisé pour la fabrication de pain industriel précuit surgelé.....	98
FIGURE 24 : Fonctionnement d'un carrousel de 5 pétrins.....	100
FIGURE 25 : Fonctionnement d'une diviseuse à tiroirs.....	101
FIGURE 26 : Fonctionnement d'une bouleuse tronconique.....	102
FIGURE 27 : Préfaçonnage et façonnage	103
FIGURE 28 : Variation de la capacité de détection du détecteur de métal en fonction de la position du corps étranger sur le tapis convoyeur	147
FIGURE 29 : Variation de la capacité de détection du détecteur de métal selon l'orientation du corps étranger et de la nature du métal.....	148

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : Evolution de la boulangerie par circuit de distribution	75
TABLEAU 2 : Consommation journalière de pain et nombre de boulangeries en France.....	76
TABLEAU 3: Les 12 étapes de la mise en place de la démarche HACCP	112
TABLEAU 4 : Arbre de décision des CCP	117
TABLEAU 5: Tableau de correspondance diamètre de sphère/longueur du corps étranger pour un détecteur de métal.....	146

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Fiche technique matière première farine en vrac.....	158
ANNEXE 2 : Fiche technique produit fini baguette 250 g.....	161
ANNEXE 3 : Diagramme de fabrication d'une ligne automatisée.....	163
ANNEXE 4 : Tableau d'analyse des risques pour l'étape d'élaboration du cahier des charges de la farine.....	164
ANNEXE 5 :Tableau d'analyse des risques pour l'étape de réception de la farine en vrac...	165
ANNEXE 6 : Tableau d'analyse des risques pour l'étape de détection du métal.....	166

LISTE DES ABBREVIATIONS ET SYMBOLES UTILISES

CA	Chiffre d'Affaires
CCP	Point de Contrôle Critique
DON	Déoxynivalénol
FDA	Food and Drug Administration
GMS	Grandes et Moyennes Surfaces
GMP	Grands Moulins de Paris
IAA	Industrie AgroAlimentaire

ANMF Association Nationale de la Meunerie Française
CNBP Confédération Nationale de la Boulangerie-Pâtisserie Française
CSHPF Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France
CRITT Centre Régional d'Innovation et de Transferts de Technologie
ENSMIC Ecole Nationale Supérieure de Meunerie et des Industries Céréalières
FEBPF Fédération des Entreprises de Boulangerie et de Pâtisserie Françaises
(anciennement SNIBP Syndicat National des Industries de Boulangerie et Pâtisserie)
GITE Groupement Indépendant des Terminaux de Cuisson
SNIBP : voir FEBPF

GLOSSAIRE

Additif : substance alimentaire non consommée en tant que telle et non utilisée comme ingrédient dont l'adjonction aux denrées alimentaires au stade de leur fabrication, dans un but technologique, a pour effet qu'elle devient un composant de ces denrées alimentaires. Sont considérés comme additifs tous les produits retenus dans la Directive Européenne 95/2/CE.

Adjuvant : produit d'addition, dans la fabrication d'une denrée alimentaire, qui n'est ni un additif ni un auxiliaire technologique.

Alimentation : acheminement des ingrédients vers le pétrin, après leur dosage.

Allongement : opération qui consiste à donner sa longueur définitive aux pâtons juste avant la fermentation.

Améliorant : Mélange de produits d'addition et d'ingrédients sur un support généralement à base de farine. La formulation est adaptée au type de panification pour lequel l'améliorant est destiné.

Amidon : l'amidon contribue de façon indirecte à la consistance de la pâte : il joue le rôle d'agent de remplissage du gluten. Il intervient également dans l'absorption d'eau .

Apprêt : fermentation en étuve des pâtons façonnés, entre le *façonnage* et la mise au four. A différencier du *pointage* ou *piquage*.

Autolyse : temps de repos consécutif au *frasage*, durant lequel les amylases contenues dans la farine sont activées par l'apport d'eau. Ce repos facilite la formation de la structure glutenique.

Auxiliaire technologique : substance alimentaire non utilisée comme ingrédient et utilisée dans la transformation des matières premières ou des ingrédients, dans un but technologique pour la fabrication de la denrée alimentaire. Il peut en résulter la présence de cette substance ou de dérivés dans le produit fini (Directive 89/107/CE). Sont considérés comme auxiliaires technologiques les enzymes et les préparations enzymatiques.

Balle : enveloppe des graines de céréales, composée des glumes et des glumelles.

Battement : ancienne technique de pétrissage qui consistait à empoigner la pâte à bras le corps et à la soulever.

Blutage = tamisage: opération qui consiste à éliminer les enveloppes des grains et les poussières lors de la fabrication de la farine. Il s'agit d'un tamisage perfectionné. Il se fait à l'aide d'un blutoir, gros cylindre en bois recouvert de tamis.

Boulage : opération qui consiste à donner une forme régulière de boule au pâton, en le faisant tourner sur lui-même, après l'opération de division.

CCP (de l'anglais Critical Control Point) : points critiques du process, pour lesquels la maîtrise des dangers sera indispensable.

Coup de buée : aspersion de vapeur d'eau dans le four juste avant l'enfournement de la pâte. Cette opération maintient les capacités d'extension de la pâte en retardant la formation de croûte.

Coup de lame = scarification : incisions données sur les pâtons avant la mise au four pour réduire la résistance de la pâte et faciliter son expansion pendant les premières minutes de la cuisson.

Croûtage : dessèchement en surface des pâtons lors de l'*apprêt*.

Dépose : disposition automatique, après le façonnage, des pâtons façonnés sur les plaques de fermentation et cuisson.

Dépotage : transvasement de la farine du camion vers le silo.

Détente = repos : période de repos des pâtons entre le boulage et le préfaçonnage, ou entre le préfaçonnage et le façonnage. Elle permet la diminution des contraintes internes au pâton et favorise l'allongement.

Division : opération ayant lieu après le pointage et qui consiste à diviser la pâte en petits pâtons de masse égale, qui donneront chacun un pain. La division volumétrique consiste à produire des pâtons de volume égal, ce qui garantit au final un poids égal.

Elasticité : capacité que possède une pâte à revenir à sa position initiale après une déformation.

Extensibilité : capacité d'allongement ou de déformation d'une pâte jusqu'au stade de la rupture.

Façonnage : opération ayant lieu après la détente et avant la fermentation et qui consiste à donner aux pâtons leur forme définitive.

Farinage = fleurage : saupoudrage de farine sur les pâtons de façon à éviter que ceux-ci ne collent entre eux ni aux tapis de transfert.

Filet : support métallique rigide recouvert d'une résine élastomère ou d'une substance anti-adhérente, utilisée pour la fermentation et la cuisson des pâtes.

Filth Test : test de tamisage servant à dénombrer le nombre de fragments microscopiques d'animaux retrouvés dans 50 grammes de farine : sont dénombrés successivement les insectes entiers, les débris d'insectes, les poils de rongeurs.

Flaveur : double sensation de l'odeur et du goût.

Fleurage : voir farinage.

Force boulangère : aptitude d'une farine à s'hydrater, puis de la pâte à se développer tout en retenant le gaz carbonique formé pendant la fermentation. On la mesure à l'aide de l'alvéographe de Chopin

Frasage : première phase du pétrissage sl, pendant laquelle on mélange l'eau et la farine.

Glumelle : voir Balle.

Gluten : amas protéique insoluble dans l'eau, qui forme un réseau tridimensionnel imperméable, capable de retenir le gaz carbonique et de s'étirer sous sa pression. Il est à l'origine de la structure et de la texture alvéolée du pain.

Grigne : déformation de la pâte en cours de cuisson sur la zone scarifiée du pâton.

Gruau : semoule extraite après un broyage et une mouture particulier des grains et très riche en gluten, ce qui lui confère un grande force boulangère. Elle contient très peu d'enveloppes et donne des farines très blanches.

Gueulard : conduit coudé en fonte dans les fours maçonnés du début du 20^{ème} siècle qui amène directement la flamme du foyer vers la chambre de cuisson. D'abord fixe, il est ensuite devenu orientable et amovible, ce qui permettait de mieux répartir la chaleur sur la sole.

Guide de Bonnes Pratiques de Fabrication : document de référence, d'application volontaire, établi par les organisations professionnelles du secteur agroalimentaire considéré, en concertation avec les autres partenaires de la filière et dans le respect de la réglementation et des codes d'usage et soumis à validation par les ministères référents. Il recommande des moyens et des procédures pour garantir la salubrité des aliments concernés, précise les bonnes pratiques d'hygiène applicables au secteur et propose des recommandations pour la mise en place de la démarche HACCP et un système de traçabilité.

HACCP : Hazard Analysis Critical Control Point = Analyse des Dangers et Points de Contrôle Critiques.

ISO 9001 : norme par laquelle une entreprise, en se soumettant de façon volontaire à la certification, atteste de sa possession d'un Système de Gestion de la Qualité (Système d'Assurance Qualité). Cette norme liste une série d'exigences organisationnelles concernant la responsabilité de la direction, le système qualité, l'existence de processus et l'amélioration continue.

ISO 22000 : norme spécifique à la filière agroalimentaire par laquelle une entreprise, en se soumettant de façon volontaire à la certification, atteste de sa possession d'un Système de Management de la Sécurité des Denrées Alimentaires = SMSDA. Cette norme garantit notamment la mise en place d'une démarche HACCP, la compétence du personnel de l'entreprise concernant l'hygiène alimentaire, une veille documentaire et une démarche d'amélioration continue.

Laminoir : petite grille servant à enrouler la pâte, préalablement aplatie, sur elle même lors du préfaçonnage, de façon à obtenir l'ébauche du pain.

Levain lactique : souche quasiment pure de Lactobacilles obtenue par isolement à partir d'un levain naturel.

Levain naturel : mélange de farine et d'eau que l'on laisse fermenter 30 à 40 heures et dans lequel se développe une flore multiple. Après quelques jours, on « repique » une partie du levain dans un nouveau mélange de farine et d'eau.

Levure de boulangerie : souche pure de *Saccharomyces cerevisiae*

Mouture : terme définissant à la fois l'étape de broyage du grain de blé et le produit issu de ce broyage.

Oura : conduit d'aération situé au fond du four traditionnel, qui permet d'améliorer le tirage lors de la combustion du bois. Les ouras sont apparus au 18^{ème} siècle.

Paquet Hygiène : ensemble de textes communautaires fixant des exigences relatives à l'hygiène des denrées alimentaires et visant à refondre, harmoniser et simplifier les dispositions préexistantes. Ces textes sont articulés autour d'un texte socle: le Règlement n°178/2002 [40]. Le Paquet Hygiène contient notamment le Règlement n°852/2004.

Pâton : morceau de pâte obtenu après l'opération de division. Cette appellation est également valable pour un morceau de pâte boulé et façonné.

Pétrissage (sens large) : mélange et malaxage des ingrédients. Il comprend trois phases : le *frassage*, l'*autolyse* et le *pétrissage* au sens strict.

Pétrissage (sens strict) : ajout des autres ingrédients (levure, sel, etc.) dans le mélange farine/eau.

Pige : tige métallique ou plastique prédimensionnée permettant au surveillant de ligne de vérifier la longueur des pains à la dépose

Pilage : écrasement du grain par percussion lancée verticale.

Piquage = Pointage : fermentation en cuve, qui se produit dès que la levure entre en contact avec le mélange farine et eau. A différencier de l'*apprêt*.

Plansichter : blutoir mécanique formé de plusieurs tamis animés de mouvements oscillatoires et circulaires.

Pointage : voir piquage.

Poolish : liquide, en général composé pour moitié d'eau et pour moitié de farine,ensemencé à la levure de bière ou de boulangerie et subissant une fermentation avant introduction dans la pétrissée.

Pousse : expression imagée traduisant la levée de la pâte pendant la fermentation.

Pousse contrôlée : Méthode de fermentation dans une enceinte réfrigérée programmable capable d'effectuer un blocage de la fermentation par refroidissement pendant plusieurs heures, ce qui permet d'ajuster la durée de la fermentation en fonction des contraintes horaires du boulanger.

Précuit : degré de cuisson permettant de réaliser la gélatinisation et la coagulation du gluten, sans atteindre le début des réactions de coloration de la croûte. Le pain, à ce stade, est dans un état instable et ne peut être manipulé, mais s'il reste sur les supports de cuisson, il peut être congelé ou transporté.

Rafrâichi : opération qui consiste à renouveler et enrichir la composition d'un levain en ajoutant de la farine et de l'eau dans des proportions permettant de maintenir la consistance de la pâte.

Relâchement : phénomène d'écoulement de la pâte, dû à un réseau de gluten insuffisamment résistant pour maintenir la pâte dans sa forme primitive.

Repos : voir détente.

Ressuage : période suivant la sortie du four, durant laquelle le pain se refroidit pour se stabiliser à la température ambiante.

Scarification : voir coup de lame.

Sole : partie basse de la chambre de cuisson des fours traditionnels, sur laquelle est déposée la pâte pour sa cuisson.

Soufflage : ancienne technique de pétrissage qui consiste à emprisonner de l'air lors du rabat des morceaux de pâte de façon à former des bulles.

Tamisage : voir blutage.

Taux d'extraction de la farine : rendement de farine obtenue par rapport au poids de grains mis en œuvre.

Tenue : terme utilisé pour caractériser le comportement de la pâte ou du pâton pendant la fermentation et la mise au four.

Tolérance : capacité de la pâte à supporter sans dommage des écarts de fabrication.

Voûte : partie supérieure de la chambre de cuisson des fours traditionnels.

INTRODUCTION

La démarche HACCP a été créée dans les années soixante par la NASA afin d'assurer un haut degré de sécurité microbiologique, chimique et physique pour les aliments destinés aux cosmonautes. Intégrée au système qualité de l'entreprise, cette démarche est une méthode de maîtrise de la sécurité sanitaire des aliments.

La mise en place de la démarche est devenue une obligation réglementaire pour les IAA depuis 1993, avec l'établissement de la directive 93/43/CE, abrogée et remplacée aujourd'hui par le règlement n°852/2004. Elle est également devenue une référence normative depuis 2005 avec l'apparition de la certification ISO 22000.

Le terme HACCP correspond à l'abréviation de Hazard Analysis Critical Control Point, qui signifie : Points de Contrôle Critiques et Analyse des Risques. Il s'agit d'identifier sur la totalité du processus de fabrication l'intégralité des dangers affectant l'hygiène et la sécurité du produit, d'établir les mesures préventives et correctives vis à vis de ces dangers, d'établir un système de surveillance, et d'identifier les points critiques pour lesquels la maîtrise du danger est indispensable.

Nous allons étudier la mise en place de cette démarche pour la fabrication de pain blanc précuit surgelé.

Afin de mieux comprendre les procédés de panification actuels, nous retracerons dans une première partie la naissance et l'évolution de la fabrication du pain, depuis son origine préhistorique jusqu'au développement de l'industrie boulangère.

Dans une deuxième partie, nous rappellerons quelles sont les étapes élémentaires de la fabrication du pain et traiterons le cas particulier du pain précuit surgelé, afin de faciliter la compréhension de la troisième partie de cet ouvrage.

Enfin, dans une troisième partie, après avoir fait quelques rappels sur le principe de la démarche HACCP, nous développerons sa mise en place dans le cas de la fabrication de pain précuit surgelé. Nous étudierons les 12 étapes de la démarche l'une après l'autre. Des exemples concrets seront utilisés afin d'illustrer chaque étape de la démarche. Quatre dangers seront retenus dans l'analyse: le danger biologique, le danger physique, le danger chimique et le danger génétique. Trois points critiques seront étudiés plus en détail : l'élaboration du cahier des charges de la farine en vrac, la réception de la farine et la détection des métaux.

PREMIERE PARTIE : DES ORIGINES DU PAIN AU DEVELOPPEMENT DE L'INDUSTRIE BOULANGERE

Depuis l'Antiquité, le pain est un élément essentiel à la survie des hommes. Peu onéreux et nourrissant, le pain faisait autrefois office de plat principal lors du repas. Aujourd'hui, toujours considéré comme indispensable à l'équilibre alimentaire, il est consommé avec plus de modération, au profit de denrées plus nobles.

Nous allons retracer dans cette partie les grandes étapes de l'histoire du pain, depuis son origine, qui remonte quasiment à l'époque préhistorique, jusqu'à l'apogée de l'industrie boulangère, de nos jours.

Nous verrons dans un premier temps comment, depuis le berceau de sa création en Egypte, le savoir-faire de la panification s'est répandu en Occident à la faveur des migrations et des conquêtes, et comment, en parallèle, il s'est perfectionné au fil des siècles.

Nous verrons, dans un second temps, comment les techniques de fabrication se sont professionnalisées et comment leur développement a toujours été étroitement lié au contexte économique et aux événements historiques.

Enfin, dans un troisième temps, nous nous intéresserons plus particulièrement à la période la plus contemporaine de l'histoire de la panification, siège des plus importantes innovations et de l'apparition des techniques modernes de panification, qui seront étudiées dans les deuxième et troisième parties.

I. LES ORIGINES DU PAIN ET LA NAISSANCE DE LA BOULANGERIE

C'est l'apparition de la fermentation qui va véritablement signifier la naissance de la panification. Le berceau de la panification semble être l'Égypte et le Proche-Orient, avec la création des premières galettes durant la préhistoire

Par le biais des migrations, des conquêtes et des échanges commerciaux, les peuples Hébreux, Grecs et Romains vont ensuite successivement acquérir le savoir-faire de la panification puis le diffuser dans tout le bassin méditerranéen.

1. AU TEMPS DE LA PREHISTOIRE: L'APPARITION DES PREMIERES GALETTES [6, 22, 24]

1.1. L'approvisionnement en céréales [22, 28]

L'homme du paléolithique est chasseur-cueilleur : son alimentation repose sur les animaux sauvages qu'il réussit à tuer ainsi que sur les plantes, les racines et les fruits qu'il trouve autour de lui. Il ne cherche pas pour l'instant à domestiquer les animaux ni les plantes.

Au dixième millénaire, avec la fin de la dernière ère glaciaire, le réchauffement du climat permet la prolifération des céréales sauvages (orge, seigle sauvage ou blé amidonnier) dans le croissant fertile (Égypte, Proche-Orient, Mésopotamie), alors qu'il n'en existe pas pour l'instant en Europe. Le chasseur-cueilleur nomade commence à récolter ces céréales: il se transforme en agriculteur sédentaire. C'est le début de l'ère néolithique.

Les premiers villages d'agriculteurs n'apparaîtront en Europe que 2000 à 3000 ans plus tard, à la faveur de migrations vers le nord de la Méditerranée. C'est ainsi que, dès le début du cinquième millénaire, les paysans néolithiques d'Europe centrale cultivent plusieurs variétés de blé, ainsi que de l'orge¹.

1.2. La mise en œuvre des céréales [7, 22]

Au dixième millénaire, les céréales sont consommées telles quelles, crues ou grillées. Ce n'est que plus tard que les graines sont écrasées, en utilisant des meules primitives. Ces meules sont constituées d'une large pierre sur laquelle sont disposées les céréales et sur laquelle l'homme imprime un mouvement de va-et-vient à l'aide d'une pierre de taille plus réduite (voir Figure 1). Très difficiles à décortiquer, car il s'agit de grains vêtus, ces céréales sont parfois préalablement grillées, ce qui permet d'enlever plus facilement la *balle* et

d'améliorer la conservation. Les céréales ainsi écrasées donnent une farine contenant une quantité importante de son.



FIGURE 1 : MEULE PRIMITIVE DU NEOLITHIQUE (D'APRES [7])

Ces meules sont constituées d'une large pierre sur laquelle sont disposées les céréales et sur laquelle l'homme imprime un mouvement de va-et-vient à l'aide d'une pierre de taille plus réduite

Cette farine, mélangée à de l'eau, peut-être utilisée de deux manières : sous forme de bouillie, cuite par immersion de pierres incandescentes, ou sous forme de pâte, cuite sous la cendre, entre des pierres.

Cette sorte de galette mince non fermentée constitue l'ancêtre du pain.

1.3. La cuisson des galettes

Les techniques de cuisson de cette galette varient selon le mode de vie des populations : les populations nomades² utilisent des pierres plates polies entre lesquelles ils placent la pâte, en dessous de cendres incandescentes, alors que les populations sédentaires utilisent de petits fours.

Au Proche Orient, il s'agit de fours tronconiques en argile, enterrés ou non, et munis d'un orifice à leur sommet. Ces fours seront ensuite dotés d'une ouverture supérieure plus étroite et d'un orifice latéral à leur base, qui constitueront un dispositif d'aération efficace et amélioreront ainsi la combustion. Le bois est brûlé à la base du four, puis les cendres sont retirées et les galettes sont disposées le long des parois restées chaudes. En Afghanistan et en Iran, ce type de four, appelé « tanur » ou « tabur », est encore utilisé de nos jours.

En Méditerranée, il s'agit de four de type coupole. Une cloche amovible est placée sur un feu très riche en braises. Une fois la cloche suffisamment chaude, les braises sont remplacées par des galettes et la cloche recouverte des braises incandescentes. Cette utilisation de l'énergie rayonnante permet de cuire des galettes épaisses et de préserver l'humidité dégagée lors de la cuisson.

¹ L'orge se prête cependant moins bien à la panification que le blé car elle contient moins de gluten.

² Qui ne cultivent pas les céréales mais se les procurent au gré de leurs déplacements.

2. L'APPARITION DE LA FERMENTATION [6, 22, 24]

Deux théories existent concernant l'apparition de la fermentation.

D'après certains, elle serait apparue en Orient 3000 ans avant J-C : une pâte de farine et d'eau aurait été négligemment abandonnée dans un endroit chaud et humide et aurait été le siège d'une fermentation acide provoquée par des levures sauvages et des bactéries lactiques [28].

D'après d'autres, les premiers aliments fermentés auraient été des boissons et la fermentation du pain aurait été étroitement liée à la fabrication de la bière [22]. Le levain utilisé pour la fabrication du pain proviendrait notamment de l'écume formée à la surface de la bière.

Dans les deux cas, le processus fermentaire aurait été découvert fortuitement suite à l'oubli d'un aliment dans des conditions favorables au développement des levures et bactéries fermentaires.

A la faveur des guerres, des migrations et du commerce, la culture des céréales et la fabrication du pain se répandent en Méditerranée. Les Egyptiens, les Hébreux, les Grecs puis les Romains, vont tour à tour acquérir le savoir-faire de la panification et y apporter des améliorations [28].

3. LA PANIFICATION DANS L'ANTIQUITE [6, 22 ,24]

3.1.Les Egyptiens, créateurs de la panification ?

C'est en Egypte que se trouverait le berceau de la panification : de nombreux sites archéologiques égyptiens attestent de l'utilisation des céréales depuis l'époque néolithique³.

3.1.1.une diversité de céréales et de pains

L'Egypte développe très tôt, et de façon importante, la culture et le commerce des céréales, grâce aux terres fertiles du Nil. Les céréales cultivées sont d'une grande variété : en plus de l'orge et du blé amidonnier, prépondérants, on trouve également du froment, de l'avoine ou de l'épeautre [18].

Avec la bière, le pain représente en Egypte Antique la base de l'alimentation. Les Egyptiens savent aussi bien fabriquer des galettes, non fermentées, appelés pains azymes, que des pains levés, fermentés. Les pains diffèrent par leur forme (carré, ovale, rond, ou conique), par le type de farine utilisée, et par leurs saveurs, issues de l'incorporation d'ingrédients très

variés : la pâte peut être enrichie avec de l'huile, de la graisse, des œufs, de la viande, du miel ou des fruits. Les Egyptiens créent ainsi une grande diversité de pains : on dénombre une quinzaine de variétés de pains en - 2700 avant J-C et une quarantaine en - 1500 avant J-C.

Ces pains « enrichis » ne semblent toutefois destinés qu'aux classes aisées, les classes plus modestes se nourrissant de pain d'épeautre.

3.1.2. l'obtention de la farine [18]

En fonction des auteurs, la mise en œuvre des céréales par les Egyptiens varie: d'après [22], le blé est coupé haut vers l'épi et le grain est vanné, c'est à dire lancé en l'air et séparé de la *balle* que le vent emporte. Le grain ainsi nettoyé est ensuite tamisé et stocké dans des silos à grains. D'après [6], au contraire, les céréales sont utilisées telles quelles, encore vêtues, la *balle* adhérant fortement au grain.

La farine est obtenue grâce au *pilage*, qui fait éclater le grain. Le son est mis de côté, et le reste est moulu à l'aide d'une auge à deux compartiments et d'une grosse pierre : les grains sont disposés dans le compartiment supérieur, et, par frottement de la pierre sur les grains, on obtient une farine qui s'écoule dans le compartiment inférieur. Conséquence directe, la farine contient de la poudre minérale, probablement à l'origine de l'usure des dents constatée sur la plupart des momies égyptiennes.

La farine ainsi obtenue est tamisée dans un tamis rond et profond en papyrus, en jonc ou en roseau. Cette opération consiste à éliminer les enveloppes des grains et les poussières. L'invention du *tamisage* serait donc égyptienne, permettant l'obtention de différentes qualités de farines. De façon à obtenir une farine plus fine, on fait préalablement sécher les grains au soleil ou on les torréfie avant de les moudre. On ne prépare généralement pas plus de farine que nécessaire à chaque fabrication de pain: on préfère conserver le grain plutôt que la farine.

3.1.3. la confection de la pâte

Pour la confection de la pâte, les Egyptiens rajoutent de l'eau à la farine, un peu de sel et du levain. La pâte, peu consistante, est malaxée dans de grandes jarres en terre cuite.

D'après [6], bien que maîtrisant la fabrication des boissons fermentées, en particulier la bière, les Egyptiens ne semblent pas avoir utilisé immédiatement la levure dans l'élaboration du levain : le levain est obtenu au départ par une simple fermentation spontanée. D'après [22], ce n'est qu'à partir de 1500 avant J-C que l'on emploie une véritable levure de

³ On a découvert la présence de meules ainsi que de paniers en roseau enfouis dans la terre et contenant froment, mil et orge.

Saccharomyces, sous forme liquide, provenant de la fabrication de la bière⁴. En fait ce sont véritablement les Gaulois qui maîtriseront cette technique (voir chapitre I.3.4.).

3.1.4. la cuisson

Dans l’Ancien Empire (vers 2505-2180 avant J-C), la cuisson se fait sur des pierres plates placées sur le feu ou dans des moules en argile de forme coniques, préalablement chauffés sur le feu, puis remplis avec de la pâte semi-liquide, bouchés et empilés en forme de pyramide au milieu du feu, le pain étant alors démoulé après cuisson.

Au Nouvel Empire (vers 1540-1075 avant J-C), la cuisson se fait dans des fours en briques à coupole de même type que ceux utilisés à la préhistoire. Grâce à eux, la fabrication commerciale de pain va commencer dès cette époque.

Les Egyptiens vont initier les Hébreux puis les Grecs à ces techniques vers 800 ans avant JC.

3.2. Les Grecs perfectionnent les techniques de panification [28]

Les Grecs vont rapidement améliorer la qualité du pain et devenir des spécialistes de la panification : ils vont élargir la palette de céréales utilisées pour sa fabrication, enrichir les recettes avec l’ajout de divers ingrédients à l’origine d’une grande diversification des arômes du pain, et enfin améliorer de façon significative les techniques de traitement mécanique des céréales.

Trois types de céréales sont principalement utilisées : l’orge, majoritaire, le blé et le millet. La préparation de l’orge est la base de l’alimentation céréalière chez les Grecs et le pain levé de blé ne s’y développera que tardivement (300 ans avant J-C). En effet, la Grèce n’a que peu de terres fertiles : 80% de son territoire est montagneux et l’orge y est plus facile à cultiver. Contrairement à l’Egypte, elle est donc contrainte d’importer du blé : c’est pour cette raison que le pain de blé sera considéré comme un pain de luxe par rapport au pain d’orge.

3.2.1. le traitement mécanique des céréales [22]

Les Grecs vont apporter plusieurs innovations, notamment concernant le *pilage* et la *mouture* des céréales, ainsi que concernant le *tamisage* de la farine, ce qui permet l’obtention de farines blanches.

⁴ La bière est elle-même fabriquée par délayage d’orge germée avec du jus de datte.

.Initialement, la *mouture* se fait grâce à une meule de type va-et-vient comparable à celle utilisée au Néolithique et en Egypte, mais à laquelle les Grecs ont apporté des modifications : des stries en arête de poisson sont taillées dans les pierres de façon à faciliter l'écrasement des grains et l'écoulement de la farine. Au début du cinquième siècle avant J-C, les Grecs utilisent améliorent ce système en créant le moulin olynthien (voir Figure 2). Ce moulin est constitué de deux meules rectangulaires superposées, la meule supérieure étant mue par des esclaves à l'aide d'un levier. Une trémie permet le passage des grains entre les deux meules. Des rainures sur les meules facilitent l'évacuation de la farine.

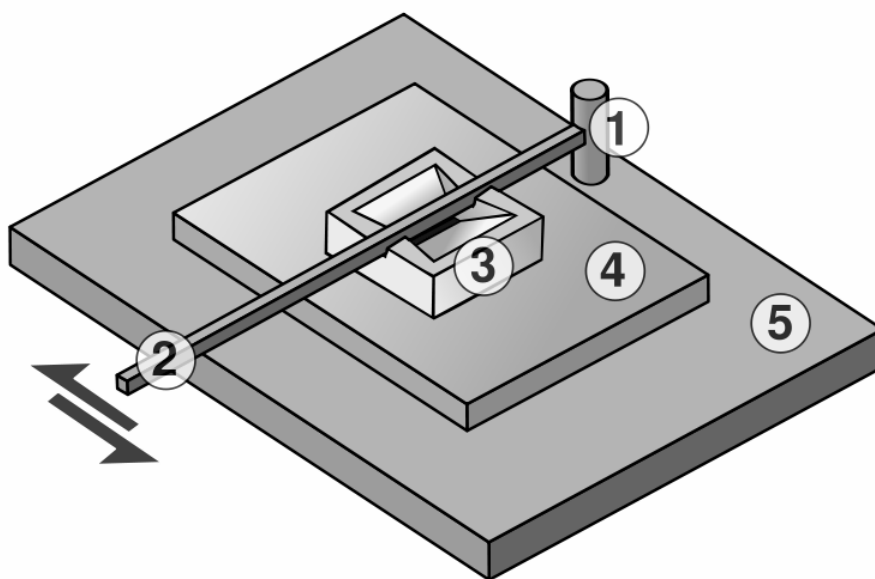


FIGURE 2 : MOULIN OLYNTHIEN (D'APRES [1])

Ce moulin constitué de deux meules rectangulaires superposées (une meule courante (3) et une meule gisante (5)). La meule courante est mue par des esclaves à l'aide d'un levier (2). Une trémie permet le passage des grains entre les deux meules. Des rainures sur les meules facilitent l'évacuation de la farine.

3.2.2.la bouillie et le « maza » [18, 22]

Bien que les Grecs soient devenus des spécialistes de la panification, la bouillie et le « maza » vont rester longtemps la nourriture quotidienne la plus répandue chez eux.

L'orge est consommée sous forme de bouillie ou de « maza », galette de farine pétrie, à laquelle on peut ajouter du lait, du miel, de l'huile ou des condiments. L'orge se prête moins bien à la panification que le blé, en raison de sa faible teneur en gluten : le pain d'orge lève moins bien que celui de blé.

3.2.3.la cuisson

La cuisson ne fait pas l'objet d'innovation particulière par rapport au Néolithique: elle peut se faire dans des fours en argile, ou à l'étouffée, dans des cloches également en argile.

La transformation des céréales est majoritairement familiale. Les premiers boulangers professionnels vont apparaître à Athènes vers la fin du cinquième siècle : ils assureront la mouture des céréales, le pétrissage et la cuisson du pain.

3.3. Les Romains, première corporation de boulangers [28]

A la faveur de la conquête de la Macédoine par les légions romaines en -148 avant J-C, le savoir boulanger grec s'introduit dans les grandes demeures romaines.

Les Romains sont alors perçus comme de grands « mangeurs de bouillies », initialement à base d'orge : la bouillie est la base de l'alimentation des campagnes et des classes pauvres urbaines. Mais les Romains vont promouvoir fortement la culture du blé et la panification.

3.3.1.le perfectionnement des techniques de mouture

La *mouture* se perfectionne par la construction de moulins de grande taille, mus par traction animale (moulin rotatif à manège mu le plus souvent par un cheval - voir Figure 3) puis par la force hydraulique (voir Figure 4), qui vont permettre l'obtention de quantités beaucoup plus importantes de farine. Le moulin romain est constitué d'une meule fixe conique surmontée d'une meule mobile. Le grain, introduit dans le cône supérieur de la meule mobile, est écrasé entre les parois de sa partie inférieure et de la meule fixe. L'écartement des meules est réglable, permettant d'effectuer une mouture progressive.

3.3.2.l'utilisation du levain et de la levure de bière

Les pains romains sont des pains levés à base de levain et de levure de bière. Sans connaître la nature des microorganismes qui compose le levain, les Romains observent que son activité augmente en utilisant des ingrédients riches en ferments, comme le moût de raisin, ou des substances sucrées, comme le miel. Dès cette époque, la conservation du levain et de son pouvoir fermentatif se fait par une opération de « *rafraîchi* » : cette technique consiste à ajouter régulièrement de la farine et de l'eau dans le levain, durant sa conservation entre deux utilisations pour la réalisation d'une tournée⁵ de pâte. Cette opération permet de développer l'activité des levures par un apport de matières fermentescibles et d'oxygène⁶.

⁵ Une tournée est la mise en œuvre d'un bloc de pâte pour fabriquer une certaine quantité de pains.

⁶ Elle évite par la même occasion une hydrolyse et une acidification trop importantes, ayant lieu en milieu anaérobie et à l'origine du « pourrissement » de la pâte.

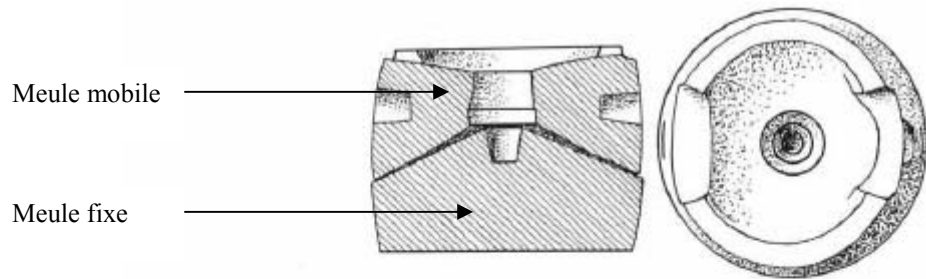


FIGURE 3 : MOULIN ROTATIF A MANEGE (D'APRES [7])

Mu par des esclaves ou par les soldats dans les légions, ce type de moulin rotatif s'est ensuite perfectionné avec l'utilisation de la traction animale (le plus souvent un cheval) : les rendements ont alors considérablement augmenté.

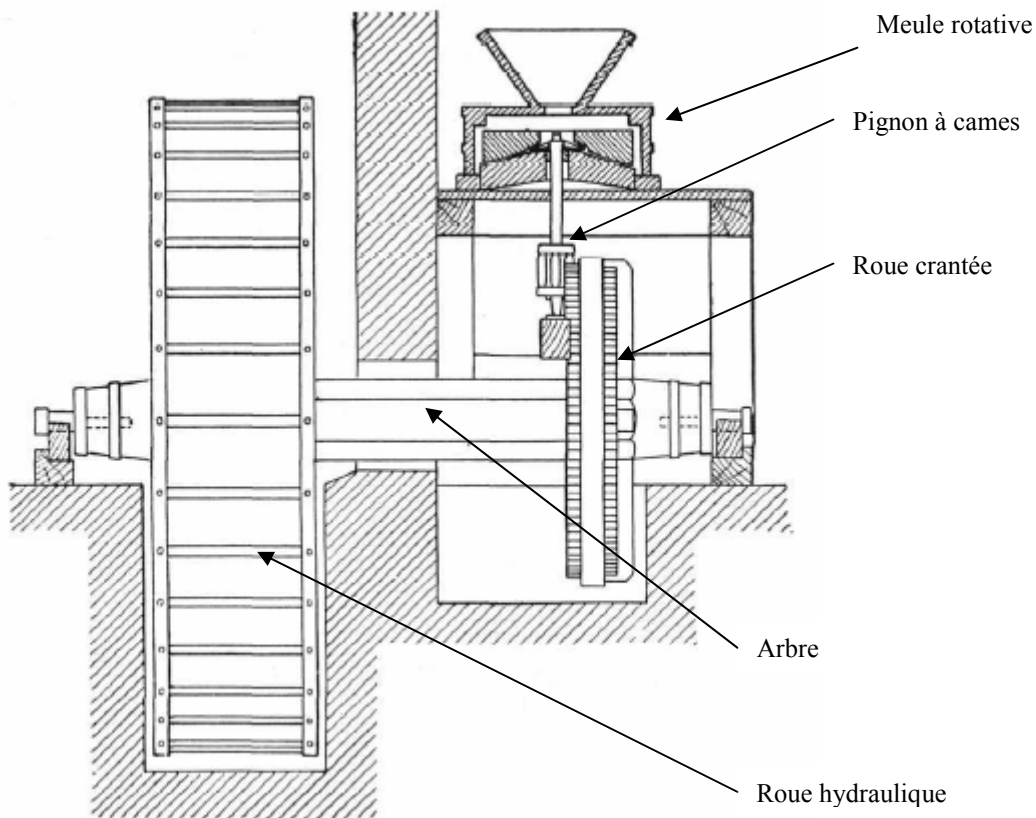


FIGURE 4 : MOULIN HYDRAULIQUE (D'APRES [7])

La roue hydraulique à aubes entraîne une roue crantée fixée sur un arbre : en tournant, elle actionne un pignon à cames sur lequel est fixé la meule tournante. L'énergie hydraulique permet de mouvoir des meules de taille beaucoup plus importante.

3.3.3. la fabrication mécanique de la pâte

La fabrication de la pâte est obtenue mécaniquement dans une auge cylindrique, à l'intérieur de laquelle un agitateur brasse et mélange les ingrédients et dont le mouvement est entraîné par un cheval. Il s'agit là de l'ancêtre des pétrins mécaniques⁷.

3.3.4. la cuisson

La cuisson se fait dans des fours maçonnés dont la sole est composée de briques réfractaires. La cuisson est intermittente : on fait brûler le bois directement sur la sole, puis une fois la combustion effectuée, on retire les cendres et on dispose les pains à cuire : la transmission de la chaleur se fait par conduction, à partir des briques réfractaires qui ont emmagasiné la chaleur.

3.3.5. la première corporation de boulangers [18, 28]

Ces améliorations, entraînant un développement de la consommation du pain, transforment cette activité artisanale en véritable commerce et induisent la création de la première corporation de boulangers, avec l'édiction des premières règles de panification, en l'an 14 de notre ère. Ces boulangers sont appelés « pistores » (du verbe piler), en raison de l'opération de décorticage des céréales vêtues avant la mouture [24]. Décrétée d'utilité publique par les empereurs, cette corporation fait plus tard partie du « secteur public romain » : la distribution gratuite de pain aux plus pauvres citoyens de Rome remplace alors la distribution de blé. Les boulangers constituent une corporation privilégiée mais en contrepartie ils sont assujettis à des règles sévères concernant leur vie sociale. Cette rigueur traduit en fait le souci des pouvoirs publics d'assurer un ravitaillement en pain régulier et suffisant de façon à maintenir l'ordre dans Rome.

L'art de la panification sera ensuite importé dans les Gaules à la suite de leur occupation par Jules César et ses légions romaines en -50 avant J-C.

3.4. Les Gaulois, maîtres du rafraîchi

Les Gaulois vont maîtriser parfaitement la technique du rafraîchi pour la conservation du levain et vont corriger l'activité du levain, génératrice d'acidité, par l'ajout de levure de cervoise. Les textes de Pline l'Ancien témoignent, au premier siècle de notre ère, de l'utilisation par les Gaulois d'écume de cervoise (riche en levures) dans la fabrication des pains: d'après lui, ce serait la raison de la grande légèreté du pain gaulois. Des fragments de pains gallo-romains carbonisés, retrouvés dans des fouilles présentent un alvéolage étonnement aéré, qui semble confirmer cette hypothèse.

⁷ Des fouilles effectuées à Pompéi révèlent l'existence de machines à pétrir, mues par des hommes ou par des animaux.

II. LA NAISSANCE ET LE DEVELOPPEMENT DE LA BOULANGERIE EN FRANCE

Au cours des siècles, les progrès de la meunerie et de la boulangerie vont constamment dépendre du contexte économique et des événements historiques et seront notamment freinés par des périodes de maigres récoltes, voire de disette, et par des périodes de guerre. La qualité et le prix du pain vont ainsi fluctuer de façon récurrente en fonction des récoltes et de l'approvisionnement en blé du pays.

Durant le Moyen Age, les techniques de panification vont peu progresser, voire régresser, même si c'est à cette période que va se professionnaliser l'activité de panification.

Ce n'est qu'après la Renaissance, vers la fin du 16^{ème} siècle et au 17^{ème} siècle, que le pain va connaître un nouvel essor, avec la création des pâtes blanches et aérées et l'utilisation de la levure comme agent de fermentation.

Le 18^{ème} siècle sera quant à lui le temps du développement de nouvelles technologies et le temps des progrès significatifs de la boulangerie.

1. AU MOYEN-AGE: LA REGRESSION DES TECHNIQUES DE PANIFICATION [6, 22, 24]

La chute de l'Empire Romain et les invasions barbares provoquent une forte régression de la culture des céréales, ainsi que des techniques de mouture et de panification. Les cultures sont ravagées, les moulins à eau gallo-romains détruits.

Les Barbares se contentent de consommer des bouillies d'orge ou d'avoine.

A cet égard, le rôle du christianisme dans la promotion et la diffusion du pain et du vin sera considérable pendant tout le Moyen-Age. Les abbayes, disposant de grandes boulangeries, permettront notamment de limiter les disettes et les famines et conserveront une partie du savoir-faire de la panification, tout en contribuant à sacraliser le pain.

A partir de 1050, le pain et le vin sont véritablement les bases de l'alimentation. Le pain représente une part très importante de la ration alimentaire. Ses principales qualités consistent en une haute valeur nutritive et en une bonne conservation, son aspect (volume, couleur) n'étant que secondaire.

Cette obscure période sera ainsi paradoxalement marquée par des faits importants, à savoir l'apparition des moulins à vent, le passage de la cuisson dans les fours banaux à la cuisson dans des fours individuels et la naissance de la boulangerie commerciale.

L'histoire du pain va alors essentiellement s'identifier à l'histoire de la boulangerie parisienne, dont l'évolution sera beaucoup plus dynamique qu'en province.

1.1. La régression des techniques de mouture et de pétrissage

Durant une partie du Moyen-Age, tous les habitants d'un ban⁸ sont obligés d'apporter à moudre leurs céréales au moulin à eau, propriété du seigneur. Le rôle du meunier est restreint à l'écrasement des grains, rôle qui perdurera jusqu'au 17^{ème} siècle.

Mais, de façon à éviter de payer l'impôt de la banalité, la population utilise les techniques de mouture antiques, manuelles, pour broyer les céréales. Dans certaines provinces, jusqu'à la fin du 18^{ème} siècle, les paysans en sont même réduits à manger essentiellement des bouillies.

Le moulin hydraulique romain s'est doté de seulement deux positions de meule, ce qui limite fortement l'éventail du degré de mouture : meules écartées pour produire de la farine blanche, ou meules rapprochées pour obtenir de la farine bise, en fonction des exigences des clients. La mouture reste donc rudimentaire.

En 1080, les moulins à vent font leur apparition en Europe : leur construction et leur fonctionnement s'inspirent des observations faites par les Croisés lors de leur périple en Orient. La diffusion de ces moulins à des milliers d'exemplaires témoigne de l'importance de la culture céréalière et de la consommation de pain à cette époque.

La fermentation à partir de levure de cervoise tombe dans l'oubli et on n'utilise plus uniquement que la technique de fermentation au levain : onensemence la pâte avec un levain gardé de la fabrication précédente. La fermentation au levain dominera jusqu'au 19^{ème} siècle et ne bénéficiera d'aucun progrès notable au cours du Moyen Age. Ce n'est qu'au 15^{ème} siècle que la levure de bière réapparaîtra dans la fabrication du pain, associée au levain, dans la moitié Nord de la France, conjointement au développement des brasseries, et sera à l'origine d'un pain plus léger, plus alvéolé et moins aigre [15].

Le pétrissage, quant à lui, redevient manuel durant tout le Moyen-Age. Les pâtes à pain sont volontairement sous-hydratées, donc fermes, car on considère qu'un pain fabriqué avec d'avantage d'eau est moins nourrissant. Le pétrissage de ces pâtes débute avec les mains et se termine la plupart du temps avec les pieds, en raison de la fermeté de la pâte. A partir du 15^{ème} siècle, il se perfectionnera avec l'apparition de la brie, sorte de levier permettant de comprimer de façon répétée des morceaux de pâte et assurant ainsi un complément de pétrissage efficace.

⁸ Circonscription du suzerain

1.2. La cuisson dans les fours banaux [24]

La cuisson des pains est effectuée dans des fours dits banaux, c'est à dire appartenant au suzerain. De la même façon que pour la mouture des grains, les habitants ont l'obligation d'y cuire leur pain, moyennant un droit de banalité⁹. Et, de la même façon, les plus démunis évitent l'impôt de banalité en cuisant illégalement eux-même leur pain selon les modes de cuisson antiques, comme la cuisson sous la cendre ou sur des plaques de terre cuite.

Lorsque la cuisson des pains intervient dans des fours éloignés du domicile, la pâte est parfois apportée en vrac au fournil, où l'on effectue ensuite le détaillage et la mise en forme, quelques minutes avant l'enfournement. La seconde fermentation peut alors ne pas exister ou être à l'inverse exagérément trop longue, en fonction de la disponibilité du four¹⁰.

Le droit de construire des fours est réservé au roi et aux seigneur. Les fours sont contigus aux moulins et construits à l'écart des habitations de façon à éviter les risques d'incendie, les bâtiments à l'époque étant essentiellement en bois. Le fonctionnement et l'entretien des fours sont confiés à des agents publics appelés « fourniers ». Ceux-ci ne font cuire que les pains déjà préparés par la population.

Les fours sont édifiés selon le modèle du four maçonné romain. La sole du four est le plus souvent en argile, parfois en glaise ou en brique, et, dans les campagnes, en grandes dalles de pierre.

Le pain, cuit sans *buée*, a une teinte grise caractéristique. Durcissant rapidement, il se consomme trempé dans la soupe.

1.3. La fabrication de pain à usage familial [15, 28]

La fabrication de pain, cuit dans le four banal ou à domicile, va longtemps demeurer familiale et rester prépondérante jusqu'à la fin du 19^e siècle¹¹.

Elle commence à se professionnaliser dans les villes au cours du douzième siècle, alors que dans les campagnes, on continuera à fabriquer le « pain de ménage ».

Chez les populations rurales, la farine destinée à la fabrication familiale du pain est hétérogène car elle provient des céréales produites sur place: le froment étant réservé pour la vente sur le marché, il s'agit souvent de seigle ou de mélange de céréales, en fonction des disponibilités (mélange blé-seigle ou seigle-orge). De plus, dépensant beaucoup d'énergie au

⁹ Le droit de banalité s'élève à 1/16^e du pain cuit : sur 16 pains cuits, le fournier en gardera un. Cette redevance est gérée par le fournier pour le compte du seigneur.

¹⁰ Le volume final du pain s'en ressent alors fortement. C'est une des raisons de la mauvaise qualité du pain à cette époque.

¹¹ Elle concernerait les trois-quart de la population.

champ, les paysans utilisent préférentiellement des farines à fort *taux d'extraction*¹², qui donnent des pains plus nourrissants.

Le pain blanc, moins énergétique et plus cher, est plutôt l'apanage des classes aisées et des boulangers.

La pâte du pain familial est peu hydratée, de façon à ne pas diminuer la valeur nutritive du pain et à faciliter sa conservation (un pain sec risque moins d'être envahi par les moisissures). Le pain est en effet parfois conservé deux semaines, voire plus, temps entre deux cuissons au four banal.

1.4. Le développement de la panification : naissance de la boulangerie commerciale **[28]**

Bien que la fabrication du pain soit longtemps restée familiale, les boulangeries vont malgré tout progressivement faire leur apparition dans les différentes cours royales, dans les villes fortifiées et dans les abbayes. C'est la naissance d'une profession : dès sa création et jusqu'à la Révolution Française, la boulangerie va s'organiser en corporation et être régie par des règles strictes, sous l'égide de l'Etat.

Au début de leur activité, les boulangers sont appelés « tamisiers » ou « talmeliers » car leur rôle se limite à tamiser la farine grossière issue du moulin banal, à pétrir et à façonner la pâte, qui est ensuite cuite par le fournier [24].

En 1180, Philippe Auguste autorise les tamisiers à construire leurs propres fours en ville. Ils deviennent alors des « panetiers » et créent une corporation en achetant le droit de banalité au roi. Au 13^{ème} siècle, Saint-Louis supprime ce droit de banalité dans les villes, et Philippe Le Bel donne aux bourgeois le droit de construire un four chez eux, de façon à satisfaire les besoins en pain de la population.

L'apparition des fours individuels marque le début du développement de la boulangerie commerciale en France : elle débute en ville puis s'étend aux campagnes. Mais les abbayes conserveront cette servitude de la cuisson sur leurs vassaux pendant encore plusieurs siècles. Ainsi, les fours banaux et le métier de fournier subsisteront encore longtemps dans les campagnes et ne disparaîtront totalement qu'au cours du 17^o siècle. C'est ainsi qu'à certains endroits, les deux types de cuisson, en four individuel et dans le four banal, vont coexister.

La boulangerie commerciale se spécialise dans la fabrication du pain blanc de froment, considéré comme un pain de luxe. Les pains du boulanger sont de petite taille et ronds, en forme de boule, à l'origine du nom de « boulenger » (orthographié avec un « e »).

¹² Donc de moins bonne qualité gustative.

Le prix élevé du sel freine son emploi chez les particuliers comme chez les boulangers: l'acidité apportée par le levain naturel est considérée comme un agent de sapidité suffisant, auquel on rajoute de nombreuses graines et herbes aromatiques [15].

1.5. La réglementation de la boulangerie [28]

L'évolution de la réglementation se fait parallèlement à celle de la panification et de la boulangerie.

La boulangerie est sous dépendance de l'autorité royale. Aux septième et huitième siècles, sous le règne de Dagobert et de Charlemagnes, les premiers édits relatifs à la réglementation de la boulangerie apparaissent. Le roi Dagobert est la première autorité à faire usage de la taxation sur le pain. A partir de la dynastie des Capétiens, et jusqu'à la fin du Moyen-Age, c'est le prévôt de Paris qui régleme l'organisation de la profession. Sous Saint-Louis, il rédige le Livre des Métiers, véritable charte des métiers de l'époque, dans lequel les usages de la boulangerie sont codifiés.

Au quatorzième siècle, l'autorité publique légifère la fabrication et la vente du pain afin de limiter les pénuries et les fraudes. L'objectif est de garantir au consommateur un aliment de première nécessité au meilleur rapport qualité/prix et d'assurer la tranquillité publique. Trois qualités légales de pains sont imposées dans la capitale, les boulangers parisiens n'étant autorisés à fabriquer que ces trois sortes de pains : le pain blanc, le pain bis blanc et le pain bis [15]. Les boulangers forains, qui viennent des faubourgs ou des agglomérations voisines vendre leur pain intra-muros, commercialisent, eux, des gros pains. Alors que les petits pains parisiens sont taxés, les gros pains des boulangers forains échappent à cette contrainte.

Vers 1419, le pain se vend à la livre. Le marquage des pains à l'aide d'un poinçon devient obligatoire dans la capitale en 1482, de façon à permettre de retrouver un éventuel commerçant contrevenant qui n'aurait pas respecté le poids du pain. De nombreux litiges sur la taille, le poids ou le prix des pains font l'objet de querelles entre l'autorité royale, les boulangers et les consommateurs. Des amendes, des emprisonnements ou des peines corporelles sanctionnent les boulangers fraudeurs.

La contrainte et la servitude de la banalité du Moyen-Age n'ont pas favorisé l'amélioration qualitative du pain ni le développement des techniques de panification.

En 1450, à la fin de la guerre de cent ans, le pays est en proie à des bandes de pillards, dont les exactions se traduisent souvent par le pillage des récoltes. Découragés, les paysans sèment le moins possible.

2. AU SEIXIEME SIECLE : LE DEVELOPPEMENT DES PAINS AU FROMENT ET LE DEBUT DE L'UTILISATION DE LA LEVURE [6, 22, 24]

Si la Renaissance apporte un essor économique, culturel et démographique, elle accroît aussi les inégalités sociales. Les élites s'approprient les terres et, pendant qu'à leur table, la gastronomie française s'affine, les paysans souffrent de malnutrition.

Le pain se consomme blanc chez les nobles et les bourgeois, qui se le procurent chez le boulanger, alors que les paysans le mangent noir et le réalisent eux-même avec les céréales dont ils disposent.

Les famines de certains hivers très rigoureux du seizième siècle vont faire réapparaître les « pains de disette », fabriqués à partir de farine non tamisée et de toutes sortes de céréales, voire d'autres ingrédients tels que la pomme de terre ou le haricot.

Le 16^{ème} siècle voit surtout l'essor des pains au froment et des pains mollets¹³, ainsi que la reprise de l'utilisation de la levure et du sel. Il correspond également au renforcement de la surveillance par l'Etat de l'activité boulangère [18].

2.1. Les progrès de la meunerie

Avec l'amélioration de la situation économique et les nouvelles conditions techniques, l'utilisation de mélange de céréales pour la fabrication du pain est remplacée par celle d'une seule sorte de farine, le plus souvent de froment.

Durant cette période, la meunerie ne bénéficie pas d'innovation marquante. Le seul changement notable concerne le perfectionnement du tamisage, qui est maintenant réalisé avec un *blutoir* et que l'on appelle dorénavant *blutage*.

Le blutoir est une sorte de coffre contenant un cylindre horizontal légèrement incliné tournant autour d'un axe [23]. Ce cylindre est constitué de lattes de bois entourées de tamis. Il peut être actionné manuellement à l'aide d'une manivelle ou relié à la roue hydraulique par un système d'arbre et de roues crantées, selon le même principe que les meules. Le maillage des différents tamis est plus ou moins serré selon l'endroit où ils se situent sur le cylindre et ne laisse ainsi passer qu'une mouture d'une certaine granulométrie. Des bacs positionnés dans la partie inférieure du blutoir permettent de récupérer chaque catégorie de farine (voir Figure 5).

¹³ Petit pain de luxe à la pâte très hydratée et contenant de la levure en appoint du levain, ainsi que du lait et du sel.

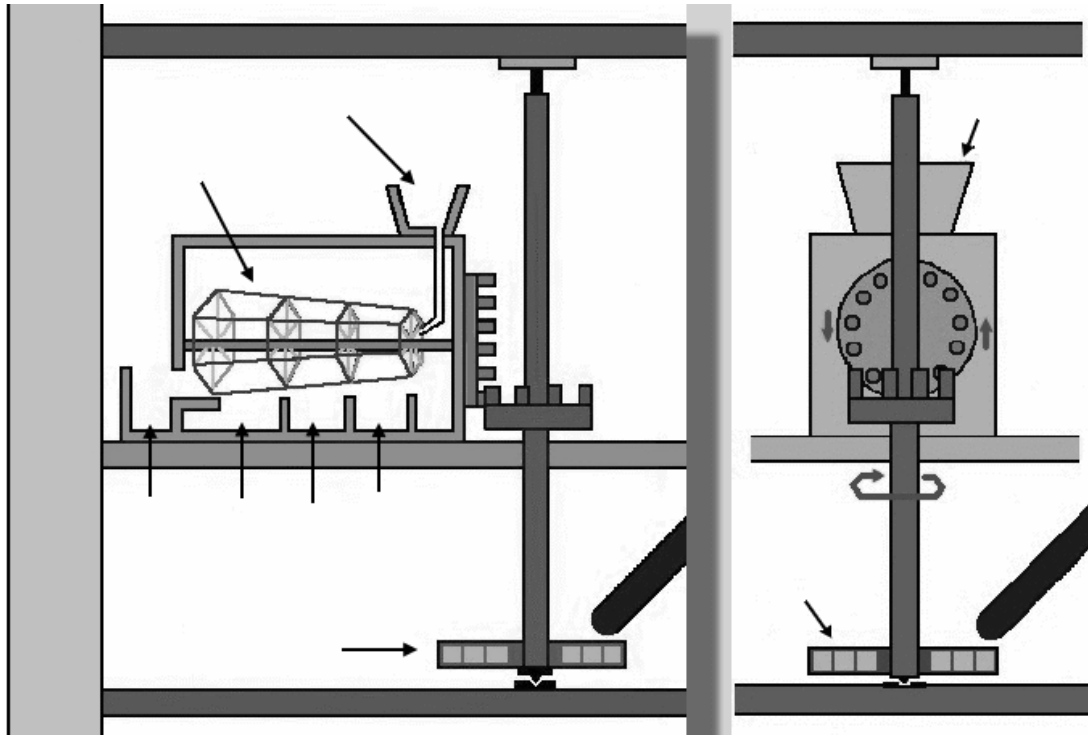


FIGURE 5 : BLUTOIR MECANIQUE ACTIONNE PAR UNE ROUE HYDRAULIQUE - VUE DE FACE ET PROFIL (D'APRES [23])

Un cylindre horizontal légèrement incliné, constitué de lattes de bois entourées de tamis, tourne autour d'un axe . il est ici actionné par la force hydraulique. Le maillage des différents tamis et les bacs de récupération situés en dessous du cylindre permettent de séparer des farines de différentes qualités.

Ainsi, en plus de séparer la farine du son, le blutoir permet également de différencier plusieurs calibres de moutures et donc de catégories de farines.

2.2. Le début de l'utilisation de la levure et du sel

Entre 1530 et 1570, les boulangers parisiens recommencent à utiliser la levure de bière, tout d'abord dans la fabrication des petits pains de luxe, comme les pains mollets. La panification se fait toujours au levain, mais l'utilisation de la levure en appoint permet l'obtention de pains moins denses et moins acides [24].

C'est seulement à partir du succès des pains mollets que les boulangers commencent à utiliser un peu de sel, tout d'abord exclusivement dans les pains de luxe. Ils prendront ensuite l'habitude de saler modérément leur pain courant.

2.3. L'essor des pains au froment et des pains mollets

Le nombre et la gamme de pains dans les boulangeries parisiennes augmentent.

Un véritable engouement naît pour les petits « pains mollets » [15]. Ces petits pains de luxe, sont destinés à une clientèle aisée et sont voués à être consommés beaucoup plus frais

que le pain ordinaire. Provenant d'une pâte beaucoup plus hydratée et contenant de la levure en appoint du levain, ils présentent une mie plus moelleuse, bien alvéolée, et de plus faible densité que le pain courant. De forme oblongue, ils contiennent du lait et du sel, ce qui est très inhabituel à l'époque, pour des raisons de coût. Avec l'apparition du pain mollet, la technologie de panification prend un nouveau départ dans la capitale.

2.4. Le perfectionnement du pétrissage

Pour la fabrication de ces pains de luxe de plus faible densité, le pétrissage subit d'importantes modifications. En effet, le travail d'une pâte plus hydratée complique le pétrissage. Celui-ci est ainsi divisé en plusieurs phases distinctes et réalisé dans un pétrin spécialement conçu à cet effet. Dès lors intervient véritablement le savoir-faire du boulanger.

2.5. La mise en place de contrôles [18]

A la fin du 16^{ème} siècle, l'autorité royale s'efforce d'uniformiser la fabrication et la vente du pain dans toutes les provinces.

En 1594, à la suite d'exagérations sur les prix, les boulangers provinciaux se voient eux aussi contraints d'apposer sur leur pain son prix et une marque, afin d'en permettre l'identification et le contrôle, comme cela s'est fait dans la capitale un siècle plus tôt. Les pains doivent avoir la blancheur et le poids exigés par le règlement. Afin de réduire les révoltes populaires et de rassurer l'opinion publique, l'Etat met en place des contrôles dans les boulangeries et impose la présence permanente de balances sur les étals, de façon à permettre au client de peser lui-même le pain qu'il achète. Une police du blé et du pain est créée : elle est chargée d'effectuer les contrôles en boulangerie et de surveiller le négoce du blé sur les marchés aux grains.

En cas de faute grave ou de récidive, le boulanger peut se voir supprimer son droit d'exercer.

3. AU DIX-SEPTIEME SIECLE : L'EVOLUTION DE LA MEUNERIE ET LA GENERALISATION DE LA FERMENTATION PAR LA LEVURE [6, 22, 24]

Le 17^{ème} siècle voit la naissance des sciences agronomiques. Il représente un tournant pour la meunerie, dont le rôle se renforce avec l'intégration du *tamissage* de la farine, ainsi que pour la fermentation à la levure, dont l'utilisation est reconnue officiellement et devient plus fréquente.

Les pouvoirs publics cherchent à faire des réserves de blés, en prévision des famines ou des sièges : l'agriculture de subsistance se transforme en agriculture de marché.

3.1. L'évolution de la meunerie

Jusqu'au début du 17^{ème} siècle, le rôle du meunier reste secondaire, la mouture étant très rustique et le tamisage étant l'apanage du boulanger. Ce n'est plus le cas au milieu du 17^{ème} siècle, au moment où la meunerie intègre le *blutage* des farines dans les opérations de broyage, ce qui permet d'obtenir des farines plus blanches et plus fines. Désormais, les boulangers cessent de tamiser la farine au fournil et l'achètent directement aux meuniers. Ils peuvent alors se consacrer pleinement à la panification.

Les récoltes des dernières décennies du 17^{ème} siècle sont catastrophiques, si bien que dans les campagnes, on en est réduit à fabriquer un ersatz de pain à base de glands, de racines de fougères ou de farine de lentilles. A Paris, en 1662, le roi fait importer des grains d'Italie et de Pologne pour éviter les émeutes. Il fait construire des fours dans la cour du Louvre et procéder à des distributions de pain au peuple.

L'emploi de farine de fève, tout d'abord en tant que succédané du blé lors des récoltes déficitaires, va se généraliser et perdurer. Les boulangers se rendent vite compte de l'intérêt d'une telle farine en panification : elle donne de la force aux farines et régularise la fermentation.

3.2. L'officialisation de la fermentation par la levure

En 1667, les opposants à l'emploi de la levure dans la fabrication du pain intentent un procès aux boulangers : c'est le « procès du pain mollet ». Finalement, le 21 Mars 1670, devant le succès rencontré par la levure auprès des boulangers et de leur clientèle, le Parlement autorise officiellement, sous conditions¹⁴, la panification à la levure, seule ou en appoint du levain. Cependant, son usage ne se généralisera qu'à partir de 1770 et, mis à part dans le Nord de la France, région à forte densité de brasseries où l'emploi de la crème de

levure de bière est plus systématique, la levure ne sera essentiellement utilisée qu'en complément du levain jusqu'en 1840 [15].

Elle se vend sous deux formes : liquide et solide. La forme liquide fait lever la pâte plus rapidement mais se conserve peu de temps et oblige les garçons boulangers à aller la chercher chez les brasseurs, en fonction des besoins. La forme solide s'obtient en mettant de la levure liquide à égoutter dans des sacs : elle est ensuite pressée puis coupée et moulée en pains. On obtient alors un bloc blanc jaunâtre (couleur chamois) friable et cassant. On observe de fortes variations dans la qualité de la levure en fonction de l'état de l'orge et de la qualité du houblon [15].

L'autorisation définitive de l'usage de la levure permet l'obtention de pains plus légers, à la pâte plus hydratée, qui succèdent aux pains de bonne conservation, à pâte ferme. La population commence à prendre l'habitude de se procurer le pain au quotidien.

3.3. La cuisson du pain

Dans les villes, les fours sont construits dans des sous-sols voûtés, à la fois par crainte des incendies mais aussi pour payer un loyer plus faible. Ces fours, de forme ronde, sont édifiés selon le même principe que le four romain et très hauts de voûte de façon à favoriser le tirage naturel. L'évacuation des fumées se fait par la bouche du four.

3.4. Les différents types de pains [18, 28]

Les famines de certains hivers très rigoureux du dix-septième siècle vont faire réapparaître les « pains de disette », fabriqués à partir de farine non tamisée et de toutes sortes de céréales, voire d'autres ingrédients tels que la pomme de terre ou le haricot.

A partir de 1635, en ville, le boulanger est autorisé à cuire quotidiennement quatre sortes de pains : deux pains blancs de poids différents, le pain bis-blanc, appelé aussi pain « bourgeois, » et le pain bis [15]. A la campagne, le paysan panifie tout ce qui est à sa disposition : le pain reste gros et on le consomme rassis.

On se retrouve ainsi à une même époque avec des pains de qualité très différentes. Les progrès des méthodes de fabrication¹⁵ et les attentes des consommateurs donnent naissance à Paris à la vogue des pains longs.

¹⁴ En raison de la mauvaise conservation de la levure de bière, son emploi n'est autorisé que dans un périmètre restreint autour de sa brasserie d'origine.

¹⁵ Les pâtes mieux hydratées et pétrées plus efficacement se révèlent plus extensibles et donc plus aptes au façonnage.

4. AU DIX-HUITIEME SIECLE : LE DEVELOPPEMENT DE LA TECHNOLOGIE DE PANIFICATION [6, 22, 24]

Durant cette période, le pain n'est pas seulement un aliment de base : il symbolise le sacré, la justice, la stabilité. Il rassure quand il est blanc et inquiète quand il est noir et vient à manquer.

En meunerie, les changements majeurs vont concerner la levée de l'interdiction de remouture des sons et l'apparition de la farine de *gruau*.

Les techniques de traitement mécanique de la pâte vont également fortement évoluer, avec les balbutiements du pétrissage mécanique, et le façonnage des pains longs.

Mais les innovations majeures concernent surtout les techniques de fermentation et de cuisson, avec le travail sur trois levains et l'utilisation de la levure, ainsi que la création d'*ouras* sur les fours et la pratique du coup de buée.

Une classification des principales méthodes de fabrication est mise en place.

Le 18^{ème} siècle est par ailleurs le témoin du difficile développement de la boulangerie commerciale, et du maintien inexorable du fossé existant entre la panification parisienne et la panification provinciale.

4.1. La culture des céréales

Après le terrible hiver de 1709, les grandes famines vont devenir rares. Le roi de France redoute tellement les soulèvements populaires pour manque de pain qu'il fait constituer des stocks de grains de façon à pouvoir enrayer toute famine [18]. Parallèlement, l'Etat légifère de plus en plus la commercialisation des grains.

En fonction des régions, différents types de farines sont produits. Le bassin parisien se prête particulièrement bien à la culture du froment. Dans les autres provinces, la culture est beaucoup plus diversifiée : épeautre, seigle, mais on utilise aussi souvent des mélanges de farine. Dans les régions pauvres, durant les années difficiles et souvent dans les semaines précédant les récoltes, on consommera du pain issu de mélange de farines.

Les problèmes de pénurie de grains seront récurrents en France, jusqu'à la révolution agricole de 1850. En conséquence directe, le prix des céréales subit d'importantes fluctuations.

4.2. L'évolution de la meunerie

La meunerie est une des premières professions à s'industrialiser. L'invention des cribleurs à blé¹⁶ et des machines à tamiser transforme les métiers de la meunerie et, en conséquence, de la boulangerie.

A la suite de la disette particulièrement sévère de 1740, le gouvernement lève l'interdiction de remoudre les sons¹⁷, ce qui entraîne l'évolution des moulins et l'apparition vingt ans plus tard d'un nouveau procédé de *mouture*, dite « économique », permettant d'obtenir une farine plus blanche et plus fine malgré un *taux d'extraction* relativement élevé¹⁸.

Or avec la généralisation des pains longs, les boulangers vont être très attentifs à la *force* de leur pâte. Ils seront de plus en plus réticents à utiliser des farines trop extraites, qui ne permettent pas d'obtenir une belle *grigne*.

La même année apparaissent les farines supérieures, très riches en gluten, appelées farines de *gruau*. Elles seront particulièrement appréciées au 19^{ème} siècle pour la fabrication des pains de luxe.

4.3. Le travail sur trois levains et l'utilisation de la levure

Le goût des consommateurs se porte dorénavant sur des produits moins acides et moins épicés qu'au Moyen-Age, ce qui entraîne une évolution de la technique de rafraîchissement du levain. Ainsi, de façon à en diminuer l'acidité, les boulangers parisiens augmentent le nombre de rafraîchis et surveillent étroitement le degré de fermentation ainsi que la force des levains intermédiaires.

Le travail sur trois levains devient alors une institution et le restera jusqu'au vingtième siècle. Le levain est rafraîchi une première fois le matin avant de quitter le fournil, puis l'après-midi puis deux à trois heures avant le début du travail le soir. Cette technique est contraignante¹⁹ et nécessite beaucoup de savoir faire.

Cette recherche de saveurs plus douces coïncide également avec la généralisation de l'utilisation de levure en complément du levain [15]. Dans les années 1770, son emploi à très faibles doses se généralise en région parisienne pour le pain courant et les boulangers vont l'utiliser de façon de plus en plus systématique dans la plupart de leurs fabrications.

¹⁶ Machine servant à séparer les grains des impuretés (débris organiques, poussières)

¹⁷ En raison d'aberrantes croyances, la remouture des sons était interdite depuis le Moyen-Age : elle aurait donné une farine trop impure pour être absorbée par l'organisme humain.

¹⁸ Le taux d'extraction de la farine influe fortement sur le prix du pain. Plus il est faible, plus la farine est de bonne qualité et inversement.

¹⁹ La surveillance et le renouvellement du levain demandent une grande disponibilité : à l'époque, le terme « d'esclavage » est fréquemment employé à ce sujet.

La levure est par ailleurs bien utile en hiver car elle permet, en appoint du levain, de raccourcir la durée de fermentation, améliore le volume des pains et donne des croûtes plus croustillantes.

Le commerce de la levure de bière se développe alors considérablement. Les levures de bière de cette époque, très impures, présentent de fortes variations de couleur, de force fermentative et d'amertume : leur qualité est très irrégulière et se elles se conservent mal en l'absence de froid artificiel [15]. En 1780, la première levure de grains²⁰ spécifiquement destinée à la boulangerie est commercialisée et donne de meilleurs résultats que la levure de brasserie.

La panification au levain naturel (avec de nombreuses variantes en fonction du nombre de pétrissages intermédiaires) et la panification à la levure de bière (réservée aux pains de luxe) figurent parmi les méthodes de fabrication présentes dans la classification officielle.

Parallèlement, l'utilisation du sel se généralise, notamment dans la capitale, pour la fabrication des pains courants. Le sel est employé non seulement pour ses caractéristiques gustatives mais aussi et surtout comme agent améliorant. Les boulangers s'aperçoivent en effet de l'intérêt technologique du sel : il sert à réprimer les effets d'une fermentation trop rapide, donne du corps à des farines qui n'en ont pas suffisamment et permet au pain de retenir plus d'eau.

La production de pâtes plus molles conduit par ailleurs à l'utilisation de bannetons en osier, recouverts d'une toile de chanvre ou de lin, pour contenir les pâtons durant les phases de repos et de fermentation. Les boulangers considèrent que la pâte s'y relâche moins et que les pains y gardent mieux leur forme.

4.4. Le développement des techniques de traitement mécanique de la pâte

Dans la fabrication traditionnelle de pain de ménage, la pâte est pétrie avec les poings voire avec les pieds : cette pratique restera courante jusqu'à la fin du 19^{ème} siècle. L'usage fréquent d'eau quasi bouillante nécessite parfois l'utilisation de bâtons ou de râteaux dans les premières phases du pétrissage.

Le pétrissage est un travail très physique où il faut manipuler à bout de bras des amas de pâte d'une quinzaine de kilos, avec un poids total de pâte dans le pétrin avoisinant fréquemment les 150 kgs. Cette opération est souvent répétée deux ou trois fois : le pétrissage manuel dure entre 30 et 40 minutes.

²⁰ Elle a pour origine les distilleries de grains.

De plus, pour des raisons économiques²¹ et conjoncturelles²², la recherche de pâtes plus hydratées, initialement réservée aux petits pains, est progressivement adoptée pour la fabrication du pain courant. Cela a des répercussions sur les techniques de pétrissage, avec notamment la création d'étapes supplémentaires : le *battement* et le *soufflage*. Ces deux étapes sont complémentaires et ont lieu en fin de pétrissage. Le *battement* consiste à empoigner la pâte à bras le corps et à la soulever, l'étirer et la relâcher. Le *soufflage* quant à lui consiste à emprisonner de l'air lors du rabat des morceaux de pâte de façon à former des bulles.

Les premières réflexions concernant le pétrissage mécanique interviennent à partir de 1760. La fin du dix-huitième siècle verra le début de la création des machines à pétrir.

La pesée et la mise en forme se compliquent également, en raison du nombre élevé de petites pièces à fabriquer et de la diversité des modes de façonnage.

Le façonnage, lui aussi, évolue : en plus de la diversité des formes des petits pains de luxe, le pain en boule est remplacé par un pain long et fendu en son milieu, qui se maintiendra en province jusqu'au vingtième siècle. Les pains de 4 livres, notamment, connaîtront un fort engouement à partir de 1770.

Parallèlement, la demande des consommateurs parisiens s'oriente vers des pains de plus en plus frais, ce qui oblige les ouvriers à travailler la nuit.

4.5. Les améliorations portées aux méthodes de cuisson

Les derniers fours banaux disparaissent en 1793.

La boulangerie française reste très longtemps viscéralement attachée au four de type romain en briques réfractaires, à chauffage intermittent. D'après les boulangers, ce mode de cuisson présente en effet de multiples avantages: il amplifie la prise de volume du pain et le coup de lame, et permet l'obtention d'une mie irrégulière.

A partir des années 1770, ces fours font l'objet de constantes innovations : ils s'agrémentent d'*ouras*, conduits d'aération permettant d'améliorer le tirage et donc la combustion du bois, et les voûtes deviennent plus plates, ce qui assure une meilleure diffusion de la chaleur. Le bouchoir²³ subit d'importantes modifications : la taille des portes se réduit, un système de balancier permet de les mouvoir plus facilement. L'objectif est de limiter l'effort physique du boulanger et de réduire le temps d'ouverture du four, de façon à limiter les pertes de buée et de calories.

²¹ La quantité d'eau introduite dans le pétrin influe directement sur le rendement du pain et donc sur le bénéfice du boulanger.

²² La consommation des pains à pâte ferme décline en région parisienne au profit d'un engouement pour une texture de mie plus alvéolée et plus moelleuse.

²³ Plaque métallique à poignée servant à boucher l'ouverture du four

Le chargement des fours se fait à l'aide de pelles de différentes tailles, qui permettent de ne pas déformer les pains lors de l'enfournement.

La pratique du mouillage des pâtons²⁴ avant enfournement se développe : elle facilite le développement des pâtons et permet d'obtenir une croûte fine et brillante, de couleur jaune dorée. Plusieurs types d'appareils à buée sont conçus : ils seront ensuite l'objet de constantes améliorations [15].

Souvent, une chaudière est installée en façade du four, de façon à produire de l'eau chaude, qui est ensuite utilisée pour la fabrication de la pâte et qui permet d'obtenir des températures de pâte correctes en hiver.

Le bois est le principal combustible utilisé, mais son prix élevé conduit les boulangers à chercher d'autres modes de combustion. Les premiers essais de cuisson à la houille et au charbon ont lieu à partir de 1776, mais malgré les économies potentielles, les boulangers resteront longtemps réticents à cette pratique : ce type de combustion se limitera aux grandes villes.

4.6. Le difficile développement de la boulangerie commerciale

4.6.1. un métier à deux vitesses : le clivage capitale/province

Il existe trois catégories de boulangers parisiens : ceux des « petits pains », qui, situés dans les quartiers aisés, fabriquent, en plus des pains imposés, des pains fantaisie de petite taille; ceux des « gros pains », également intra-muros, qui vendent de gros pains ronds; et enfin les « boulangers du dehors », particuliers qui vendent leur production sur les marchés parisiens.

La boulangerie de province semble fortement décalée par rapport à celle de Paris : tandis qu'à Paris le peuple est habitué à consommer du pain blanc, les habitants des campagnes ne mangent que du pain bis, travaillé au levain à partir de farines non blutées et non tamisées. La gamme de pains produite y est également plus limitée.

En fait, l'abandon de la fabrication ménagère du pain ne sera que très progressif et la boulangerie commerciale ne va connaître un réel essor qu'à la fin du 18^{ème} siècle.

²⁴ A l'origine, l'humidification se faisait à l'aide d'un écouvillon, que l'on passait dans la chambre de cuisson à deux reprises de façon à l'humidifier suffisamment, mais ce système était peu efficace.

4.6.2. le métier de boulanger s'institutionnalise

Deux traités de boulangerie du 18^{ème} siècle, rédigés respectivement par Malouin en 1765 et 1771, et Parmentier en 1778, décrivent les techniques de panification et témoignent de la diversité de la gamme de pains de l'époque. Différentes appellations sont officialisées pour désigner la consistance de la pâte.

Durant ce siècle, les catégories de pains se multiplient. La vente des pains ronds décline au profit des pains longs fendus de 4 livres, de taille standard (60 cm) ou allongée.

La première école de boulangerie voit le jour le 8 Juin 1780 à Paris, dans le but de supprimer la grande variabilité de la qualité du pain qui existe jusqu'à présent dans tout le royaume.

4.6.3. le renforcement des contraintes réglementaires

Durant tout le 18^{ème} siècle, le renforcement des contraintes exercées par les autorités sur la corporation boulangère rend les conditions d'exercice difficiles et sclérose la profession.

La police vérifie régulièrement le respect des bonnes pratiques de fabrication auprès des étals de boulangerie et des fournils. En cas de non respect des dispositions réglementaires, le contrevenant est exposé à de lourdes amendes ainsi qu'à la saisie des pains litigieux, qui sont alors distribués aux hôpitaux et aux pauvres.

4.6.4. des conditions d'exercice difficiles

Le commerce de la boulangerie échappe totalement aux lois habituelles des activités marchandes. Le métier de boulanger est considéré comme une mission de service public [15]. Or le prix du pain est dépendant du prix du blé. Lorsqu'une récolte déficitaire provoque une hausse des prix de la farine et par conséquent du pain, le boulanger est tenu responsable de cette hausse et soupçonné d'en profiter. Il devient alors très impopulaire et est même souvent victime de la vindicte populaire. Lors des pénuries alimentaires, les boulangeries, pourtant solidement grillagées, sont fréquemment assiégées et pillées.

A partir de 1770, en raison des difficultés économiques, le pain devient cher. En 1774, des émeutes éclatent dans toute la France. Le peuple menace de brûler toutes les boulangeries si le prix du pain ne baisse pas. En 1789, le peuple gronde toujours : il réclame un pain moins cher et meilleur. Un boulanger est pendu par une foule affamée, excédée de manquer de pain. Quelques années plus tard, des boulangers soupçonnés de spéculer sur les blés seront guillotins.

En 1791, la Révolution Française supprime définitivement les corporations de métiers : cela entraîne une dégradation importante des conditions de vie des boulangers. En 1793, la Convention supprime tous les droits de banalité des moulins et des fours et institutionnalise le « pain de l'Egalité ». Tous les boulangers seront tenus, sous peine d'incarcération, de ne fabriquer que ce pain là, destiné aussi bien aux riches qu'aux pauvres. Compte tenu des faibles récoltes, le pain de l'Egalité ne sera pas blanc et sera élaboré à partir d'une farine complète, à très fort taux d'extraction.

5. DE 1793 A 1862 : DES INNOVATIONS FREINEES PAR UNE REGLEMENTATION SEVERE ET PAR LES PENURIES [6, 22, 24]

Pendant cette période, des innovations importantes voient le jour, mais leur développement sera fortement freiné par une réglementation sévère. Cette réglementation, dont la première mesure sera la taxation du pain, est motivée par le fait que le pain est un aliment de première nécessité, constituant une large part de la ration alimentaire pour les plus défavorisés.

L'industrie meunière s'automatise et les premiers améliorants font leur apparition. La conduite de la fermentation se partage entre le travail sur levain et celui à la levure, et est à l'origine d'une classification officielle des pains.

Mais les innovations majeures concernent essentiellement le pétrissage mécanique et la cuisson.

5.1. Le contexte économique

Dès le début du 19^{ème} siècle, la présentation des boutiques change: auparavant austères et grillagées de façon à résister aux pillages fréquents durant les périodes de disette, les devantures des boulangeries parisiennes deviennent luxueuses. En province, cet essor n'aura lieu qu'à partir de 1837.

Les dernières disettes ont lieu en 1848. Elles perturbent une fois encore profondément la production de pain de qualité, en raison de la pénurie de grain. C'est seulement à partir des années 1850-1860 que les progrès en agronomie et les importations de blé assurent une couverture suffisante, voire abondante, et font diminuer le prix du blé et du pain.

En 1855, il existe en France près de 43000 boulangeries, qui fabriquent la moitié du pain consommé, l'autre moitié étant du pain fabriqué par les ménages eux-mêmes.

L'amélioration du niveau de vie incite les consommateurs à rechercher des pains plus frais et à préférer les pains de format long et de plus faible section. Parallèlement, la demande en gros pain diminue: c'est l'essor des pains à croûte.

5.2. La taxation du pain

A partir de 1801, l'administration napoléonienne régleme nte de façon drastique le commerce et le prix du pain : il est désormais nécessaire d'avoir une autorisation préfectorale pour exercer la profession de boulanger et un prix de vente maximum du pain, à ne pas dépasser, est imposé. Le pain est, de plus, taxé. En contrepartie, la profession bénéficie du monopole de la fabrication. L'administration réduit le nombre de boulangeries et impose des réserves de farine stockées dans des greniers publics.

Mais la taxation du pain affaiblit les revenus des boulangers et ceux-ci réagissent en proposant toute une gamme de pains fantaisies.

En 1840, la vente du pain au poids est imposée et une classification définit clairement les différentes catégories de pains.

5.3. Les différentes catégories de pain

Vers 1856, le gouvernement prône la commercialisation d'un pain meilleur marché, légèrement moins blanc car réalisé avec des farines extraites à 75%, appelé « pain réglementaire ». Mais ce pain ne rencontre de succès ni auprès de la population ni auprès des boulangers car d'une part les Parisiens les plus modestes refusent de faire connaître leur précarité en achetant un pain de seconde qualité et d'autre part la composition et la mise en œuvre de ce pain pénalisent la réussite de la *grigne* et donc son aspect extérieur.

Deux catégories de pain sont finalement imposées : le pain taxé et le pain sur direct. Le « pain taxé » est issu d'un travail sur trois levains, sans utilisation de levure de bière et avec de faibles doses de sel. Le pain « sur direct », provient de la seule action de la levure de bière (voir chapitre II.5.6. de cette partie).

Les boulangers parisiens tentent de contourner cette réglementation en déclinant la gamme des pains. Dans les vitrines coexistent ainsi :

- le pain « taxé », ou pain « sur levain », appelé également « gros pain » ou « pain français », qui peut être rond, de 4 livres, ou de forme allongée, de 4 ou 6 livres.
- le pain « sur direct ».
- les pains fantaisies, issus de la même pâte que le pain taxé mais de faible poids, de forme plus allongée, plus cuits et vendus plus frais.
- les pains de luxe ou « pains au gruau », issus de farine de *gruau* et parmi lesquels on trouve les pains provençaux, le pain anglais, et le pain viennois.

Pour les pains provençaux, la farine de *gruau* est travaillée sur levain, avec de la levure et du lait. La pâte est très hydratée et plus salée que pour le pain courant.

Le pain anglais est fabriqué à partir de levain de pomme de terre²⁵, de farine, de mélasse et de levure de bière.

Le pain viennois est fabriqué à partir d'une grande quantité de lait et de *poolish*, liquide fermenté exclusivement à la levure de bière. Le lustre et le vernis de sa croûte sont caractéristiques, obtenus par la présence de buée dans le four et par glaçage des pains post-cuisson avec de l'eau ou un liquide contenant de la fécule.

En province, on continue à confectionner des pains ronds : le pain de ménage disparaît des villes et des gros bourgs après la Révolution Française, mais persiste tout le 19^{ème} siècle et jusqu'à la première guerre mondiale dans les petits villages, les régions pauvres ou dotées de cours d'eau et de petits moulins.

5.4. L'essor de l'industrie meunière

La Révolution Agricole, amorcée en 1750, porte enfin ses fruits : l'utilisation d'engrais et les nouvelles techniques de culture provoquent une très nette hausse des rendements. De plus, la libéralisation du commerce et les importations en provenance de Russie et des Etats-Unis écartent tout risque de pénurie de blé. Cela va libérer la profession du joug de la variabilité des récoltes.

L'apparition du chemin de fer permet l'approvisionnement des provinces éloignées des zones de production, et le blé devient l'unique céréale boulangère.

L'industrie meunière se développe considérablement entre 1817 et 1822: les moulins s'automatisent et permettent des gains de productivité, avec un taux d'extraction de la farine plus élevé, une farine de meilleure qualité, à la granulométrie plus fine et à la blancheur accrue. Vers 1849, l'apparition des machines à vapeur permet la construction de grands moulins dans les villes. L'amélioration des procédés de mouture se poursuit : les rainures des meules sont plus petites et plus nombreuses et les semoules sont repassées à trois ou cinq reprises, ce qui permet d'obtenir une granulométrie encore plus fine (voir figure 6).

En conséquence, entre 1823 et 1862, les rapports de force entre meuniers et boulangers s'inversent.

²⁵ Le levain de pomme de terre est un liquide fermenté contenant des pommes de terre cuites écrasées

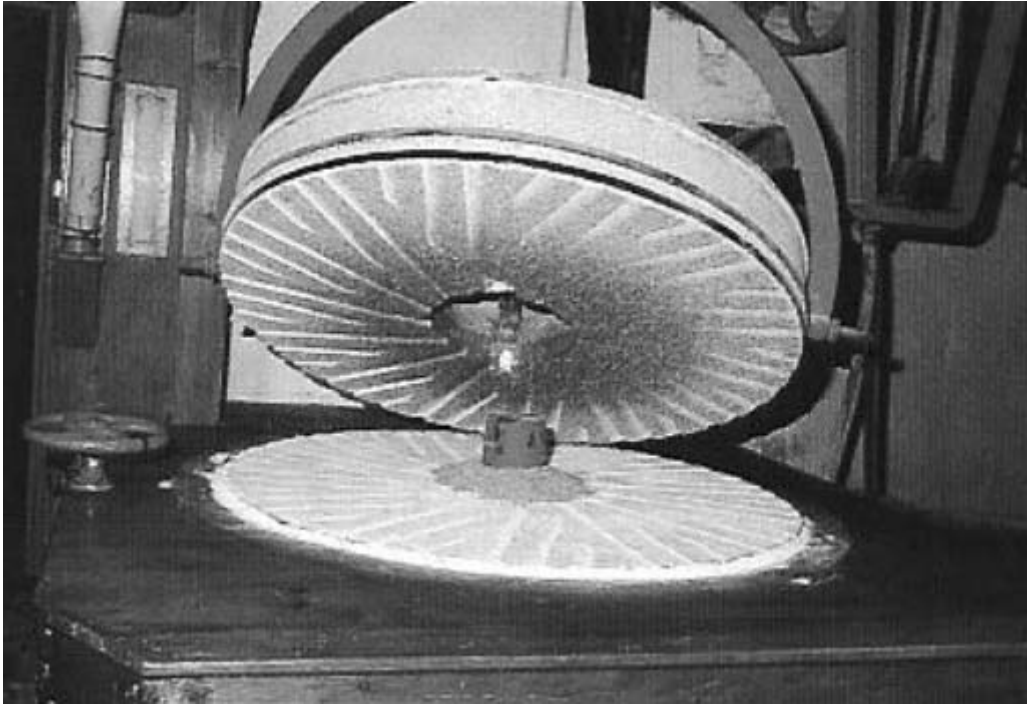


FIGURE 6 : MOUTURE SUR MEULES RAYONNEES (D'APRES [15])

Deux meules circulaires horizontales sont apposées l'une contre l'autre. La meule supérieure est mobile et la meule inférieure fixe. Le grain arrive au centre de la meule tournante et est écrasé progressivement jusqu'à la périphérie où les produits d'extraction sont évacués. Les rainures sur les meules facilitent l'écoulement et l'évacuation de la farine.

5.5. L'utilisation de nouveaux ingrédients

Cette période correspond également au début de l'utilisation d'ingrédients qui présentent un intérêt technologique pour la mise en œuvre de la farine.

Les boulangers ont toujours été confrontés à des variations qualitatives des récoltes : blés humides et germination, conditions de stockage défectueuses. Pour pallier ces problèmes, la solution a tout d'abord consisté à pétrir plus ferme, à augmenter la dose de levain et à utiliser du sel. L'apparition des améliorants, en 1899, permet aux meuniers et aux boulangers de corriger plus aisément la qualité des farines.

Parmi eux figurent la farine de féverole ou le gluten. La farine de féverole a été initialement utilisée pour compléter la farine de blé en période de pénurie. C'est à cette occasion qu'on lui découvre d'autres propriétés : elle augmente l'élasticité du gluten et améliore la légèreté du pain. Son incorporation dans les farines de panification est rendue légale en Avril 1854. Le gluten est utilisé quant à lui pour améliorer la qualité des farines destinées aux pains de luxe. Il permet également de fabriquer le pain de gluten, prescrit par les médecins en cas de diabète sucré.

5.6. La conduite de la fermentation

La technologie de la panification s'adapte à la classification réglementaire existante qui distingue alors deux types de pains: le pain taxé et le pain sur direct. Le pain taxé fera l'objet de très peu d'innovations.

Le critère de qualité à l'époque est la capacité du pain à tremper dans la soupe, en absorbant beaucoup de liquide sans se déliter. Or le pain sur direct trempe mal, comparé au pain sur levain. De plus, le levain procure un meilleur goût et une fermentation plus lente et régulière, favorable au développement du gluten. On obtient alors une mie à alvéoles nombreuses et irrégulières, contrairement à celle obtenue à partir de levure de bière²⁶.

Les boulangers restent donc attachés, pour le pain de consommation courante, à la panification sur levain, avec éventuellement une très faible addition de levure. Toutefois, de nombreux boulangers ont recours à la levure de bière en hiver, en appoint.

Néanmoins, de façon à réduire les contraintes draconiennes du métier, des boulangers finissent par mettre au point le travail sur deux levains.

En 1840, un nouveau type de panification apparaît : le travail sur « poolish²⁷ ». Il s'agit d'une panification exclusivement à la levure, à base de farine de *gruau* et de lait. Cette technique est introduite en France par un officier autrichien et ses ouvriers boulangers viennois, d'où le nom de pain « viennois ». Ils créent à Paris la première boulangerie viennoise, qui sera à l'origine de la diffusion de cette panification dans la capitale, avec la création en 1876 d'une chambre syndicale. Le succès de ce pain est immédiat. Cette production reste initialement cantonnée aux pains de luxe, mais au fil des années, la fermentation à la levure s'étend progressivement à tous les types de pains, si bien qu'à partir de 1910, le terme « pain viennois » sera employé avec un sens plus large pour désigner le pain courant fabriqué à la levure, en opposition au pain au levain.

A partir du milieu du 19^{ème} siècle, les travaux de Pasteur et d'autres chimistes contribuent à approfondir les connaissances dans le domaine de la fermentation panariaire. Ces recherches resteront très dynamiques jusqu'en 1914.

²⁶ L'utilisation exclusive de la levure de bière pour la fermentation donne une mie aux alvéoles très petites et régulières.

²⁷ Liquide fermenté exclusivement à la levure de bière qui agit en tant qu'agent fermentaire.

5.7. De nombreuses innovations dans le traitement mécanique de la pâte et dans les techniques de cuisson

5.7.1. les innovations dans le traitement mécanique de la pâte

Les pétrins mécaniques font l'objet de nombreuses innovations : entre 1810 et 1904, une multitude de machines sont inventées, sans toutefois trouver de marché. Vers 1840, on ne dénombre que 130 pétrins mécaniques pour tout le pays [28]. En fait, ils intéressent uniquement les grandes boulangeries de l'administration civile ou militaire, probablement pour des raisons financières. Seuls les pétrins Boland, et plus tard Deliry, se démarqueront (voir figure 7).

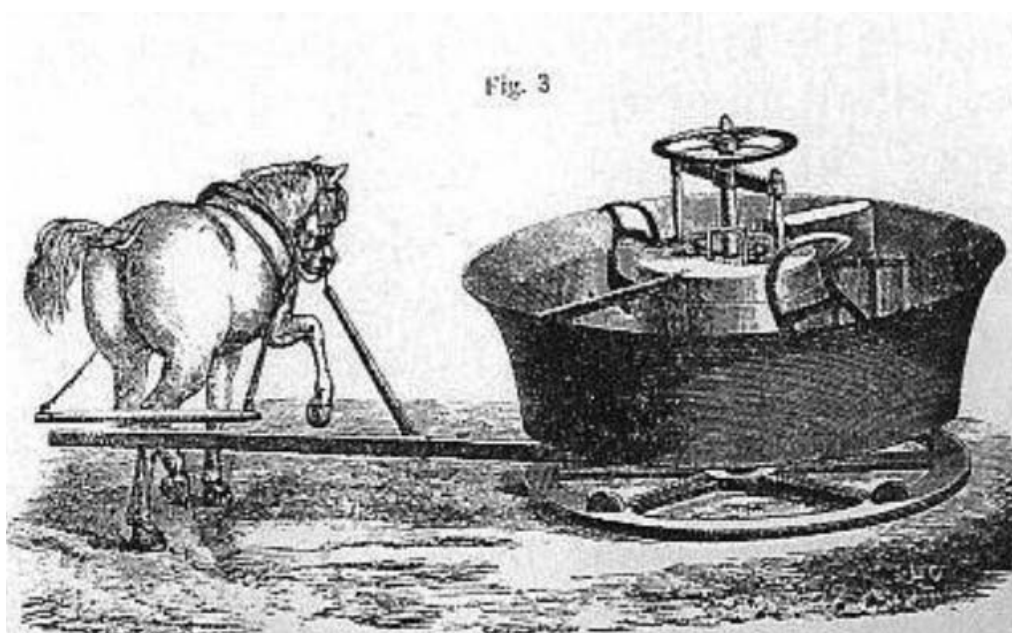


FIGURE 7 : PETRIN MECANIQUE A TRACTION ANIMALE DELIRY (D'APRES [15])

Le pétrin Deliry est doté d'une cuve circulaire mobile équipée de trois friseurs, qui permettent d'étirer la pâte, de l'allonger et de la souffler, se rapprochant ainsi plus du pétrissage manuel. Le pétrin est actionné par un manège à cheval, qui fait tourner les axes mélangeurs et le pétrin.

En raison de l'évolution de la forme des pains, qui s'allonge et s'affine considérablement, l'amélioration de l'aspect extérieur et l'optimisation du volume deviennent les préoccupations majeures des boulangers. La réalisation de pains croustillants de plus en plus longs à partir de pâtes de plus en plus hydratées requiert une technicité toujours plus poussée. Le façonnage se professionnalise véritablement, avec l'élaboration de techniques sophistiquées, d'autant plus que les boulangers souhaitent se démarquer des techniques ménagères et ne plus être « copiables ».

L'utilisation des bannetons d'osier pour la fermentation perdure et se justifie d'autant plus qu'elle minimise le relâchement des pâtons, accentué par un façonnage poussé et la mise en œuvre de pâtes très hydratées.

5.7.2.les innovations dans les techniques de cuisson [28]

A partir de 1835, la construction de la sole du four en briques réfractaires se généralise.

Le développement de la panification viennoise marque un tournant dans les techniques de cuisson. Les fours viennois sont de taille plus réduite que les fours français, avec une voûte plus basse et une sole inclinée pour mieux piéger la buée générée au cours de la cuisson. La bouche du four est petite de façon à limiter les pertes de chaleur. Ces fours sont très appréciés pour leur aptitude à cuire en atmosphère saturée de buée. Pour optimiser la couleur de la croûte, les pains sont glacés à l'eau ou avec un liquide contenant de la fécule à leur sortie du four.

De nombreuses inventions voient par ailleurs le jour durant cette période, mais les applications sont très rares, à cause de l'opposition des ouvriers boulangers : les fours à sole tournante circulaire, les fours à chauffage indirect, appelés fours « indirects » ou « aérothermes » ou encore « à cuisson continue », les fours tubulaires à vapeur [15].

Les fours indirects, à circulation d'air chaud, sont dotés de foyers extérieurs à l'enceinte de cuisson, ce qui permet l'utilisation de charbon ou de houille comme combustible et surtout une cuisson en continu²⁸. Mais ils ne remportent pas un franc succès auprès de la profession car les boulangers leur reprochent de trop dessécher les pains.

Dans les fours tubulaires à vapeur, de l'eau surchauffée est véhiculée dans des tubes métalliques et circule ainsi continuellement dans une spirale passant sous la sole et au-dessus de la voûte. En fait, ce procédé ne connaîtra le succès qu'en 1930.

²⁸ Contrairement aux fours romains qui nécessitent un chauffage entre chaque fournée

III. L'ESSOR DE LA BOULANGERIE ET LA NAISSANCE DE LA PANIFICATION MODERNE

A la seconde moitié du 19^{ème} siècle et au vingtième siècle, le pain change de statut : il perd son usage d'aliment de référence, au profit de la viande, et devient un aliment d'accompagnement. On observe en effet, à partir de 1900, une baisse manifeste de la consommation individuelle journalière de pain. Mais le pain garde néanmoins une forte charge symbolique et affective.

Le 20^{ème} siècle est l'ère de l'essor de la boulangerie avec l'apparition de la liberté d'exercer et la mise au point d'ingrédients plus performants tels que la levure de grains et les farines de *gruau*, et avec l'explosion des progrès technologiques tels que le développement du pétrissage mécanique ou de la fermentation directe. Dans la continuité, la seconde partie du 20^{ème} siècle verra le développement de l'usage des additifs conjointement à l'intensification du pétrissage, ainsi que le perfectionnement des équipements de cuisson et l'apparition de la congélation. C'est dans ce contexte que naîtra la boulangerie industrielle.

1. DE 1863 A 1903 : LA MISE EN PLACE DE LA BOULANGERIE ARTISANALE ACTUELLE [6, 22, 24]

Cette période représente une étape cruciale dans l'évolution de la boulangerie, avec notamment l'apparition de la liberté d'exercer pour les boulangers. La meunerie est quant à elle le siège de profonds remaniements avec le succès de la farine de *gruau* et l'apparition de la mouture sur cylindres. La levure de grains fait son apparition. En revanche, on notera peu de changement en ce qui concerne le pétrissage et la cuisson.

1.1. L'apparition de la liberté d'exercer pour les boulangers

En 1863, le gouvernement assouplit un peu l'oppressante réglementation concernant la boulangerie. Ainsi, le décret du 22 Juin 1863 instaure la liberté d'exercice de la profession de boulanger, supprimant le monopole de vente auparavant octroyé en échange d'une taxe. Celle-ci est néanmoins maintenue, ainsi qu'un prix de vente maximum du pain. En fait, le gouvernement, en libérant le commerce sans pour autant abroger la taxe, espère faire baisser le prix du pain en faisant jouer la concurrence.

En conséquence, le nombre de boulangeries augmente fortement, passant de 970 à Paris en 1862 à 2300 en 1904. Pour maintenir leur rentabilité face à la chute du prix du pain, les boulangers se consacrent à la fabrication et au commerce des pains fantaisies et de la pâtisserie, et même à la vente de produits annexes tels que le chocolat ou le café.

Vers 1880, on assiste à l'extension des boulangeries vers les zones rurales. Le pain blanc du boulanger est considéré comme une friandise réservé aux jours festifs, aux malades ou aux femmes enceintes. Quelques années plus tard, l'augmentation du niveau de vie et la baisse du prix du blé rendent le pain frais de boulangerie beaucoup plus attractif, au détriment du pain ménager.

1.2. L'introduction de nouvelles catégories de farine et de la mouture sur cylindres

Au début de cette période, le savoir-faire des meuniers français est tel que les farines supérieures françaises connaissent un réel succès à l'exportation.

Mais la recherche de la blancheur de la farine devient progressivement la préoccupation majeure. Les expositions universelles de 1867 et 1889 consacrent la supériorité de la farine de *gruau* hongroise, tant en blancheur qu'en force boulangère²⁹. Cette farine absorbe plus d'eau que la farine française et donne un bon goût au pain. Mais, chère, elle est réservée à la fabrication des pains de luxe et des croissants. Son importation massive démarre en 1875 et ne cessera de croître jusqu'en 1913. Des *gruaux* en provenance de Russie ou d'Amérique arrivent également sur le marché. Moins blanches, les farines françaises commencent à se déprécier à l'export à partir de 1882.

Conjointement et intrinsèquement lié à la qualité de la farine, la technologie de mouture évolue. Entre 1860 et 1875, la mouture par meules est à son apogée. La mouture sur cylindres apparaît en 1879, en provenance de Hongrie, et se généralise rapidement, apportant, en plus d'une qualité de farine sans précédent, une très bonne valeur boulangère. Le grain passe successivement dans une série de paires de cylindres (voir figure 8). L'espace entre les deux cylindres d'une paire diminue progressivement, ce qui fait qu'au départ il autorise le passage du grain puis, progressivement, des enveloppes contenant de moins en moins d'amande. Le produit extrait de l'appareil est ainsi constitué de fractions grosses et fines. Un tamisage sur une succession de tamis est effectué de façon à classer les produits et à les diriger vers d'autres appareils de réduction. Les meuniers se mettent rapidement à utiliser ces appareils à cylindre, malgré leur coût, en raison des gains qu'ils permettent d'obtenir en blancheur et en pureté de farine, ainsi qu'en rendement et en prix de vente. Mais beaucoup de boulangers restent attachés aux farines de meules, reprochant aux farines issues de cylindre d'être trop plates et moins parfumées. Le pain durcit plus vite, ce qui est un inconvénient majeur à la campagne où la qualité du pain est principalement déterminée par ses aptitudes de conservation.

²⁹ Par sa richesse en gluten

Le développement de la mouture sur cylindres engendre la faillite de milliers de petites installations et à terme la disparition de la meunerie rurale. Les moulins à eau et à vent ne serviront alors plus qu'à écraser les céréales secondaires pour le bétail, avant de disparaître complètement.

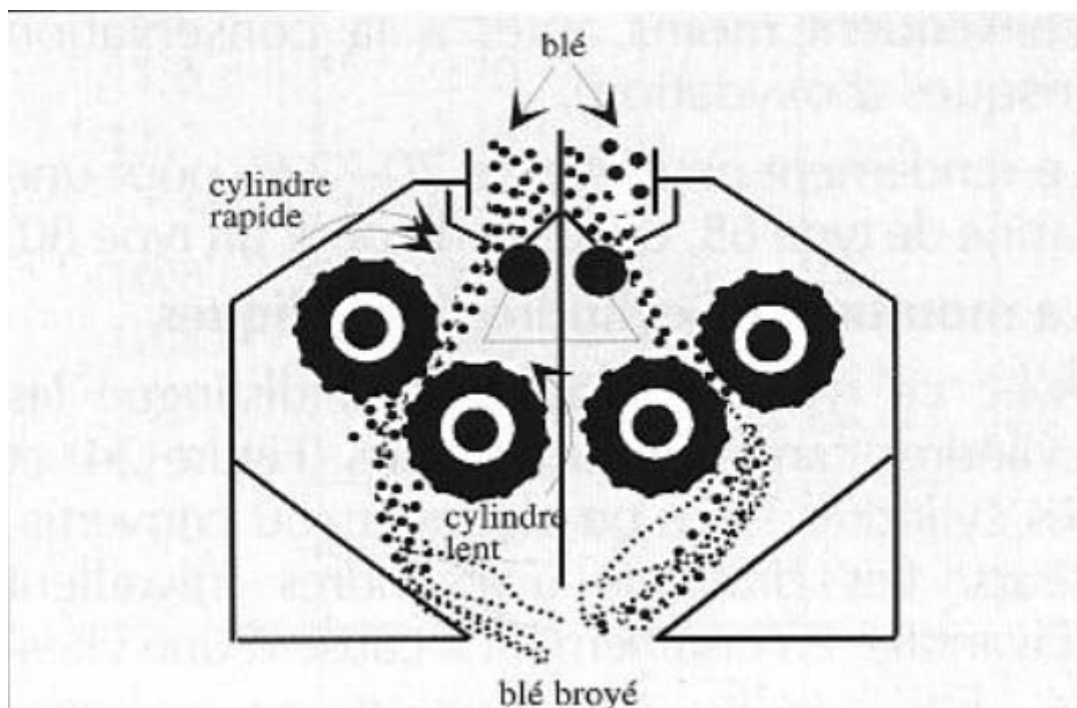


FIGURE 8 : PRINCIPE DE LA MOUTURE SUR CYLINDRES (D'APRES [15])

Le grain passe successivement dans une série de paires de cylindres (ici, une seule paire est représentée). L'espace entre les deux cylindres d'une paire diminue progressivement, ce qui fait qu'au départ il autorise le passage du grain puis, progressivement, des enveloppes contenant de moins en moins d'amande. Le produit extrait de l'appareil est ainsi constitué de fractions grosses et fines.

Les systèmes de tamisage sont, quant à eux, grandement améliorés par la conception des plansichters³⁰ en 1887. De même, le nettoyage des grains progresse nettement, ce qui permet d'obtenir des farines avec beaucoup moins de sable et par conséquent des pains qui ne craquent plus sous la dent.

1.3. L'émergence de la levure de grains

L'exposition universelle de Paris en 1867 fait la promotion de levures spécifiquement boulangères, dont la levure de grains [15]. Cette levure, nettement plus blanche, révèle sa supériorité face à la levure de brasserie : elle s'avère plus pure, de meilleure conservation, et surtout elle offre une plus grande force fermentative, une régularité dans son activité et une

³⁰ Blutoir mécanique formé de plusieurs tamis animés de mouvements oscillatoires et circulaires.

absence d'amertume, ce qui n'altère pas le goût du pain. Ces caractéristiques permettent, qui plus est, une diminution de son taux d'incorporation.

L'arrivée de cette levure de bien meilleure qualité représente une avancée majeure pour les boulangers. De plus, les contraintes que représente la surveillance permanente du levain, associées à l'irrégularité de sa production et de sa qualité, expliquent son succès, malgré son coût, à partir de 1875. La première distillerie de grains française est opérationnelle en 1874.

Au départ, comme nous l'avons évoqué dans les chapitres antérieurs, l'emploi de cette levure se cantonne uniquement aux pains de luxe : les boulangers citadins se détournent rapidement du travail au levain. Néanmoins, certains boulangers, essentiellement en milieu rural, lui reprochent des caractéristiques inappropriées pour l'usage domestique : la texture de mie est trop régulière, l'absorption du pain dans la soupe trop importante et son rassissement trop rapide (voir chapitre II.5.6. de cette partie).

1.4. Peu de changements au niveau du traitement mécanique de la pâte et de la cuisson

1.4.1. le traitement mécanique

Durant la seconde moitié du 19^{ème} siècle, le pétrissage mécanique ne se développe pas car la seule source d'énergie existante sont les installations à vapeurs, trop coûteuses pour les boulangers. C'est ainsi qu'à l'exposition universelle de Paris en 1867 présente déjà des pétrins mécaniques efficaces mais qui ne seront utilisés que 40 ans plus tard, faute de source d'énergie adéquate.

La première diviseuse mécanique est également présentée lors de l'exposition universelle : la machine, non motorisée, fonctionne sur le principe d'un emporte-pièce, et permet une compression sans fatigue. Elle permet le portionnement simultané d'une trentaine de pâtons. Quelques grosses boulangeries urbaines s'en équipent.

Concernant le façonnage mécanique, la structure très artisanale de la boulangerie française explique que ses applications aient d'abord vu le jour à l'étranger. En effet, la multitude de formes de pains et les faibles quantités à produire et l'exiguïté des boulangeries citadines ne font pas entrevoir l'utilité d'employer un tel matériel, encombrant et coûteux et essentiellement adaptée aux pains longs.

1.4.2.la cuisson

On n'observe pas de changement majeur concernant la cuisson durant cette période.

En 1880, les *ouras* prédominent dans les fournils parisiens. Des systèmes d'éclairage à l'intérieur de la chambre de cuisson, permettant de mieux suivre la cuisson, font leur apparition. Parallèlement, l'efficacité des appareils à buée est sans cesse améliorée.

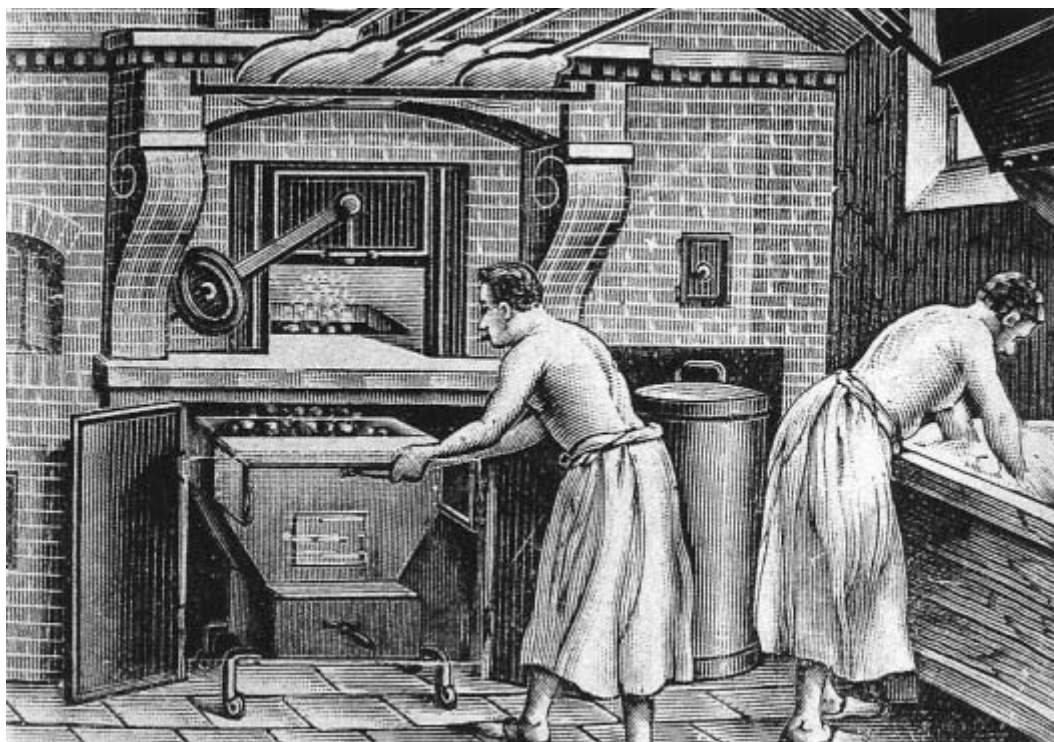


FIGURE 9 : FOUR MAÇONNE A CHAUFFAGE DIRECT DOTE D'UN GUEULARD (D'APRES [15])

Le foyer du four est situé en dessous de la chambre de cuisson, avec laquelle il communique grâce au « gueulard ». Le bouchoir est de petite taille et fermé grâce à une porte à balancier. On peut également remarquer le pétrissage de la pâte fait à la force des bras

Vers 1891, les fours maçonnés évoluent avec l'installation d'un foyer situé en dessous de la chambre de cuisson, et avec laquelle il communique grâce au « *gueulard* », conduit en fonte qui amène la flamme directement dans la chambre de cuisson (voir figures 9 et 10). Lorsque le four est chaud, le boulanger laisse le feu s'éteindre, nettoie grossièrement la sole pour enlever les résidus de combustion puis y place un récipient d'eau pour générer de l'humidité.

D'abord fixe puis orientable³¹ et amovible, le gueulard présente de multiples avantages : il permet au responsable du four d'être moins exposé à la chaleur du foyer, autorise l'utilisation de charbon ou de coke en plus du bois, et enfin facilite le nettoyage de la sole, tout en ralentissant son usure. Et surtout, il permet la cuisson sans qu'il soit nécessaire de

retirer les braises du four pour enfourner le pain. Ce type de four, à chauffage direct, sera utilisé jusqu'à l'apparition du chauffage au fuel en 1920 dans les villes et en 1930-1940 dans les campagnes.

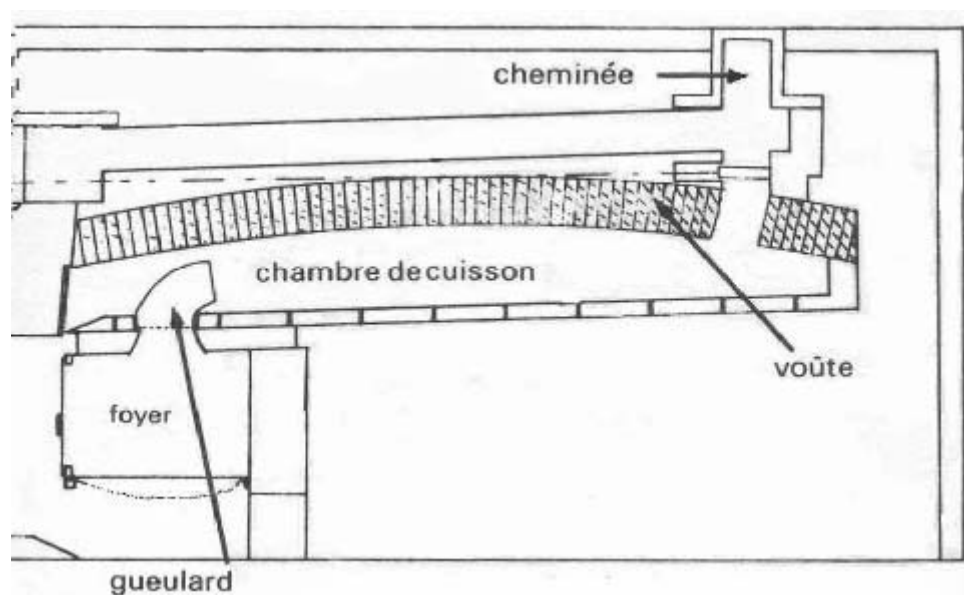


FIGURE 10 : FOUR A GUEULARD VU DE PROFIL(D'APRES [29])

Le foyer est situé en dessous de la chambre de cuisson et communique avec elle grâce au « gueulard », conduit en fonte qui amène la flamme directement dans la chambre de cuisson.

1.5. L'apparition de nouveaux services

Alors que les techniques de pétrissage et le fournil se modernisent peu, le magasin continue de subir de grandes transformations, notamment en ce qui concerne la décoration des vitrines, qui avait débuté au début du siècle (voir chapitre II.5.1. de cette partie).

En ce qui concerne les services, on propose du pain chaud à toute heure et un service de livraison par portage féminin [15, 24]. L'augmentation du portage à domicile des petits pains et des pains fantaisie, en ville vers 1870, correspond à une évolution des attentes des consommateurs : le pain n'est plus un aliment essentiel de la ration alimentaire, il devient un aliment plaisir. Ce service de portage perdurera jusqu'en 1939. Cette forte demande de pains frais matinaux oblige les boulangers à travailler de nuit. A la campagne, le portage est également un point primordial, la population se trouvant disséminée dans les fermes : il s'effectue une à deux fois par semaine.

³¹ Ce qui permet de mieux répartir la chaleur sur la sole.

2. DE 1904 A 1954 : LE DEVELOPPEMENT DU PETRISSAGE MECANIQUE ET DE LA FERMENTATION DIRECTE [6, 22, 24]

Durant cette période, la mécanisation va bouleverser la technologie de panification aussi bien dans les fournils artisanaux que dans les boulangeries industrielles.

C'est souvent le contexte économique et social qui va motiver l'évolution technologique: la nécessité de réduire la pénibilité du travail, la nécessité de compenser le manque de main d'œuvre en 1920 et dans les années cinquante, la diminution du nombre d'heures travaillées et la régression du travail de nuit.

L'exploitation des innovations du siècle précédent va contribuer à modifier profondément les conditions de travail en boulangerie : l'usage du pétrin mécanique dans les fournils devient courant vers 1920, celui de la levure de boulangerie vers 1930.

La mécanisation va bien sûr améliorer les conditions de travail ainsi que la productivité. Chacune de ces innovations donnera lieu à des perfectionnements ultérieurs, améliorant encore les performances : l'utilisation de nouvelles machines renouvelle constamment les possibilités de mécanisation. Mais elle va également transformer les produits de boulangerie ainsi que les matières premières utilisées : la substitution d'une machine à la main d'œuvre ou le remplacement d'un ancien modèle par un plus récent entraîne généralement une modification des caractéristiques du pain, ou l'utilisation de nouveaux ingrédients et de nouvelles farines plus adaptées, voire les deux à la fois.

Ainsi, les caractéristiques et la qualité du pain vont subir une importante évolution, ce qui va d'ailleurs faire baisser de façon notable le prix du pain. De la même façon, la qualité et le contrôle des farines se renforcent et l'emploi des additifs se développe.

A l'étranger, le pain français se distingue jusqu'alors pour sa qualité. Mais, vers 1935, le pain blanc fait l'objet de critiques virulentes. Il est même discrédité par le corps médical. En plus de lui reprocher une diminution de sa qualité et de son goût, on l'accuse d'être responsable d'amidonisme, d'alcoolisme et d'affaiblissement de la race [24]. Une campagne de presse acerbe réclame un retour au pain « naturel » (au levain) et au farines de meules. Ce mouvement « anti-pain » va porter préjudice à la consommation de pain en France à cette période.

2.1. L'apparition de nouvelles lois et l'évolution technologique de la panification

Durant cette période, l'émergence de nouvelles lois sociales ainsi que des lois sur l'hygiène du travail influencent fortement l'évolutions technologique en panification.

Au niveau social, plusieurs lois ont une importance capitale dans l'amélioration des conditions de travail. La loi des huit heures du 23 Avril 1906 introduit les premières notions

de réduction du temps de travail³². La loi du 13 Juillet 1906 impose un jour de repos par semaine³³. En 1909, le travail de nuit est interdit [15]. En réalité, ce projet de loi, plusieurs fois remanié, ne sera jamais réellement appliqué. Le syndicat patronal de la boulangerie française y est farouchement opposé car il redoute pour conséquence une diminution significative des ventes matinales. Il réussit par la même occasion à éviter la mise en place d'une loi imposant un jour de fermeture hebdomadaire.

Mais l'application peu suivie de cette réglementation entraîne des grèves ouvrières en 1911 et 1913.

Concernant l'hygiène du travail, deux dates vont marquer l'évolution technologique de la panification : 1904, avec un décret fixant les conditions d'hygiène minimales sur les lieux de travail et 1913, avec une loi édictant les mesures générales de salubrité applicables aux établissements vendant des denrées alimentaires.

2.2. Le renforcement du contrôle qualitatif des farines

Conscients qu'une farine de qualité plus régulière permettrait aux boulangers de mieux maîtriser leur méthode de panification, les meuniers décident de renforcer le contrôle de leur farine, de façon à pouvoir offrir à leurs clients un produit de qualité homogène au fil des livraisons. Ils se heurtent alors à la difficulté de trouver un critère objectif pour définir la qualité de la farine : le principe même du classement des farines est difficile à établir, car la qualité d'une farine dépend de nombreux critères tels que sa *force boulangère*, sa teneur en protéines, son taux d'humidité, son acidité, mais aussi sa pureté biologique et chimique³⁴.

Jusqu'alors, c'est le taux d'extraction qui a été le plus utilisé pour reconnaître la qualité d'une farine. Mais le taux d'extraction des farines fluctue beaucoup en fonction du contexte économique : en période d'abondance, le taux est faible car la blancheur de la farine est synonyme de qualité, alors qu'en période de pénurie, il est élevé à cause du prix élevé du blé et des décisions des autorités politiques.

C'est finalement la force boulangère qui sera prise en compte pour le classement des farines : un décret reconnaît officiellement l'utilité de l'alvéographe de Chopin, appareil capable de renseigner sur la valeur boulangère (appelée W) d'une farine. Les résultats de l'alvéographe sont alors systématiquement pris en compte lors de l'inscription et du classement de nouvelles variétés de blé.

³² En fait, le décret d'application de cette loi ne sera effectif qu'en Août 1929.

³³ Alors qu'auparavant il était cumulable en huit jours tous les deux mois.

³⁴ En France, la définition légale des farines est relativement récente (décret du 13 Juillet 1963) et fondée sur leur pureté chimique, critère le plus cohérent avec les définitions antérieures se rapportant au taux d'extraction.

2.3. Le développement de l'usage des additifs

L'utilisation des premiers additifs se développe alors que deux préoccupations prédominent à l'époque: le blanchiment et le dégermage de la farine.

2.3.1. Le blanchiment de la farine

En 1905 et 1912, suite à de fortes polémiques concernant l'emploi de peroxyde de benzoyle et de chlore pour blanchir la farine, deux lois interdisent l'usage de produits chimiques dans les substances alimentaires et fondent le principe de la liste positive : seuls sont autorisés dans la fabrication des denrées alimentaires les produits présents sur cette liste. La première guerre mondiale interrompt le débat.

Le marché des produits correcteurs ne se résumera donc jusqu'en 1914 qu'aux adjuvants maltés, dont la première commercialisation en France a eu lieu en 1906. En plus d'activer la fermentation et de favoriser la coloration de la croûte, ces produits sont reconnus pour leurs caractéristiques organoleptiques : ils donnent en effet un goût particulier au pain.

Entre 1922 et 1927, dans un contexte de sous-production de blé, l'Etat impose une augmentation du taux d'extraction des farines, et l'incorporation jusqu'à 40% de succédanés (seigle, orge, riz, avoine, etc.) dans la fabrication des farines³⁵. Or les forts taux d'extraction des farines entraînent la disparition de leur blancheur. En décembre 1929, la situation céréalière s'inverse. A la suite d'une récolte record, le gouvernement interdit l'importation des blés dits « de force », en provenance de Hongrie, de Russie ou d'Amérique.

En réaction, certains moulins, ne pouvant plus acheter de blés de force, sont soupçonnés d'augmenter insidieusement leur taux d'extraction et d'utiliser des procédés de blanchiment par voie physique ou chimique. Cela va à l'encontre des lois de 1905 et 1912 et plusieurs meuniers sont traduits devant les tribunaux. La révélation de ces fraudes au grand public soulève une vive polémique en 1930. En 1931, les autorités françaises interdisent formellement le blanchiment en meunerie, quel que soit le procédé et l'agent chimique utilisé, ainsi que, en 1932, les appareils de traitement électrique des farines. Cet épisode historique a une importance considérable puisqu'il ancre définitivement la France dans une position opposée à l'utilisation de produit chimique dans les farines et le pain.

A partir de 1934, la valeur boulangère des blés français étant moyenne, les importations de blés de force reprennent sous conditions³⁶ et l'amélioration des farines se fait

³⁵ Les boulangers sont contraints d'utiliser ces farines, appelées « farines bises », provenant de mélanges de diverses céréales, dont la valeur boulangère s'avère très médiocre, de façon à maintenir un prix du pain le plus bas possible.

³⁶ Les moulins souhaitant importer de tels blés doivent auparavant prouver qu'ils ont exporté une quantité équivalente de farine.

essentiellement à l'aide de trois produits organiques : la farine de blé de force, la farine de fève et l'extrait de malt.

Les boulangers sont de plus en plus sollicités par les vendeurs d'améliorants. Ceux-ci doivent disposer d'une attestation de la Répression des Fraudes prouvant que leurs produits sont autorisés. Interrompue entre 1940 et 1946, la vente des améliorants reprend vigoureusement à partir de 1948 avec l'apparition de nombreuses sociétés commercialisant de ces produits.

En Mai 1953, la France autorise l'emploi de l'acide ascorbique en tant qu'agent antioxydant pour certaines denrées alimentaires dont les produits de panification [15].

2.3.2. le dégermage de la farine

De nombreux médecins pressent les meuniers et les boulangers de produire un pain contenant d'avantage de principes nutritifs du grain et notamment le germe. Mais le maintien du germe dans la farine entraîne des difficultés dans sa conservation et a une influence néfaste sur sa valeur boulangère. C'est pourquoi les meuniers sont peu enclin à utiliser cette pratique. Les critiques importantes du corps médical sur cette réticence des meuniers entraînent une baisse significative de la consommation de pain. Les pains « médicaux » se substituent alors au pain courant : pain au son, au gluten, à l'eau de mer, à l'eau ferrugineuse.

La seconde guerre mondiale met un terme à ce débat et entraîne une grande diminution de la qualité des pains à cause des difficultés d'approvisionnement en blé et en farine³⁷. Tout comme à la fin de la première guerre mondiale, de façon à compenser cette pénurie, le gouvernement impose, dans les années 1940 et jusqu'en 1952, des taux d'extraction des farines élevés, et l'incorporation de succédanés dans la fabrication des farines. Cette mesure sera à nouveau préjudiciable à la qualité des farines.

Ce n'est qu'en 1949 que se remet en place la libre concurrence entre meuniers et que les boulangers peuvent à nouveau choisir librement leur fournisseur de farine.

2.4. La diffusion de la fermentation directe

La nouvelle réglementation va engendrer une modification de la conduite de la fermentation : après 1914, l'utilisation de la fermentation directe s'étendra à tous les types de pain.

La première guerre mondiale, en provoquant le départ au front des ouvriers boulangers capables de maîtriser la conduite du levain, va achever sa diffusion dans les grandes villes françaises et l'abandon de la panification au levain citadine.

L'adoption dans les campagnes de ce type de fermentation s'échelonne jusqu'en 1920, mais l'usage du levain s'y maintient. Ce n'est qu'en 1920 que le développement du réseau de chemin de fer assure une diffusion plus efficace de la levure en province et achève l'extinction du travail au levain.

La fiabilité de la levure, les nouvelles contraintes sociales de réduction des horaires de travail et la menace de l'interdiction du travail de nuit et de la fermeture hebdomadaire des boulangeries incitent, entre 1906 et 1910, les boulangers parisiens à mettre au point pour le pain courant un diagramme de panification à la levure, appelé « sur direct » [15]. Cette méthode, qui bouleverse les habitudes de fabrication, consiste à pétrir, avec une technique de pétrissage lent, la veille au soir plusieurs fournées avec addition de levure. L'utilisation de très faibles doses de levure autorisent un très long *pointage*, en moyenne 4 heures et pouvant durer jusqu'à 8 heures, à température ambiante, suivi d'un *apprêt* relativement court. Le *pointage* dure ainsi toute la nuit et au petit matin, l'ouvrier commence son travail par la pesée et le façonnage. Ce nouveau diagramme de fabrication provoque la disparition de la fermentation en bannetons d'osier [15].

En 1932, dans un contexte de nostalgie du bon pain d'autrefois au levain naturel, la levure, tout comme le pain blanc, fait l'objet de vives attaques [15].

En raison de leur importance stratégique dans l'alimentation, plusieurs levureries sont bombardées pendant la seconde guerre mondiale, ce qui provoque de graves pénuries et de sévères rationnements.

Après la guerre, des recherches sont menées pour sélectionner et hybrider des souches de levure, de façon à améliorer leur puissance fermentative.

Parallèlement, le matériel de fermentation se perfectionne. A partir de 1951, la fermentation sur plaques connaît un grand succès : les pâtons sont disposés sur des plaques métalliques, qui sont ensuite entreposées dans des meubles de fermentation spéciaux.

2.5. Le développement du pétrissage mécanique

Le pétrin diminue considérablement la pénibilité du travail et répond à une tendance d'amélioration de l'hygiène dans les boulangeries.

Cependant, à Paris en 1905, le nombre de pétrins dans les boulangeries est insignifiant. En réalité, l'efficacité des machines semble relative. De plus, les ouvriers boulangers se sentent déshonorés d'avoir à tourner une manivelle et finalement cette manœuvre s'avère être presque aussi fatigante que de pétrir à la main (voir figure 11).

³⁷ Jusqu'au milieu des années 1950, la production de froment sera inférieure à la consommation.

En fait, la difficulté de trouver une force motrice pour ces machines bloque leur expansion dans le pays. A nouveau, seuls les grands établissements de l'administration peuvent se doter de ces coûteuses machines à vapeur pour entraîner la poulie du pétrin. Par ailleurs, les moteurs à explosion prennent beaucoup de place et sont très bruyants et donc difficilement utilisables en ville. A la campagne, une solution économique consiste à actionner le pétrin à l'aide d'un manège à cheval.

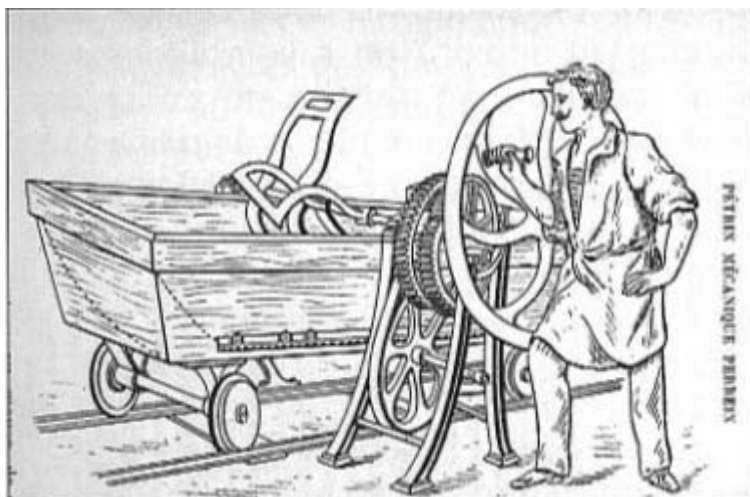


FIGURE 11 : PETRIN MECANIQUE A PROPULSION MANUELLE EN 1911 (D'APRES [15])

Le pétrin est actionné par l'intermédiaire d'une manivelle par l'ouvrier boulanger. Celle-ci fait tourner les axes mélangeurs. Mais ce geste s'avère presque aussi physique que le pétrissage manuel et les ouvriers apprécient peu d'être réduits à tourner une manivelle

Devant la frilosité des boulangers français face à ces machines, le Syndicat National de la Boulangerie décide de mener des expériences comparatives entre pétrissage manuel et mécanique. Celles-ci aboutissent à la conclusion que les pétrins, même s'il ne reproduisent pas toutes les phases du pétrissage manuel, fournissent néanmoins des pâtes et des pains de bonne qualité.

L'émergence de la réglementation sur l'hygiène de fabrication et la guerre de 1914-1918 vont accélérer le développement de la mécanisation, principalement en ce qui concerne le pétrissage : comme pour la gestion du levain, le départ au front de nombreux jeunes ouvriers boulangers engendre brutalement une pénurie de main d'œuvre dans les fournils et précipite l'installation des pétrins mécaniques. Le pétrin est ainsi le premier engin mécanisé qui entre dans le fournil.

Entre 1907 et 1930, l'apparition des moteurs électriques dans les villes et des moteurs à essence dans les campagnes facilite l'extension de l'utilisation des pétrins mécaniques. Les pétrins se démocratisent et se perfectionnent, notamment grâce à la mise en place de nouveaux axes mélangeurs et de cuves tournantes.

Ainsi, alors qu'en 1914, sur 45 000 boulangeries, 6000 sont équipées d'un pétrin mécanique, quelques années après la guerre, quasiment chaque fournil en est équipé.

2.6. Des nouveautés dans les équipements de cuisson

En 1919, le gaz et l'électricité étant chers, les boulangers utilisent surtout les installations dotées de brûleurs au mazout. Outre le fait qu'il soit bon marché, ce combustible présente l'avantage d'être facile à stocker et de ne pas générer de poussière dans le fournil. Son utilisation s'étend rapidement et se généralise dans les villes vers 1922. Dans les campagnes, la combustion au bois est moins coûteuse et le mazout n'y apparaîtra que tardivement (vers 1930-1945). Mais les pénuries de mazout des années 1940 obligent les boulangers citadins à revenir un temps à la cuisson au bois.

En 1946, une boulangerie sur trois, y compris dans les campagnes, est équipée de brûleur à mazout. Cependant, en 1963, à la suite d'accidents mortels par brûlure et compte tenu du risque cancérigène induit par les suies, ce type d'installation est interdite sur les fours neufs.

Après 1918, un nouveau type de four apparaît : le four à chauffage indirect³⁸. La source de chaleur est extérieure à la chambre de cuisson : le chauffage de la chambre de cuisson se fait en circuit fermé. Ce four présente ainsi deux avantages majeurs : il permet une cuisson en continu et l'utilisation de n'importe quel type de combustible [15, 21]. Il présente aussi l'intérêt d'être plus propre et plus régulier en température que les fours classiques.

Mais il est lent à monter en température et surtout très cher. Sa diffusion restera ainsi confidentielle jusqu'en 1920 et il ne connaîtra un réel succès qu'à partir de 1954.

Le chauffage proprement dit peut se faire soit par de l'air chaud, pour les fours dits « aérothermes », soit par le biais de tubes de vapeur, pour les fours dits « tubulaires à vapeur ».

La combustion, quant à elle, va s'effectuer au début au charbon ou au coke, puis les années suivantes au gaz ou au mazout.

2.7. Vers l'automatisation des lignes de fabrication

En 1927, la grande boulangerie de l'Assistance Publique s'équipe de la première ligne de fabrication automatique dotée d'une façonneuse et d'une peseuse-diviseuse motorisée. Toutefois, la diversité des poids de pâtons et la durée importante du *pointage* freinent durablement l'apparition des diviseuses. Ce n'est qu'à partir de 1954 que la vente des peseuses-diviseuse pondérales va s'accélérer.

3. APRES 1955 : L'INTENSIFICATION DU PETRISSAGE ET LA CONGELATION DES PATES [6, 22, 24]

La découverte fortuite du pétrissage intensifié en 1955 va être le facteur déclenchant du foisonnement d'innovations qui suivra cette date, telles que l'essor des fours indirects et des fours métalliques, l'utilisation courante du façonnage mécanique, ou encore l'apparition de la congélation. Les avancées scientifiques de cette période vont considérablement accélérer ce processus.

Première conséquence de ce progrès, le travail poussé des pâtes va rendre les professionnels de plus en plus dépendants des adjuvants de fabrication. Les modes de production vont évoluer en fonction des améliorations techniques des machines, et entraîner une modification qualitative du pain.

Deuxième conséquence, la mécanisation des fournils engendre un gain de productivité qui sera à l'origine de l'instauration par les boulangers du salaire horaire en remplacement du salaire « à la pièce ».

3.1. Le contexte économique et réglementaire

La consommation de pain chute considérablement depuis le début du siècle: de 600 g par jour en 1909, la ration individuelle quotidienne de pain passe à 260 g en 1962, puis à 165 g en 1995. Le changement de mode de vie des consommateurs, qui deviennent plus sédentaires, et dont les besoins énergétiques diminuent fortement, est principalement à l'origine de cette baisse. Les campagnes calomnieuses à son encontre qui réapparaissent à cette époque vont également participer à faire chuter les ventes. En effet, entre 1945 et 1959, le pain va à nouveau faire l'objet de violentes attaques : on lui reproche, de la même façon qu'en 1935, de provoquer l'amidonisme et l'alcoolisme, de faire grossir, de provoquer des cancers, des caries, etc.[24].

En 1959, l'Etat assouplit sensiblement les contraintes sur le prix de vente du pain. Les boulangers sont, entre autres, autorisés à vendre légèrement plus cher leurs pains fantaisie. L'amélioration du niveau de vie diminue la sensibilité de l'opinion publique face à la hausse des prix du pain. La fabrication des petits pains, très importante avant guerre, ne suscite plus d'intérêt.

En 1977, on assiste à un net revirement de l'opinion médicale vis à vis du pain. Les fibres alimentaires sont maintenant à l'honneur : le pain est réhabilité par le corps médical.

³⁸ En opposition au four à chauffage direct représenté par le four à gueulard, et par son ancêtre le four romain

En 1978, l'Etat libéralise le prix de vente du pain. Mais, suite à des excès de hausse des prix l'année suivante, des accords de modération sont signés entre 1983 et 1986 pour encadrer ce régime de liberté des prix. La libéralisation sera totale à partir du 1^{er} Janvier 1987, cette fois-ci avec succès, le phénomène de concurrence jouant un rôle régulateur. Elle met fin à deux siècles de taxation et de contrôles administratifs.

En 1983, l'apparition des réglementations européennes affaiblit encore davantage le marché de la panification, devenu très concurrentiel. La France est quasiment le seul pays développé, avec l'Allemagne et la Suisse, ayant maintenu sa boulangerie artisanale.

Le 13 Septembre 1993, dans un contexte morose pour les artisans boulangers, un décret sur le pain est mis en place [24]. Il définit les appellations « pain maison » et « pain de tradition française » qui garantissent au consommateur une fabrication effectuée totalement sur le point de vente, depuis le pétrissage jusqu'à la cuisson. Ce décret est complété par l'arrêté du 12 Décembre 1995, qui protège l'appellation « boulangerie » : seuls les lieux mettant en œuvre la totalité des opérations unitaires d'un diagramme de panification peuvent afficher le nom de boulangerie. Cette réglementation a pour but de protéger l'artisanat face au développement de l'industrie des pâtons surgelés³⁹.

En 1996, une directive européenne relative aux additifs normalise les dénominations de pains (pain courant français, pain de froment, etc.) et liste les additifs autorisés dans leur fabrication.

3.2. Des qualités de blés adaptées à la panification

L'innovation technologique de la boulangerie entre 1946 et 1982 va bouleverser la qualité des blés destinés à la panification : de gros efforts de recherche sont consacrés à l'amélioration génétique de cette plante, de façon à obtenir des blés appropriés aux nouvelles technologies de panification. C'est ainsi que la force boulangère de la farine panifiable va doubler entre 1950 et 1983⁴⁰.

En France, l'évolution des farines suit trois voies. La première voie est la création de farines spéciales pour pain blanc. Elles contiennent de la farine de fève, qui permet d'obtenir une mie d'une blancheur inégalée.

La deuxième voie est la création des « prémix » : en réponse à la diversification des pains, la meunerie adapte sa gamme et propose aux boulangers des préparations prêtes à l'emploi, appelés « prémix », pour les pains spéciaux. L'utilisation de ces mélanges de farines

³⁹ Qui sont ensuite cuits dans les terminaux de cuisson.

⁴⁰ L'ajustement est facilité par l'adjonction de blés de force importés d'Amérique, puis de gluten produits en Europe.

permet une diversification des compositions de pain tout en conservant la même technologie de base. En 1968, le marché des pains spéciaux ne cesse de croître. En 1987, il est à son apogée et se diversifie encore avec la création de pains à l'oignon, aux carottes, etc. Les pains régionaux, dits « de terroir », viennent également élargir la gamme.

La troisième voie est la différenciation par la marque : le meunier proposant au boulanger d'utiliser une marque de pain, à plus forte valeur ajoutée, en relation avec l'utilisation d'une qualité de farine bien spécifique⁴¹.

En 1963, différents types officiels de farine sont instaurés, et le taux de cendres est reconnu pour caractériser leur pureté.

Parallèlement, la filière meunière se concentre et se restructure: entre 1953 et 1986, le nombre de moulins est divisé par six⁴². Certaines coopératives céréalières procèdent à l'intégration verticale en rachetant des moulins, voire des boulangeries.

De nos jours, l'industrie meunière est capable de faire face à une production de blé très variée et de livrer aux boulangers une qualité constante et spécifique de farine, en fonction de leurs exigences, en mélangeant des blés de différentes variétés et de différentes origines.

3.3. La systématisation de l'emploi des adjuvants

La généralisation du pain blanc⁴³ et de la méthode de pétrissage intensif, ainsi que la mécanisation des fournils entraînent une augmentation importante des doses de levure et de sel utilisées dans la fabrication du pain et une dépendance accrue envers les adjuvants de fabrication : l'abandon de l'utilisation des bannetons (voir chapitre III.3.4. de cette partie), la mise au four sur des tapis enfourneurs et l'apparition des cuissons différées orientent les recherches des boulangers et des meuniers vers un gain de tenue et de tolérance des pâtes à la fermentation.

De même, l'apparition de la pousse lente en 1956 puis de la pousse contrôlée⁴⁴ à partir de 1969 amplifient nettement le besoin en améliorants plus techniques.

A partir de 1969, la supplémentation des farines en gluten se généralise. Les importations de gluten flambent entre 1973 et 1985 : le gluten devient un adjuvant incontournable dans la formulation des farines.

⁴¹ Cela a été le cas de l'introduction de la marque « Banette ».

⁴² 6600 moulins en France en 1953, contre 1100 en 1986

⁴³ Le « pain blanc » est issu d'une méthode de pétrissage intensifié, qui se traduit par un allongement important de la durée de l'*apprêt*.

⁴⁴ Méthode de fermentation dans une enceinte réfrigérée programmable capable d'effectuer un blocage de la fermentation par refroidissement pendant plusieurs heures, ce qui permet d'ajuster la durée de la fermentation en fonction des contraintes horaires du boulanger.

En industrie, la mise en œuvre sur les lignes automatiques de pâtes moins hydratées et l'utilisation d'améliorants conduisent à des difficultés d'allongement des pâtes. Dans ce contexte, une véritable révolution a lieu en 1980 dans le domaine des auxiliaires technologiques, avec l'apparition de produits à activité enzymatique de plus en plus ciblée.

3.4. L'apparition de la pousse lente et de la pousse contrôlée

La cuisson différée et l'essor du pétrissage intensif entraînent conjointement des modifications de la fermentation, avec l'apparition de la « pousse lente » puis de la « pousse contrôlée ». Née grâce à la mise au point des premières chambres de réfrigération en 1956, la « pousse lente » permet de retarder l'enfournement d'une dizaine d'heures.

Dans les années 1960, les boulangers s'orientent vers une conduite plus rapide de la fermentation. Cela entraîne l'emploi de doses plus élevées de levure et l'emploi d'acide ascorbique comme améliorant.

Au même moment, les matières synthétiques font leur apparition dans les fournils et des bannetons en plastique ou en aluminium sont proposés aux boulangers. Le développement de la méthode « pain blanc », qui se traduit par la quasi-suppression de l'étape de *pointage*, provoquera la disparition de ces bannetons [15, 24].

Parallèlement, la fermentation sur toile ou sur plaques s'impose. En 1969, la première enceinte de fermentation réfrigérée automatique programmable est à l'origine de la méthode de la « pousse contrôlée » [24]. Ce meuble permet un blocage presque complet de la fermentation pendant plusieurs heures, puis une remontée en température programmée en ambiance humide.

A la même période, les équipementiers cherchent à concevoir des chaînes automatisées, intégrant la fermentation et supprimant ainsi la manutention des plaques.

A la fin des années 1970, des travaux scientifiques sur le goût du pain mettent en évidence l'importance d'un long *pointage* dans la formation des composés aromatiques. La volonté de produire des pains plus sapides, de meilleure qualité conduit alors les boulangers à revenir à des conduites de fermentation avec de faibles doses de levure et une durée de *pointage* plus longue.

3.5. L'intensification du pétrissage et l'apparition du pétrissage intermédiaire

Vers 1955, dans l'Ouest de la France, un boulanger met au point la méthode de pétrissage intensifié, dite « pain blanc » : il s'agit d'un pétrissage rapide, accompagné d'une forte dose de levure, avec la quasi-suppression de l'étape de *pointage* et l'allongement considérable de la durée de l'apprêt. Comme nous l'avons vu précédemment, cette méthode

permet d'obtenir un pain volumineux, à la mie beaucoup plus blanche, mais dont la perte de saveur est sensible.

Malgré ses inconvénients, cette méthode est diffusée deux années plus tard par les fabricants d'améliorants, qui recommandent conjointement l'utilisation quasi-systématique de l'acide ascorbique. Les fabricants d'améliorants vont participer grandement à la promotion de cette technique. Son développement est d'autant plus rapide que le contexte est favorable. En effet, le parc de pétrins mécaniques de première génération a besoin d'être remplacé⁴⁵, la force des farines a significativement augmenté et l'utilisation de l'acide ascorbique est autorisée. Le pétrissage intensifié déferlera sur les boulangeries des autres provinces puis de la capitale à partir de 1960.

Les conséquences technologiques du pétrissage intensifié sont multiples : la suppression du pointage simplifie l'utilisation des façonneuses mécaniques et des diviseuses, et, conséquence inattendue, améliore la machinabilité des pâtes⁴⁶ et le façonnage mécanique. Le pétrissage intensifié entraîne également l'apparition des tapis enfourneurs. Le surpétrissage entraîne par ailleurs un échauffement des pâtes et conduit à la création et l'utilisation de refroidisseurs d'eau dans les fournils.

En 1963, une méthode de pétrissage intermédiaire apparaît, préconisant une réduction de la durée de pétrissage : le pétrissage « amélioré ». Elle ne se développera qu'en 1982, associée à un concept de fabrication d'un pain moins développé, à mie crème : le concept « Banette » [15]. Cette méthode préconise l'utilisation de farine sans fève, l'apport de pâte fermenté et un pétrissage amélioré avec autolyse. Le succès de la marque « Banette » est immédiat et, au début des années 90, environ 50% des farines panifiables commercialisées ne sont plus supplémentées ni en farine de fève ni en farine de soja. En cela, la France se démarque des autres pays par son désaveu de la farine de fève et de la farine de soja.

Au milieu des années 70, on assiste à un nouveau revirement dans les procédés de fabrication, avec une optimisation considérable du pétrissage intensif. C'est la course au volume et à la blancheur du pain, au détriment du goût et de la texture, qui devient très fine et régulière.

En ce qui concerne le matériel, les innovations apportées sur les nouveaux pétrins portent sur la mise au point d'axes obliques à deux vitesses et de frein de cuve efficaces. Les pétrins à spirale, qui se développent à partir de 1984, permettent de réduire notablement la durée du pétrissage. L'industrie s'équipera ensuite de carrousel de pétrins, circulaires puis en ligne, qui permettent d'alimenter en continu les chaînes de fabrication.

⁴⁵ De plus, les anciens pétrins supportent mal ce travail en sur-régime.

⁴⁶ Les pâtons fermentés gagnent en tenue et en tolérance.

3.6. L'essor des fours indirects [15, 21]

Le véritable essor des fours indirects (aérothermes ou à vapeur) commence en 1955. En effet, en plus de permettre un gain de productivité grâce à la cuisson continue, ces fours diminuent considérablement la pénibilité du travail d'enfournement.

Les grosses boulangeries s'équipent de fours tunnels maçonnés de type tubulaire à vapeur. Les boulangeries artisanales continuent en majorité d'utiliser les fours maçonnés classiques à cuisson discontinue et s'équiperont de façon plus progressive.

Les fours indirects sont équipés de soles multiples (en général deux) et de tapis enfourneurs : l'enfournement des gros pains se fait à l'étage inférieur, et celui des petits pains à l'étage supérieur. Le foyer est latéral ou arrière.

A la même période, les équipementiers abandonnent l'usage de la brique et du sable⁴⁷ : les fours deviennent métalliques et ne sont plus équipés de sole réfractaire. Le principe de cuisson repose alors sur une très forte convection d'air ou de vapeur et sur l'utilisation de filets de cuisson.

En 1968, l'apparition des fours à chariots, fixes ou rotatifs, et le recouvrement des filets de cuisson par des résines élastomères, constituent des innovations majeures. Les fours à chariots constituent une véritable révolution par leur simplicité d'utilisation et le gain de temps qu'il procure à l'enfournement, et remporte très tôt un vif succès. De plus, la cuisson sur filet permet l'obtention de baguettes parfaitement droites, même si leur croûte inférieure est plus fine.

A partir de 1977, une nouvelle technique de production apparaît : la fabrication de pain précuit, destinée au départ à l'exportation, puis qui sera largement diffusée en France à partir de 1980.

En 1986, certains fours sont équipés de programmeur de cuisson, ce qui libère le boulanger de la surveillance de la cuisson.

3.7. L'automatisation de la fabrication

3.7.1. L'automatisation des phases de division et de repos

Les diviseuses volumétriques font leur apparition en France en 1962 et connaissent, en même temps que le système de repos par balancelles, un réel succès à partir de 1971.

L'emploi des diviseuses mécaniques et des bouleuses oblige les boulangers à augmenter, pour permettre une détente suffisante des pâtons, la durée du repos précédant le façonnage, en raison des tensions importantes exercées sur la pâte. Dans un premier temps, ce

⁴⁷ Le sable servait d'isolant dans les fours maçonnés.

repos s'effectue sur des planches feutrées fixes, disposées dans des meubles de rangement, ce qui permet une optimisation de place et un stockage chronologique des pâtons. Puis, vers 1962, des tapis de transport mobiles permettent une alimentation en continu de la façonneuse, avant l'apparition en 1967 des balancelles.

3.7.2. L'automatisation du façonnage

La structure très artisanale de la boulangerie française explique le fait que le façonnage mécanique est d'abord apparu aux Etats-Unis. En fait, l'essor des façonneuses mécaniques auprès des artisans français n'a lieu qu'à partir des années 1950. Cela correspond en effet au moment du développement de la technique de pétrissage intensifié, qui facilite la diffusion des ventes de façonneuses. De plus, à cette période, les boulangers délaissent les petits pains, dont les ventes chutes, au profit des pains longs et la baguette entame une considérable progression. En 1957, près d'une boulangerie sur cinq est équipée d'une façonneuse automatique.

Malgré ce succès, l'efficacité du façonnage automatique n'est pas réellement établie. Il engendre en effet de nombreux défauts en aval: les pains sont lourds, à la texture mal aérée et de structure homogène. Il engendre également des déchirures, des plissements et des vrillages de la pâte, et la pâte a tendance à coller aux rouleaux. La fermentation en banneton n'est, de plus, pas optimale et certains pains se déchirent au four.

Le façonnage mécanique n'évolue pas entre 1970 et 1980. L'apparition des lignes de production de pains surgelés oblige néanmoins les équipementiers à concevoir des machines à plus forte cadence, à effectuer des améliorations en ce qui concerne la régularité des longueurs des pâtons, et à fiabiliser d'avantage le centrage des pâtons à l'entrée de la façonneuse. La recherche de gain de productivité aboutit en 1986 à la conception de façonneuses couplées à un système de dépose automatique des pâtons sur filet, conduits ensuite directement dans la chambre de fermentation.

3.7.3. L'apparition des lignes mécanisées

C'est à la fin des années soixante que les premières lignes presque totalement mécanisées sont conçues: les « groupes de fabrication semi-automatiques » ou « automatiques ». La diviseuse est directement reliée à la bouleuse, d'où sort un tapis de transfert qui mène directement à l'entrée des balancelles, dont l'alimentation se fait de façon automatique. La sortie des balancelles est elle-même reliée directement à la façonneuse, qui se prolonge par un tapis d'évacuation des pâtons.

3.8. L'apparition de la congélation

Les premières applications des congélateurs⁴⁸ en boulangerie concernent la conservation des pains cuits invendus en 1965. Néanmoins, la qualité des pains après décongélation s'en ressent fortement. La préoccupation des industriels à délivrer du pain frais sur les points de vente déclenchera l'utilisation de la technique de surgélation pour des produits précuits dont la cuisson finale a lieu sur le lieu de vente, et en 1983, pour des pâtes crues façonnées peu ou pas fermentées.

3.9. La naissance de la boulangerie industrielle

La boulangerie industrielle débute véritablement en France en 1959, avec la création du premier site de fabrication de la société Jacquet [21].

Alors que jusqu'alors les GMS ne possédaient que des dépôts de pain et s'approvisionnaient auprès des boulangeries industrielles, en 1968, les premiers fournils voient le jour dans les hypermarchés. Les fournils sont très mécanisés et utilisent des fours rotatifs. En 1973, la quasi-totalité des hypermarchés en est équipée [24].

Pour les enseignes de plus petit volume (supermarchés), qui jusqu'alors vendaient du pain cuit livré, l'invention en 1984 de la pâte crue surgelée permet de répondre aux attentes du consommateur : acheter un pain « frais ». La fermentation et la cuisson sont réalisées sur le point de vente, appelé « terminal de cuisson ».

⁴⁸ Apparus en 1955.

IV. L'INDUSTRIE DU PAIN DE NOS JOURS

L'apparition de la boulangerie industrielle a profondément remanié la profession. Dans un premier temps, nous verrons comment la France, pour des raisons historiques, s'est différenciée des pays anglosaxons et a conservé une technologie « artisanale ». Dans un second temps, nous verrons quels sont, dans ce contexte, les différents circuits de commercialisation du pain en France, pour enfin nous intéresser plus particulièrement, dans un troisième temps, à l'état actuel de la filière pain dans l'hexagone.

1. LES DEUX MODELES TECHNOLOGIQUES ACTUELS

On distingue actuellement deux modèles technologiques dans l'industrie boulangère. Tous deux ont été conçus entre 1900 et 1920. Le premier, identifié dans les années soixante « procédé Chorleywood » a été mis au point en Grande-Bretagne et aux Etats-Unis. Le second correspond à la panification dite « à la française ».

La différence entre les deux technologies est fondamentalement due au motif de leur conception. Le modèle anglo-saxon recherche la diminution des coûts et des prix alors que le modèle français vise à satisfaire le goût des consommateurs.

La diversité des pains est liée à la technologie de fabrication présente dans le pays. De manière générale, la modernisation des techniques a engendré une raréfaction des catégories de pains, la mécanisation ne s'appliquant qu'à des produits standardisés. Dans les pays anglosaxons, où la panification industrielle s'est énormément développée, la diversité des pains est quasi inexistante. En France, en Allemagne et en Suisse, où la fabrication artisanale est largement prépondérante, on trouve une grande diversité de pains.

1.1. Le modèle anglo-saxon : la diminution des coûts et la production de masse

La production de masse est l'objectif constant de ce modèle. Le pain est standardisé, le critère de qualité étant l'homogénéité maximum. Le procédé consiste en un pétrissage ultrarapide, dans lequel l'action mécanique n'est plus mesurée dans la durée mais par une puissance consommée par poids de production. La standardisation est obtenue par le moulage des pâtons et par les contrôles en ligne. Depuis une vingtaine d'années, l'informatisation et l'intensification des appareillages de mesure garantissent une homogénéité maximale.

Le modèle anglo-saxon a facilité la mise en place d'une grande concentration industrielle, les entreprises les plus performantes éliminant un nombre maximum de concurrents. La concurrence s'effectue par les prix. L'entreprise se spécialise dans une partie

seulement de la gamme existant sur le marché, de façon à bénéficier au maximum des avantages de la production de masse et des circuits de distribution industrialisés. Cette extension géographique a été possible en allongeant la durée de conservation du pain par l'utilisation d'emballages longue conservation et d'agents conservateurs.

1.2. Le modèle français : la recherche de la qualité

Dans ce modèle, l'objectif est de garantir au contraire l'hétérogénéité du pain. Il s'agit de faire un compromis entre la mécanisation et la réalisation d'un produit ayant des caractéristiques définies par un nombre élevé de critères : volume, forme, poids, densité, couleur et odeur de la mie, couleur de la croûte, irrégularité des alvéoles, etc.

Le procédé de fabrication consiste en une succession d'opérations non automatisées entre elles mais qui sont néanmoins mécanisées. La durée et la vitesse du pétrissage jouent un rôle déterminant dans le goût du pain et le développement des arômes: la vitesse est en outre cinq fois moindre que dans le modèle anglo-saxon. Ce modèle ne permet évidemment pas d'atteindre les performances de productivité rencontrées dans le modèle anglo-saxon.

Le modèle français est encore voué à évoluer, soit vers une intensification de production, comme l'oriente actuellement le développement de la surgélation des pâtons, soit vers la poursuite de la spécificité des moyens de production et des définitions de produits. De nouvelles innovations permettront une meilleure maîtrise de cette technologie, avec notamment l'apparition de fours à régulation électronique de température, de pétrins de petite capacité, de chambres de pousse plus souples et plus simples d'utilisation.

Le modèle français est resté l'apanage des petites entreprises grâce à la diversification des productions et l'attrait représenté par la fraîcheur du produit. Ce modèle trouve ses limites par la longueur du procédé de fabrication et par le nombre restreint de clients potentiels, limités géographiquement par ce commerce de proximité.

Actuellement, en France, les deux modèles, anglosaxon et français, coexistent, avec le développement de l'industrie boulangère et le maintien des petites structures artisanales.

2. LES DIFFERENTS CIRCUITS DE COMMERCIALISATION DU PAIN

Auparavant, la production et la distribution du pain se faisaient dans le même établissement. L'évolution des technologies a engendré une séparation de ces deux activités. On peut ainsi dénombrer trois schémas de commercialisation :

- la concentration dans des entreprises industrielles
- l'intégration par des firmes de distribution

- les chaînes de boulangerie intégrées ou les boutiques de quartier

Les structures de marché sont très différentes selon les pays. On constate ainsi que les pays ont évolué selon deux schémas très différents, voire opposés : tandis que la France et l'Allemagne ont adopté un système artisanal dominant, la Grande Bretagne et l'Australie ont suivi le système industriel dominant.

2.1. La concentration dans des entreprises industrielles

En 1958, la plus grande firme de boulangerie aux Etats-Unis, la Continental Baking Corporation, réalise 9% des ventes totales du secteur et devient l'entreprise fondatrice de l'industrie du pain. L'entreprise est confrontée à un facteur limitant majeur : le rassissement du pain, qui provoque une pourcentage élevé de pertes. Le problème est partiellement résolu par les progrès réalisés sur les emballages dans les années 1920, ce qui accélèrera la concentration des établissements.

En Grande-Bretagne, les créations d'établissements industriels sont également nombreuses avant la seconde guerre mondiale. En 1935, les entreprises employant plus de 10 personnes cumulent 57% du nombre total des effectifs employés dans la branche. En 1951, la proportion atteignent les 69%. Dès la fin des années soixante, seulement trois entreprises produisent 60% du tonnage de pains vendus en Grande-Bretagne.

En Australie, les petites boulangeries ne seront confrontées à la concurrence des gros industriels qu'à la fin des années cinquante. Les grandes unités de production appartiennent en fait aux meuneries, qui ont peu à peu racheté puis fermé les boulangeries artisanales. En 1990, les deux plus grandes entreprises australiennes de boulangerie produisent 52% du tonnage du pain commercialisé dans le pays.

Comme on le verra plus tard, la destination de ces pains industriels peut être la grande distribution, la restauration collective, ou la vente directe au consommateur via les terminaux de cuisson (voir chapitre IV.3.2. de cette partie).

2.2. L'intégration par des firmes de distribution

L'intégration verticale consiste pour une entreprise à gérer au moins deux stades de la filière d'un produit, soit par la possession de moyens de production, soit par voie contractuelle. Le but de l'intégration est d'exercer une influence directe sur la production ou la distribution du produit et d'améliorer ainsi les marges de rentabilité. C'est lorsque l'intensité de la concurrence s'est faite plus forte que les entreprises du commerce de détail alimentaire ont cherché à intégrer la boulangerie.

C'est aux Etats-Unis que les premières créations de boulangerie au sein du commerce d'alimentation générale ont lieu, entre 1945 et 1960. Les grandes chaînes de distribution alimentaire sont alors en pleine expansion et commencent à intégrer des activités de fabrication de produits alimentaires.

Les modes d'intégration sont variés : soit de grosses usines fabriquent puis approvisionnent un réseau de supermarchés, soit des fournils sont implantés dans des surfaces de vente suffisamment grandes tels que les hypermarchés et assurent la fabrication du pain dans son intégralité, soit enfin, pour les surfaces plus petites, des terminaux de cuisson sont approvisionnés en pâte congelées fabriquées dans les usines du groupe et sont équipés pour décongeler et cuire les produits.

L'avantage des deux derniers systèmes est de permettre une vente de pain frais. La cuisson différée dans les terminaux de cuisson connaît notamment un énorme succès, amplifié par un partenariat des industriels, qui proposent des pâtes congelées à des prix très bas. Un autre intérêt de cette méthode de cuisson différée réside dans le fait qu'elle ne nécessite pas de personnel qualifié. En revanche, les coûts en énergie et en surface sont élevés et les marges faibles.

En France, les pionniers de l'industrie se sont développés dans les années soixante, conjointement à la grande distribution [9]. La grande distribution suit alors deux axes de développement : les dépôts de pain et le pain préemballé [9]. Elle s'orientera ensuite vers la solution des fournils puis des terminaux de cuisson. Ainsi, les hypermarchés équipés d'un fournil sont fréquents depuis plus de quinze ans. En 1991, deux hypermarchés sur trois en sont dotés. Quant aux terminaux de cuisson, ils ont énormément augmenté entre 1986 et 1991.

2.3. Les chaînes intégrées de boulangeries et les boulangeries de quartier

Mis à part les artisans boulangers, les commerçants détaillants commandent en général leurs pains auprès des boulangeries industrielles. Néanmoins quelques boulangers ont décidé de créer leur propre chaîne de boulangeries, selon le principe des points de vente intégrés. Une des plus connues en France est l'enseigne Boulangerie Paul, appartenant au groupe Holder.

3. LE CONTEXTE ECONOMIQUE ACTUEL DE LA FILIERE PAIN EN FRANCE

L'activité pain en France comprend aujourd'hui trois grands pôles : l'artisanat, qui représente près de 73% du CA de l'activité boulangerie-pâtisserie en 1998, l'industrie, qui en représente 19% et les GMS (Grandes et Moyennes Surfaces) qui en représentent 8% (d'après l'ANMF, l'Association Nationale de Meunerie Française) [3]. Les GMS jouent un double rôle dans ce secteur puisqu'elles peuvent soit fabriquer elles-mêmes leurs produits soit les acheter aux industriels : elles peuvent donc en être indifféremment clients ou concurrents directs.

La France, dont la particularité a été de défendre et maintenir farouchement les méthodes artisanales de panification, est ainsi devenue de nos jours la référence incontestée en ce qui concerne les techniques de fabrication du pain.

3.1. La boulangerie artisanale

3.1.1. la boulangerie artisanale grignotée par les GMS et les industries

La boulangerie-pâtisserie artisanale représente 72% du marché du pain en France en 1997, avec un CA de 55 milliards de francs d'après [9, 10] et 73% du marché en 1998, avec un CA de 40 milliards de francs d'après [3]. En 1997, près de 50% de son CA est réalisé en panification et 40% en pâtisserie [3, 9].

Ces valeurs sont en constante baisse, la part de marché artisanale diminuant au profit de celles des industriels et des GMS (voir tableau 1). Ainsi, le nombre de boulangeries a baissé de façon significative (voir tableau 2), passant d'environ 48 000 en 1965 à 34 000 en 2000 [3, 10]. Cette diminution semble toutefois s'être stabilisée. Cela correspond à une boulangerie pour 1670 habitants [3].

Année	% de part du marché national		
	Boulangerie artisanale	Industrie	GMS
1991	78,6	15,1	5,9
1993	76,7	16,1	6,8
1995	75,3	17,9	7,4
1997	72,3	19,5	7,9
1998	71,3	20,3	8,1
1999	70,3	21,4	8,1

TABLEAU 1 : EVOLUTION DE LA BOULANGERIE PAR CIRCUIT DE DISTRIBUTION
(d'après ANMF) [10]

La boulangerie artisanale représente 70% du marché du pain en France en 1999. Cette part diminue chaque année au profit des industriels et des GMS.

Année	Consommation journalière de pain par habitant (en grammes)	Nombre de boulangeries-pâtisseries en France
1900	900	Non Communiqué
1920	630	Non Communiqué
1950	325	Non Communiqué
1960	265	Non Communiqué
1965	Non Communiqué	48 400
1970	200	45 460
1980	175	39 000
1990	160	36 500
1995	160	35 000
2000	Non Communiqué	34 000

TABLEAU 2 : CONSOMMATION JOURNALIERE DE PAIN ET NOMBRE DE BOULANGERIES EN FRANCE (d'après [3])

Le nombre de boulangeries a baissé de façon significative, passant d'environ 48 000 en 1965 à 34 000 en 2000. Cette diminution semble toutefois s'être stabilisée.

3.1.2. le développement des chaînes d'enseigne

En 1980, on a assisté au développement de chaînes intégrées de boulangerie : les chaînes d'enseigne. A l'initiative de meuniers qui souhaitaient concevoir des farines de haute qualité pour les artisans boulangers, a ainsi été créé le groupement Unimie, à l'origine de la farine et de la marque Banette⁴⁹.

Banette est aujourd'hui le leader du marché de la boulangerie artisanale avec 11% du marché et 3200 enseignes sur près de 34000 boulangeries artisanales [9]. Au total, les chaînes d'enseigne fédèrent près de 9000 artisans boulangers.

3.2. La boulangerie industrielle

En 1999, d'après l'ANMF, l'activité industrielle représente plus de 21% du marché national du pain, avec un CA de 12 milliards de francs dont 10% réalisés à l'export [9].

En 2001, d'après le SNIBP (Syndicat National des Industries de Boulangerie et de Pâtisserie) et le GITE (Groupement Indépendant des Terminaux de Cuisson), elle représente 22% du marché national du pain, avec un CA de 15 milliards de francs dont 20% réalisés à l'exportation [3, 9]. L'effectif s'élève à près de 20 000 salariés.

D'après le SNIBP, le GITE et [9], il existe à cette même date plus de 200 entreprises et 350 sites de production en France.

⁴⁹ Depuis 1989, la farine Banette est certifiée label rouge.

Le leader est Harry's (appartenant au groupe belge Artal), qui détient 58% du marché du pain préemballé et 26% du marché de la viennoiserie (derrière les brioches Pasquier). Ensuite vient Jacquet avec 25% du marché. En tout, une douzaine d'industriels dominent le marché de la boulangerie industrielle, dont Panavi (Neuhauser), Sofrapain, Bridor (groupe Le Duff), Unilever (Astra Calvé) et bien sûr Jacquet et Harry's [9].

Au départ, les clients de cette production industrielle ont été principalement la grande distribution. Mais celle-ci a ensuite fabriqué elle-même ses produits dans ses hypermarchés. Cela a entraîné une période de récession pour la profession.

Toutefois, les supermarchés installent aujourd'hui de plus en plus de terminaux de cuisson, approvisionnés en pâtons crûs ou précuits, frais ou surgelés [9]. D'après le SNIBP, le GITE et [9], les GMS représentent ainsi actuellement 60% de la clientèle (en CA) des industriels. La restauration collective représente 23%: restaurants d'entreprise, lycées, administration, chaînes hôtelières. La vente directe au consommateur dans les terminaux de cuisson représente 12%, et les artisans 5%.

Les baguettes 200 ou 250 g et les pains 400 ou 500 g constituent les fabrications les plus importantes. Certaines entreprises se sont spécialisées dans ce type de pains, qui peuvent constituer 90% de leur production [9].

A l'échelle européenne, la France est leader dans le domaine de la boulangerie industrielle, essentiellement pour des raisons culturelles mais aussi grâce à son importante quantité d'hypermarchés.

3.3. Les GMS (Grandes et Moyennes Surfaces)

Les GMS ont longtemps été le premier client des industries de panification, avant de créer elles-mêmes en 1980 leurs propres circuits de production. Aujourd'hui, les GMS représentent encore néanmoins 60% du CA de l'industrie, bien que la moitié des magasins soient équipés de leur propre matériel de fabrication [9]. Elles constituent également près de 8% de la part de marché national de la panification, ce chiffre progressant chaque année [10].

De fait, on observe deux grandes tendances dans les magasins de GMS : la fabrication intégrée ou le recours au surgelé et au terminal de cuisson. La fabrication intégrée nécessite des volumes de production suffisants pour éviter un prix de revient trop important⁵⁰ : la fabrication intégrale des pains ne se fait que dans les supermarchés de 1500 à 2500 m².

Au cours des prochaines décennies, la forte progression des parts de marché des GMS en boulangerie devrait se poursuivre, avec toutefois le renforcement de la concurrence par les réseaux de points de vente [14].

3.4. Le marché du pain précuit surgelé

Les exigences croissantes de la clientèle et la pression de la grande distribution ont fait évoluer les impératifs de la panification : il faut désormais être capable de fournir un pain frais proche de la qualité artisanale, quelle que soit l'heure de la journée. Or l'inconvénient majeur de la fabrication artisanale de pain est justement de n'autoriser que peu de flexibilité horaire : temps de fabrication long (4 à 5 heures), mauvaise conservation des qualités organoleptiques du produit, productivité faible.

Cela a entraîné le développement de technologies industrielles fondées sur la fabrication de produits intermédiaires et sur la surgélation, afin de pouvoir offrir un produit frais à toute heure de la journée. Accusées de dénaturer le pain, ces technologies s'orientent maintenant vers la recherche d'un goût plus authentique et une simplification de la liste des ingrédients et des additifs. Cela correspond de plus à l'attente du consommateur, qui espère aujourd'hui un pain ayant du goût, à longue conservation et bénéfique pour la santé (produit sans additif).

Née en France au début des années 1990, la technique du pain précuit surgelé s'est développée jusqu'à occuper aujourd'hui plus de 4% du marché national du pain [17]. Elle a souffert d'une mauvaise réputation avec le développement des GMS. En effet, les GMS ont créé dans les années 80, avant que n'existe le précuit surgelé, leur propres circuits de fabrication, à base de pâte crue surgelée. Privilégiant la restriction des coûts au détriment de la qualité, ils ont conduit à la diffusion de produits de qualité médiocre à très bas prix.

L'apparition du précuit surgelé a entraîné une confusion dans l'esprit des consommateurs, qui ont confondu les deux techniques de fabrication, pourtant très différentes l'une de l'autre⁵¹.

La technologie du précuit surgelé a été créée par des boulangers : initialement artisans, ceux-ci ont appris à travailler de façon industrielle la pâte, puis à la surgeler crue, puis à la surgeler cuite. Le coût de fabrication du surgelé précuit est supérieur de 20% à celui du surgelé cru mais il répond à une demande de la clientèle, notamment des restaurateurs, pour un produit facile et rapide d'utilisation. Ce concept permet de s'adapter à une clientèle fluctuante tout au long de la journée. Ainsi, le précuit surgelé a connu un succès considérable dans le Sud de la France, en raison de l'afflux touristique, avant de s'étendre à tout le territoire national [17].

Les principaux acteurs sur le marché du pain surgelé en France sont Sofrapain (appartenant au britannique RHM Rank Hovis Mac Dougall), Panavi (filiale du groupe Neuhauser) et Astra Calvé (filiale du groupe Unilever).

⁵⁰ Il s'agit d'amortir le matériel et les horaires de travail du personnel de production.

DEUXIEME PARTIE : LA FABRICATION DU PAIN

De façon à mieux comprendre les chapitres suivants, nous rappellerons au préalable brièvement quelle est la composition du pain, et quel rôle joue chacun des ingrédients, et notamment les levures, dans le processus de panification.

Dans un second temps, nous détaillerons les phases standards du processus de panification, qu'il soit artisanal ou industriel.

Enfin, dans un troisième temps, nous nous intéresserons plus particulièrement à un procédé industriel de fabrication qui sera la base de l'étude HACCP réalisée dans la troisième partie de cet ouvrage: le cas particulier du pain précuit surgelé.

I. LA COMPOSITION DU PAIN

Le pain se compose principalement de farine, d'eau, de levure et de sel. Sur une base 100 de farine, la proportion d'eau est de 60, de levure 2,5, de sel de 2,2 (voir figure 12) [13]. Des améliorants sont rajoutés afin de faciliter la levée de la pâte et de compenser la brièveté des temps d'*appoint* et de *pointage*, devenus très courts dans les procédés de fabrication actuels.

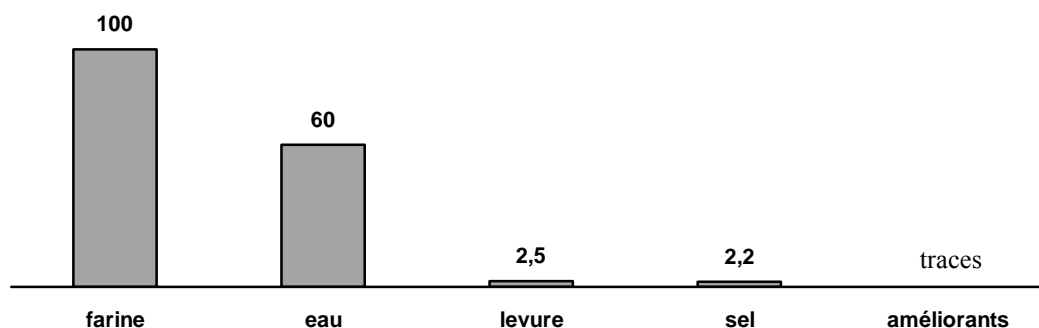


FIGURE 12 : COMPOSITION DU PAIN (D'APRES [13])

Le pain se compose principalement de farine, d'eau, de levure et de sel.
Les ingrédients sont exprimés en fonction d'une base 100 de farine.

1. LA FARINE

La farine est le constituant principal du pain. Elle se compose de 70 à 80% d'amidon, de 9 à 15% de protéines et de moins de 2% de matières grasses (voir figure 13) [5].

⁵¹ Le précuit surgelé se caractérise, entre autre, par une durée de fermentation très supérieure à celle du cru surgelé et par un process poursuivi jusqu'à la mi-cuisson, ce qui permet de diminuer le temps de cuisson final.

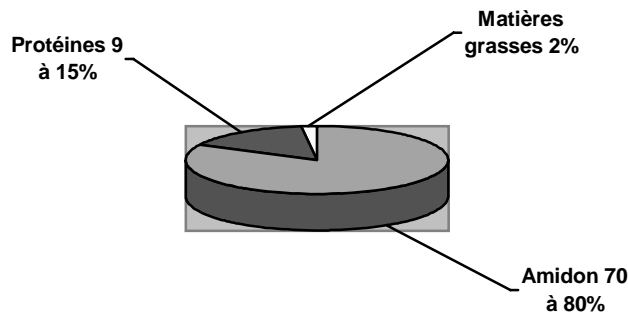


FIGURE 13 : COMPOSITION DE LA FARINE, CONSTITUANT PRINCIPAL DU PAIN (D'APRES [18])

La farine se compose majoritairement d'amidon qui servira de substrat aux enzymes et à la levure.

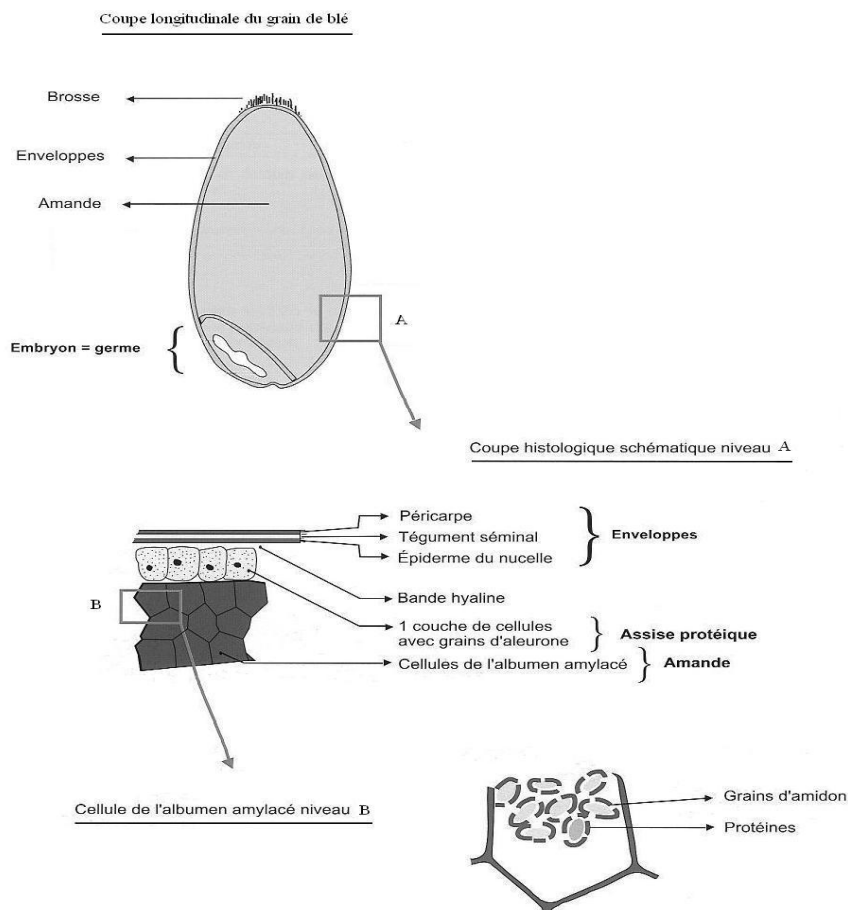


FIGURE 14 : COUPE LONGITUDINALE ET COUPE HISTOLOGIQUE D'UN GRAIN DE BLE (d'après [5])

La farine provient de l'amande. L'amande est composée de cellules de l'albumen amylicé, qui contiennent des granules d'amidon. La farine est ainsi composée de 70 à 80% d'amidon

La farine provient du broyage du grain de blé, plus exactement de sa partie centrale : l'amande (voir figure 14). L'amande est composée d'un agglomérat de cellules, appelées cellules de l'albumen amylicé, qui contiennent les granules d'amidon.

1.1. L'amidon

L'amidon contenu dans la farine sert de substrat aux propres enzymes de celle-ci et à la levure. Le broyage du grain de blé (ou *mouture*) a pour but d'endommager une petite quantité de granules d'amidon, ce qui permettra ensuite l'action des amylases. Celles-ci, présentes à l'état naturel dans la farine, sont activées lors de l'ajout d'eau (étape de *frasage*⁵²) : elles découpent les chaînes d'amidon en maltose. C'est l'étape d'*autolyse*⁵³ (voir Figure 15). Les amylases ne peuvent intervenir que lorsque l'amidon est préalablement endommagé.

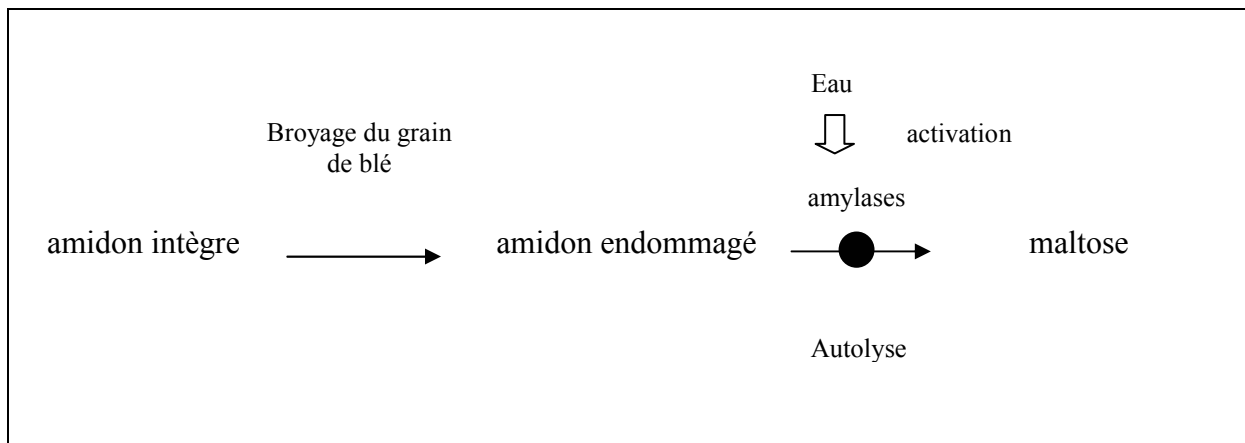


FIGURE 15 : TRANSFORMATION DE L'AMIDON EN MALTOSE

Grâce aux actions successives et complémentaires du broyage et de l'apport d'eau, les amylases contenues dans la farine transforment les chaînes d'amidon en maltose

1.2. Les protéines

80 à 85% des protéines de la farine sont insolubles dans l'eau et constitueront le gluten⁵⁴ au cours du pétrissage. Les 15 à 20% restant se solubiliseront dans l'eau ajoutée lors du frasage.

⁵² Le frasage est la première phase du processus de panification, pendant laquelle on mélange la farine et l'eau.

⁵³ L'autolyse est le temps de repos consécutif au frasage, durant lequel les amylases contenues dans la farine sont activées par l'apport d'eau.

⁵⁴ Le gluten est un amas protéique insoluble dans l'eau, qui forme un réseau tridimensionnel imperméable, capable de retenir le gaz carbonique et de s'étirer sous sa pression. Il est à l'origine de la structure et de la texture alvéolée du pain.

1.3. Les matières grasses

Les matières grasses joueront un rôle important dans la cohésion et les propriétés du gluten.

2. L'EAU

L'eau est le deuxième constituant principal du pain. Elle a 3 rôles majeurs : elle sert tout d'abord d'activateur pour les amylases contenues dans la farine. En parallèle, elle provoque l'agglomération des protéines non hydrosolubles de la farine, qui forment alors le gluten. Enfin, une partie de l'eau ne se lie ni au gluten ni à l'amidon mais agit comme lubrifiant lors du pétrissage.

L'eau doit être suffisamment dure car les minéraux (sels de calcium) participent au renforcement du *gluten*. Une eau trop douce donne des pâtes collantes qui relâchent [5].

De même, un excès d'eau rend la pâte anormalement humide et collante, celle-ci perdant alors de sa consistance [5].

3. LA LEVURE ET LE LEVAIN

3.1. Le levain

3.1.1. le levain naturel

Initialement, les boulangers utilisaient du *levain naturel* pour fabriquer le pain. Le *levain naturel* est un mélange de farine et d'eau que l'on laisse fermenter 30 à 40 heures et dans lequel se développe une flore multiple. Après quelques jours, on « repique » une partie du levain dans un nouveau mélange de farine et d'eau.

Le problème est que la production de ce levain est très aléatoire. En raison de la compétition entre les bactéries utiles et les autres, sa production peut varier énormément : si les bactéries sauvages deviennent dominantes, cela rend la fermentation incontrôlable, avec une faible acidification et des *flaveurs*⁵⁵ indésirables [2, 5].

3.1.2. le levain pur

On a donc cherché à isoler des cultures bactériennes pures issues de levain : un exemple de ces *levains purs* est le *levain lactique*. Dans le *levain lactique*, souche quasiment pure de Lactobacilles, la concentration importante en Lactobacilles rend impossible la colonisation par d'autres bactéries. Cela permet la production en quantité constante d'un levain uniforme,

en 12 heures de fermentation et sans repiquage. Cela assure également la répétabilité de ses caractéristiques technologiques et organoleptiques.

L'utilisation de ferments lactiques a permis l'industrialisation du concept levain (sous forme pâteuse ou liquide). L'intérêt d'utiliser des cultures pures pour ensemercer les farines est d'assurer une qualité constante du pain.

Selon le type de Lactobacilles, la *flaveur* du produit fini, résultant du développement des acides et des composés aromatiques, peut être très différente. Ainsi, les Lactobacilles homofermentaires vont générer de l'acide citrique, alors que les Lactobacilles hétérofermentaires vont générer de l'acide lactique et de l'acide acétique.

3.2. La levure

3.2.1. l'origine de la levure

La levure de boulangerie est pour sa part issue de la multiplication d'une cellule de la souche sélectionnée *Saccharomyces cerevisiae*. En 48 heures, à partir d'une seule cellule, placée sur un milieu nutritif suffisamment riche, on peut obtenir 500g de levure et passer ensuite à la production industrielle [5].

3.2.2. le mode de vie de la levure

La levure de boulangerie a des modes de vie très différents selon l'oxygénation du milieu.

3.2.2.1. le mode fermentaire

En l'absence ou en présence faible d'oxygène, la levure fonctionne selon le mode fermentaire (voir figure 16). Cette réaction est à la base de la fermentation panair. La levure fermente tout d'abord les sucres directement assimilables présents dans la farine, puis le maltose, issu de la lyse de l'amidon par les amylases.

La levure transforme le glucose, formé au cours de l'*autolyse* à partir de la farine, en gaz carbonique et en alcool. Le CO₂ ainsi généré provoque la levée de la pâte. L'alcool et les produits issus en quantité très faible d'autres fermentations contribuent à la création du goût et de l'arôme du pain.

⁵⁵ Double sensation de l'odeur et du goût

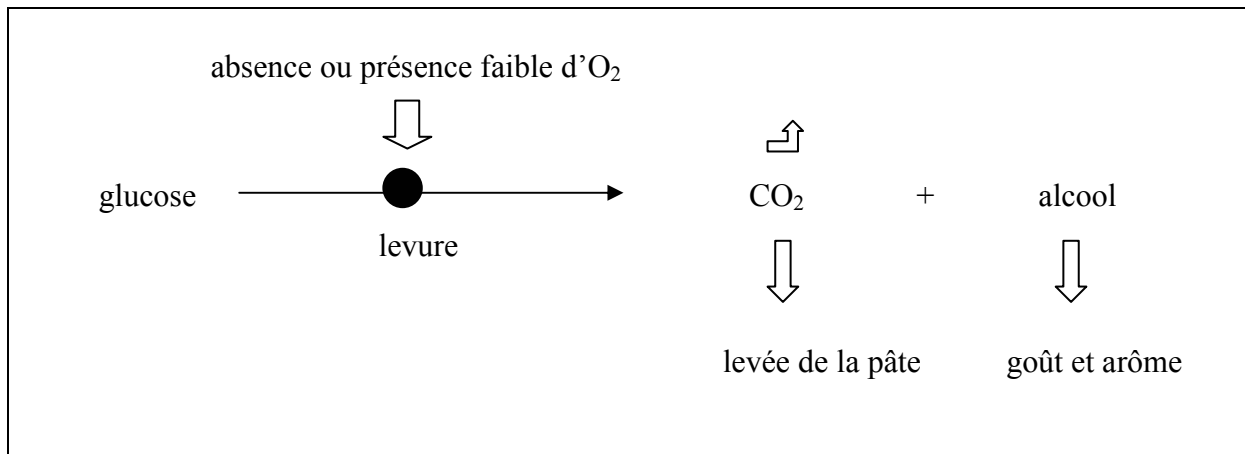


FIGURE 16 : MODE FERMENTAIRE DE LA LEVURE

En absence d'oxygène ou en sa présence très faible, la levure agit selon le mode fermentaire. A partir de glucose, elle génère du gaz carbonique, responsable de la levée de la pâte et de l'alcool, à l'origine du goût et de l'arôme.

Une grande partie de ces composés, dont la totalité de l'alcool, s'évapore à la cuisson.

3.2.2.2.le mode respiratoire

En présence d'oxygène, son mode de vie est de type respiratoire, avec production d'une grande quantité d'énergie (voir figure 17). La levure se multiplie abondamment, alors qu'elle ne se multiplie pratiquement pas en absence d'oxygène.

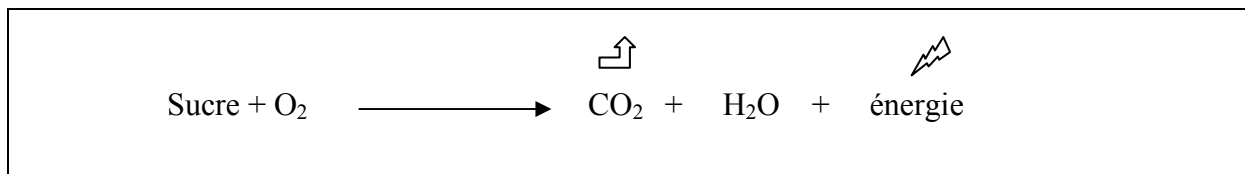


FIGURE 17 : MODE RESPIRATOIRE DE LA LEVURE

En présence d'oxygène, la levure agit selon le mode respiratoire, avec production d'une grande quantité d'énergie.

3.2.3.le rôle de la levure: la fermentation du pain

La fermentation commence dès que la levure entre en contact avec le mélange farine et eau et se poursuit jusqu'à la cuisson [5].

On distingue deux fermentations : la fermentation en cuve, ou *pointage*, ou *piquage*, qui a lieu pendant le *pétrissage ss*, et qui correspond au contact entre la levure et le mélange farine/eau, et la fermentation en étuve, ou *apprêt*, qui a lieu dans les pâtons après le façonnage.

3.2.4.les facteurs de variation de l'activité de la levure

De nombreux facteurs modifient l'activité de la levure.

3.2.4.1.l'incidence de la température

La température joue un rôle important sur l'activité de la levure : la vitesse de fermentation s'accroît avec la température. A 4°C, la fermentation est quasiment bloquée. Elle est maximale entre 22 et 25°C. Elle est fortement ralentie à 45°C. A 55°C, la levure est tuée et par conséquent la fermentation stoppée[5].

3.2.4.2.l'incidence des autres ingrédients

Le sucre ajouté en faible concentration augmente l'activité de la levure.

Inversement, une concentration élevée de sucre ou de sel la ralentit. De même, les propionates, agents antimoisissures utilisés par exemple pour favoriser la conservation les pains de mie préemballés, inhibent la fermentation [5].

4. LE SEL

Le sel joue deux rôles : un rôle gustatif en apportant la saveur et un rôle technologique en améliorant les qualités mécaniques de la pâte ainsi que la coloration et la conservation du pain (voir figure 18). Incorporé en début de pétrissage, il freine l'oxydation au cours du pétrissage et donc préserve mieux le goût du pain.

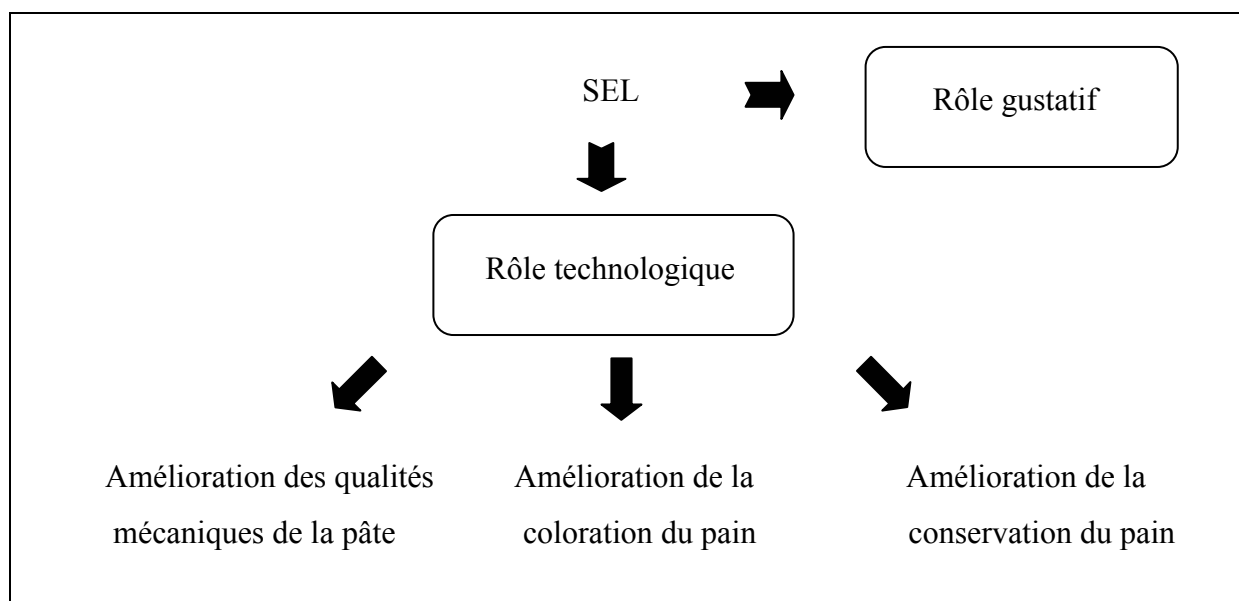


FIGURE 18 : ROLE DU SEL DANS LA PANIFICATION

Le sel joue deux rôles : un rôle gustatif en apportant la saveur et un rôle technologique en améliorant les qualités mécaniques de la pâte, ainsi que la coloration et la conservation du pain.

5. LES ADJUVANTS [8]

Ils ont un rôle technologique, en améliorant certaines réactions du processus de panification. De nombreux *adjuvants* sont employés pour la fabrication du pain (voir figure 19).

Parmi les *adjuvants* les plus utilisés figurent les amylases fongiques ou le malt de blé, qui régularisent la fermentation et la coloration à la cuisson. Ils sont utilisés lorsque l'action des amylases de la farine n'est pas suffisante.

L'acide ascorbique, la farine de fève ou la farine de soja, quant à eux, améliorent la résistance du *gluten*.

Enfin, la lécithine de soja est un émulsifiant qui facilite le travail mécanique de la pâte [5].

Une réglementation complexe existe sur l'utilisation des adjuvants en panification : la liste des *additifs* autorisés varie en fonction du type de pain fabriqué (pain maison, pain au levain, etc.).

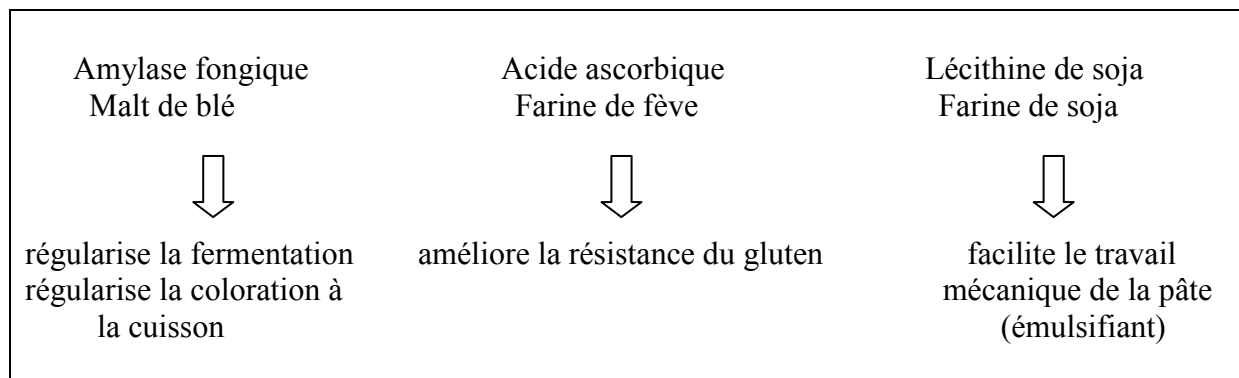


FIGURE 19 :ROLE DES ADJUVANTS DANS LA PANIFICATION

Parmi les adjuvants les plus utilisés figurent les amylases fongiques, le malt de blé, l'acide ascorbique, la farine de fève, la farine ou la lécithine de soja

II. LES ETAPES DE LA PANIFICATION

Dans cette partie, nous exposerons de façon schématique les phases clés du processus de panification, communes aux techniques artisanale et industrielle.

A partir de ce schéma de base, chaque boulanger, qu'il soit artisanal ou industriel, peut adapter à sa guise le procédé de fabrication du pain. Ainsi, les principales étapes de la fabrication du pain, peuvent varier énormément selon la technique choisie. Une multitude d'options sont envisageables, selon les ingrédients et le matériel utilisés et les paramètres technologiques sélectionnés. Ces points varient également en fonction du type de pain fabriqué.

Les étapes de fabrication décrites ci-dessous concernent le pain blanc (voir figures 20 et 21). Elles sont globalement similaires pour les pains spéciaux, les différences survenant au niveau des ingrédients et des paramètres technologiques (durée et température de cuisson, d'étuvage, de surgélation). Les ingrédients spécifiques des pains spéciaux (romarin, olives, noix) sont rajoutés en fin de *pétrissage*. La décoration est effectuée après le *façonnage* (décoration maïs, pavot), à la *dépose*, juste avant l'entrée dans l'étuve.

1. LE STOCKAGE, LE DOSAGE ET L'ALIMENTATION DES INGREDIENTS

Le stockage des matières premières doit se faire dans un local sec à température ambiante, sauf pour la levure qui est entreposée dans une chambre froide à 4°C.

Le dosage correspond à la pesée individuelle de chacun des ingrédients.

L'alimentation consiste en leur acheminement vers le pétrin.

2. LE PETRISSAGE (SENS LARGE)

Le pétrissage au sens large correspond au mélange et au malaxage des ingrédients [5]. Il comprend trois phases : le frassage, l'autolyse et le pétrissage au sens strict (voir figure 21).

2.1. Le frassage

Le frassage correspond au mélange de l'eau et de la farine [5]. Il s'effectue dans un pétrin, cuve en inox mobile autour de bras fixes, ce qui assure le malaxage des ingrédients.

Lors du frassage, le pétrin tourne à vitesse lente⁵⁶. Au contact de l'eau, les protéines non hydrosolubles commencent à s'agglomérer entre elles pour former le gluten.

⁵⁶ Il s'agit de la vitesse de rotation du pétrin.

2.2. L'autolyse

L'autolyse est un temps de repos consécutif au frasage, pendant lequel apparaît une activité enzymatique [5]. Les amylases de la farine sont activées par l'apport d'eau : elles transforment alors l'amidon en maltose (voir chapitre I.1.1. de cette même partie). Leur action débute dès que la farine est imbibée d'eau et se poursuit jusqu'à la cuisson du pain.

L'action des amylases est complétée par celle de la maltase, qui découpe le maltose en glucose. La formation de maltose à partir de l'amidon doit être suffisante pour que la production ultérieure de gaz carbonique permette d'assurer une levée correcte de la pâte jusqu'à la mise au four.

Lorsque l'action des amylases de la farine n'est pas suffisante, on y remédie en ajoutant soit du malt de blé, soit des préparations enzymatiques (les alpha-amylases fongiques).

En revanche, on sait beaucoup moins bien corriger l'effet d'une trop grande activité amylasique, qui se produit en présence de farines provenant de blés germés. Cela engendre la production excessive de sucres simples, ce qui donne une mie collante et un excès de coloration de la croûte du pain.

Durant l'autolyse, la pâte repose dans le pétrin, qui a cessé de tourner et reste totalement immobile.

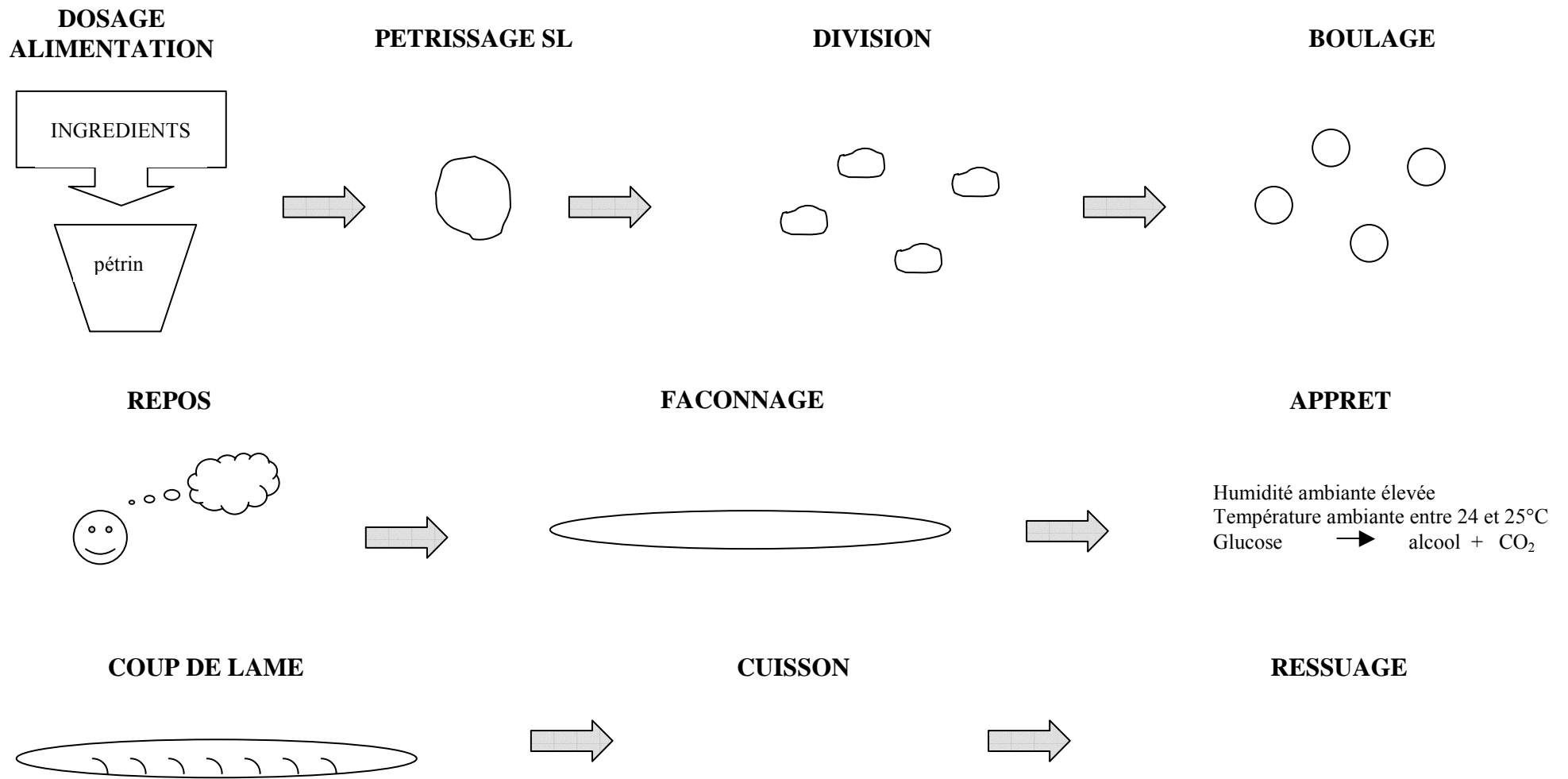


FIGURE 20 : RECAPITULATIF DES ETAPES DU PROCESSUS DE PANIFICATION

Les étapes décrites ci-dessus correspondent au schéma de base du processus de panification. Une multitude de déclinaisons sont ensuite envisageables, en fonction des ingrédients, du matériel et des paramètres technologiques utilisés. Après mélange des ingrédients, la pâte est divisée en petits pâtons de poids égaux, qui sont ensuite mis en boule, puis façonnés, après un temps de repos, pour prendre la forme définitive du pain. Après un temps de fermentation (l'apprêt), les pâtons sont scarifiés puis cuits, avant d'être refroidis.

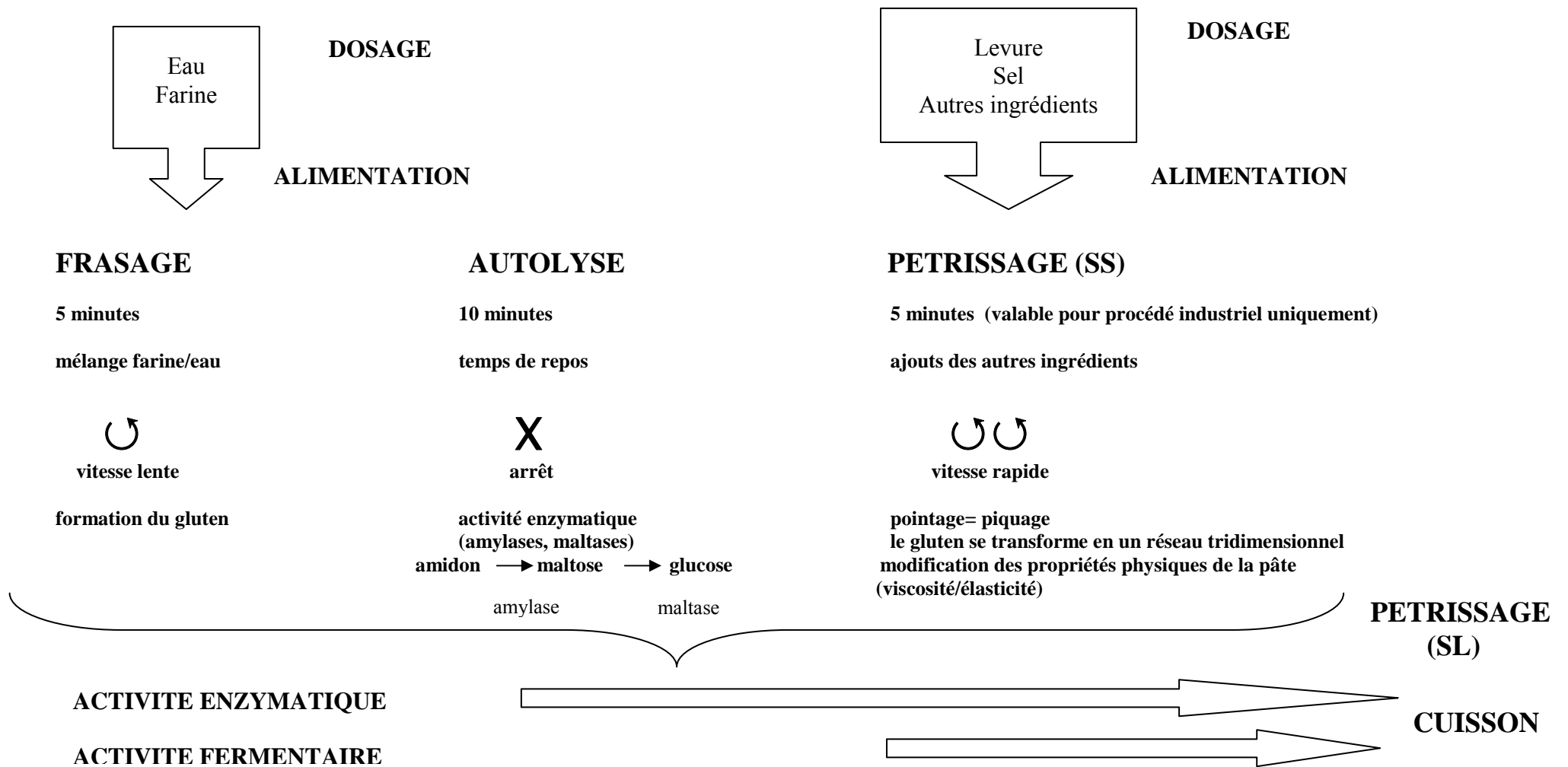


FIGURE 21 : CHRONOLOGIE DES EVENEMENTS AYANT LIEU LORS DU PETRISSAGE SL

Ex . de la baguette 250g. Le pétrissage sl se décompose en 3 phases : le frasage, l'autolyse et le pétrissage ss. Le pétrin alterne successivement une phase de rotation lente, un arrêt puis une phase de rotation rapide. A l'issue du pétrissage, la pâte est prête pour être divisée en pâtons.

2.3. Le pétrissage (sens strict)

Il correspond à l'ajout des autres ingrédients (levure, sel, etc.) dans le mélange farine/eau. Le pétrin recommence à tourner, cette fois-ci à vitesse rapide⁵⁷. Ce malaxage permet d'une part de mélanger correctement les ingrédients et d'autre part joue un rôle dans la maturation du gluten.

2.3.1. la formation d'un réseau tridimensionnel de gluten

Ainsi, sous l'effet du brassage, la structure du gluten se transforme en un réseau tridimensionnel. A la fin du pétrissage, ce réseau est capable de se distendre tout en retenant le gaz carbonique qui sera produit par la levure au cours de la fermentation⁵⁸.

Une partie de l'eau ne se lie ni au gluten ni à l'amidon mais agit comme lubrifiant.

En cas de surpétrissage, la pâte devient anormalement humide et collante et perd de sa consistance [5].

L'autolyse et le pétrissage permettent d'optimiser le développement mécanique de la pâte. Le pétrissage permet notamment un meilleur développement du réseau glutineux.

2.3.2. le pointage = piquage

Le *pointage* ou *piquage* correspond à la toute première fermentation, qui a lieu dès que la levure entre en contact avec le mélange farine et eau.

Le glucose issu de la phase d'autolyse commence dès à présent à être transformé par la levure en gaz carbonique et en alcool.

Pendant le pointage, les propriétés physiques de la pâte (viscosité et élasticité) se modifient, complétant l'action du pétrissage.

3. LA DIVISION ET LE BOULAGE

La *division* consiste à séparer la pâte obtenue après le pétrissage si en petits pâtons de poids égaux, qui donneront chacun un pain.

Ces pâtons sont souvent difformes, c'est pourquoi on cherche ensuite à les rendre sphériques, ce qui facilitera leur *façonnage*. C'est l'étape du *boulage*, qui consiste à faire rouler le pâton sur lui-même jusqu'à ce qu'il prenne une forme sphérique homogène.

⁵⁷ Il s'agit de la vitesse de rotation du pétrin.

⁵⁸ Le blé se caractérise par la capacité de ses protéines à former un réseau extensible et résistant, ce qui permet d'obtenir des pains bien développés et structurés, à la différence des autres céréales.

4. LE REPOS

La *division* et le *boulage* entraînent souvent une perte de souplesse de la pâte. Le repos consiste à laisser reposer les pâtons pendant quelques minutes sans qu'aucun traitement mécanique ne leur soit infligé. Il permet ainsi à la pâte de se détendre et d'être plus apte au façonnage. Pendant le repos, la fermentation continue.

5. LE FAÇONNAGE

Le façonnage correspond à la mise en forme du pain à partir des pâtons.

6. L'APPRET

Durant l'*apprêt*, les pains sont maintenus dans une étuve sans subir aucun traitement mécanique. On optimise la fermentation en maintenant une température constante de 24 à 25°C, et on évite le dessèchement des pâtons, appelé *croûtage*, en assurant une humidité ambiante élevée.

La levure fonctionne alors selon le mode fermentaire et génère ainsi du gaz carbonique et de l'alcool (voir chapitre I.3.2.2. de cette même partie).

7. LE COUP DE LAME

Le coup de lame est une incision pratiquée à la surface du pain, juste avant sa cuisson.

Il est nécessaire pour éviter que le pain ne se déforme et n'éclate sous la violente dilatation du gaz carbonique et de la vapeur d'eau lors de la mise au four. Il crée une zone précise où la pâte se déchirera selon l'orientation désirée. Le pain acquiert ainsi un volume régulier et un développement optimal.

8. LA CUISSON

La cuisson a plusieurs rôles : elle permet de stopper le processus fermentaire, de faire lever le pain et de lui donner sa *flaveur*⁵⁹.

⁵⁹ La flaveur correspond à la double sensation de l'odeur et du goût.

8.1. L'arrêt du processus fermentaire

L'activité de la levure, et par conséquent le processus fermentaire, est fortement ralentie à 45°C. Lorsque la température atteint les 55°C, la levure est détruite, ce qui stoppe définitivement la fermentation.

8.2. La levée du pain

Dès son introduction dans le four, on observe une augmentation brutale du volume du pain. Cette augmentation de volume a deux origines :

- en raison de l'augmentation de la température, la levure produit du gaz carbonique de façon accélérée, jusqu'à ce qu'elle meurt à 55°C.
- parallèlement, l'augmentation de la chaleur entraîne une dilatation des gaz. Cette brusque augmentation de la pression interne du pain est responsable de l'augmentation de son volume.

Une partie de l'eau et la totalité de l'alcool contenus dans la mie se vaporisent.

La croûte commence à se former vers 90°C, tandis que la vapeur d'eau se répartit dans la mie. La caramélisation commence à se produire vers 110°C.

L'injection de vapeur d'eau sur les pâtons, appelée « *coup de buée* », permet d'obtenir une croûte fine et brillante.

9. LE RESSUAGE

Il s'agit du refroidissement du pain à la sortie du four. Lors de cette étape, le pain perd une quantité non négligeable d'eau⁶⁰.

⁶⁰ Près de 1 à 2% de l'eau qu'il contient initialement.

III. CAS PARTICULIER DU PAIN INDUSTRIEL PRECUIT SURGELE

Dans cette partie, nous allons détailler les particularités du procédé industriel par rapport au processus standard de panification développé en II., dans le cas particulier de la fabrication de pain précuit surgelé. Le procédé industriel se caractérise notamment par l'automatisation des tâches, avec l'utilisation de machines spécifiques., ainsi que par l'informatisation du séquençage du process.

La fabrication de pain précuit surgelé se caractérise par un process particulier, notamment pour les étapes de cuisson et de surgélation, mais respecte globalement les étapes classiques du procédé de panification, évoquées en II.. C'est pourquoi, nous ne détaillerons que les spécificités de ce process.

Ce cas particulier du pain industriel précuit surgelé servira de base à l'étude HACCP menée en 3^{ème} partie.

1. PRINCIPE DU PROCEDE INDUSTRIEL

Dans cette étude, la durée du process est de 4 heures et 45 minutes. Il se caractérise par un processus de *pétrissage* et de *repos* proche d'une technique artisanale⁶¹, par l'utilisation modérée voire absente d'*additifs*, par un travail de la pâte à 25 °C, ainsi que par l'automatisation et l'informatisation de la production. La fabrication du pain est en effet totalement automatisée et la gestion des recettes de fabrication est informatique, grâce à un logiciel connecté aux automates. La coordination des automates est assurée par un superviseur relié à un PC principal, qui stocke l'ensemble des informations.

Les principaux ingrédients utilisés pour la fabrication de ce pain sont de la farine type 55⁶², du sel, de la levure, de l'eau, du *levain*, du *gluten* et un améliorant de la coagulation et de la fermentation.

2. PRINCIPE DE LA FABRICATION DU PAIN PRECUIT SURGELE

La fabrication de pain précuit surgelé se caractérise par un process particulier, durant lequel une brusque augmentation de la température permet la coagulation du gluten, l'arrêt de la fermentation et la production de gaz carbonique, sans provoquer le début de la cuisson. La coagulation à cœur du *gluten* a lieu, sans formation de croûte. Le pain atteint alors sa taille

⁶¹ Temps beaucoup plus longs que pour la plupart des autres procédés industriels

⁶² Le classement 55 est réglementaire et correspond au taux de cendres contenu dans la farine (ici entre 0,5 et 0,6%) : il conditionne la qualité de la farine [11].

optimale. C'est à ce moment qu'on lui fait subir un choc thermique, par refroidissement lent puis surgélation.

Le produit sera alors expédié surgelé au client et la cuisson finale (d'une durée de 20 minutes) aura lieu sur le point de vente, ce qui donnera au produit la sensation d'un pain frais à toute heure.

3. LES ETAPES DE FABRICATION DU PAIN PRECUIT SURGELE

Le process suit globalement la même chronologie que celle d'un process standard de panification, comme décrit dans le chapitre II. La différence réside surtout dans la durée des étapes et dans les paramètres technologiques utilisés, qui varient selon le produit fabriqué et le degré d'automatisation de la ligne de fabrication.

L'étude réalisée ci-après concerne la fabrication d'une baguette 250g sur une ligne automatisée. Les figures 22 et 23 illustrent de façon simplifiée l'enchaînement des différentes étapes du process.

Dans le procédé industriel, où l'utilisation de l'espace et la gestion du temps doivent être optimaux, les machines sont disposées de telle façon que le cheminement du pâton soit le plus aisé et le plus court possible, et ne nécessite qu'un minimum d'acheminement et de manipulation. Le transfert entre les différents appareils se fait grâce à des tapis de transfert. Le farinage régulier des pâtons au cours de leur acheminement permet d'éviter qu'ils ne collent au tapis ni entre eux.

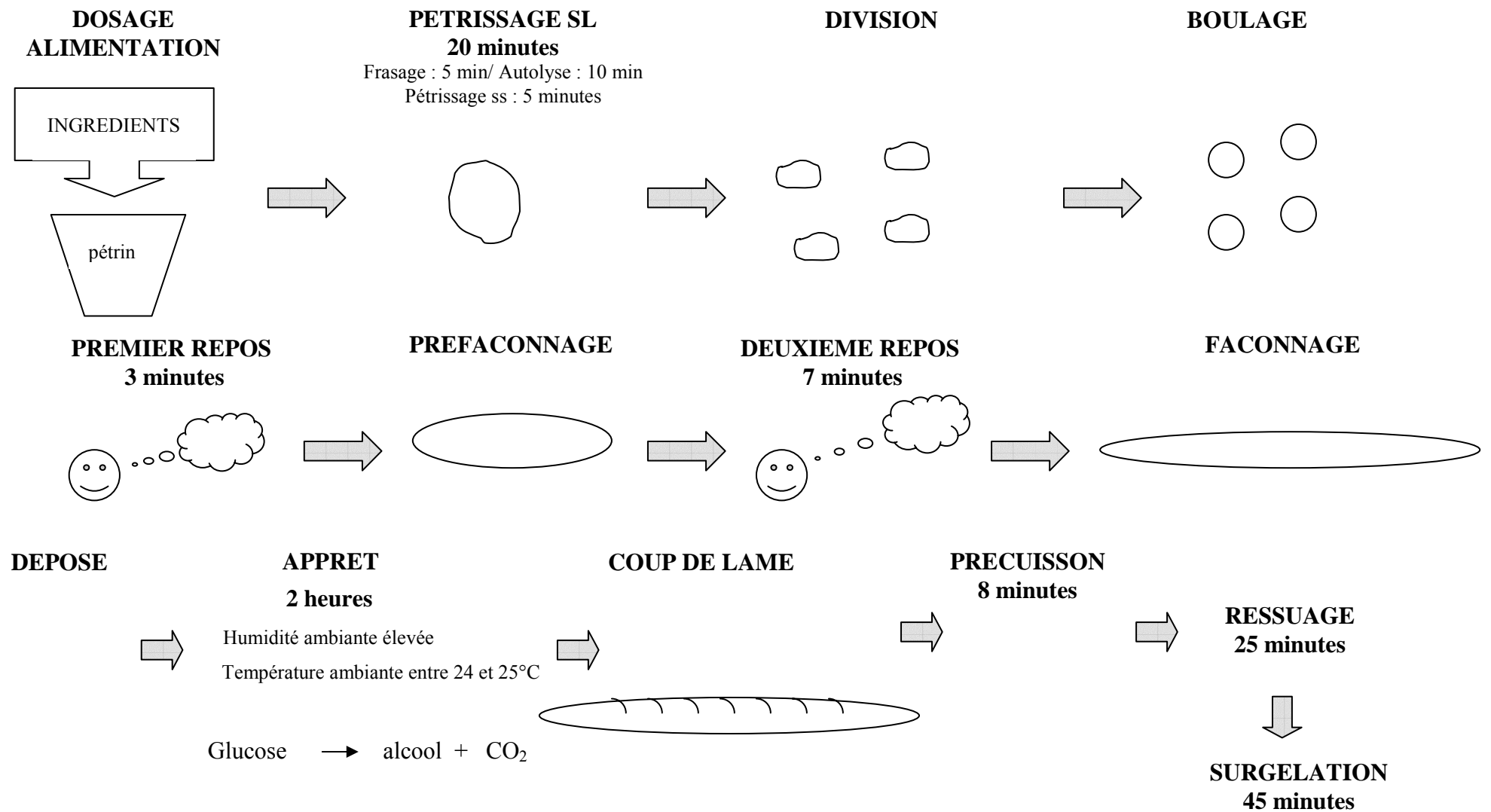


FIGURE 22 : LES ETAPES DE LA FABRICATION DU PAIN INDUSTRIEL PRECUIIT SURGELE (CAS DE LA BAGUETTE 250G)

Durée totale du process : 4 heures et 30 minutes. Durée de la cuisson finale au point de vente : 20 minutes.

Le process industriel suit globalement la même chronologie que celle d'un process standard de panification. La différence réside surtout dans la durée des étapes et dans les paramètres technologiques utilisés. Dans le cas du pain précuit surgelé, on observe des particularités, notamment lors des étapes de cuisson et de surgélation.

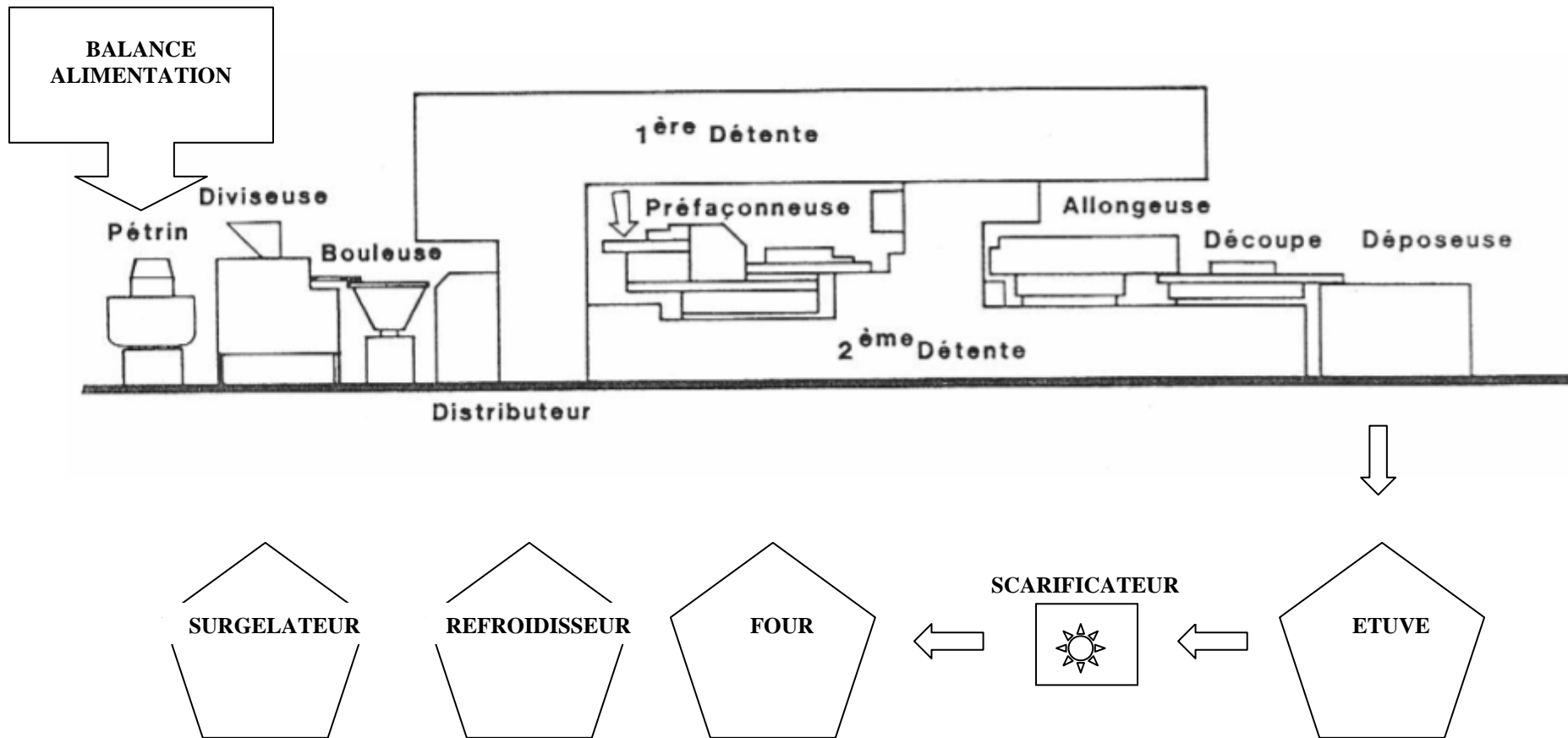


FIGURE 23 : APPAREILLAGE UTILISE POUR LA FABRICATION DE PAIN INDUSTRIEL PRECUIT SURGELE

Les machines sont disposées de telle façon que le cheminement du pâton soit le plus aisé possible et ne nécessite qu'un minimum de manipulation. Le transfert entre les différents appareils se fait grâce à des tapis de transfert. Le farinage régulier des pâtons au cours de leur acheminement permet d'éviter qu'ils ne collent au tapis ni entre eux.

3.1. Le stockage, le dosage et l'alimentation

Le *dosage* est automatique, grâce à un superviseur informatique qui commande les automates de pesée, à partir des recettes de fabrication préenregistrées dans le logiciel.

L'*alimentation* se fait également de façon automatique par le biais de ce même logiciel. Celui-ci est connecté aux automates de fabrication et à un système de tuyauteries reliant les silos – où est stockée la farine - et les trémies de stockage – ou sont stockés les autres ingrédients - aux pétrins.

Les trémies de stockage sont remplies périodiquement par le Surveillant de Ligne : lorsqu'elles sont presque vides, un voyant lumineux s'allume dans la salle de fabrication.

Idéalement, les bacs de dosage sont situés à l'intérieur de la chambre froide ce qui permet de mettre en œuvre la levure à température optimale, à savoir environ 7°C. La chambre froide est pourvue d'un thermostat, qui maintient la température constante, et d'une alarme, qui signale tout dépassement important des valeurs limites de température (0 ou 10°C).

La température de l'eau lors du *dosage* est également maîtrisée, ce qui permet d'assurer une température de pâte de 25°C, température idéale pour le développement des levures.

3.2. Le pétrissage

3.2.1. le frasage

Le pétrin, où a lieu le *frasage*, fait partie d'un carrousel (voir figure 24). Le carrousel est un système mobile, sur lequel évoluent plusieurs pétrins. Il peut être doté de 5 à 8 cuves mobiles. A un instant t, chaque cuve est à une étape différente du process : pendant que l'une en est à l'étape d'*alimentation*, une autre en sera au *frasage*, une autre au *pétrissage*, etc. Cela permet une alimentation quasi continue des machines en aval, à savoir la trémie et la diviseuse.

Le carrousel fonctionne automatiquement, géré par le logiciel informatique. Son bon fonctionnement est surveillé par le Chef de Fabrication et par Le Surveillant de Ligne, posté à la *dépose*.

Chaque pétrin peut contenir jusqu'à 120 kilos de pâte, à l'origine de la fabrication de près de 400 baguettes.

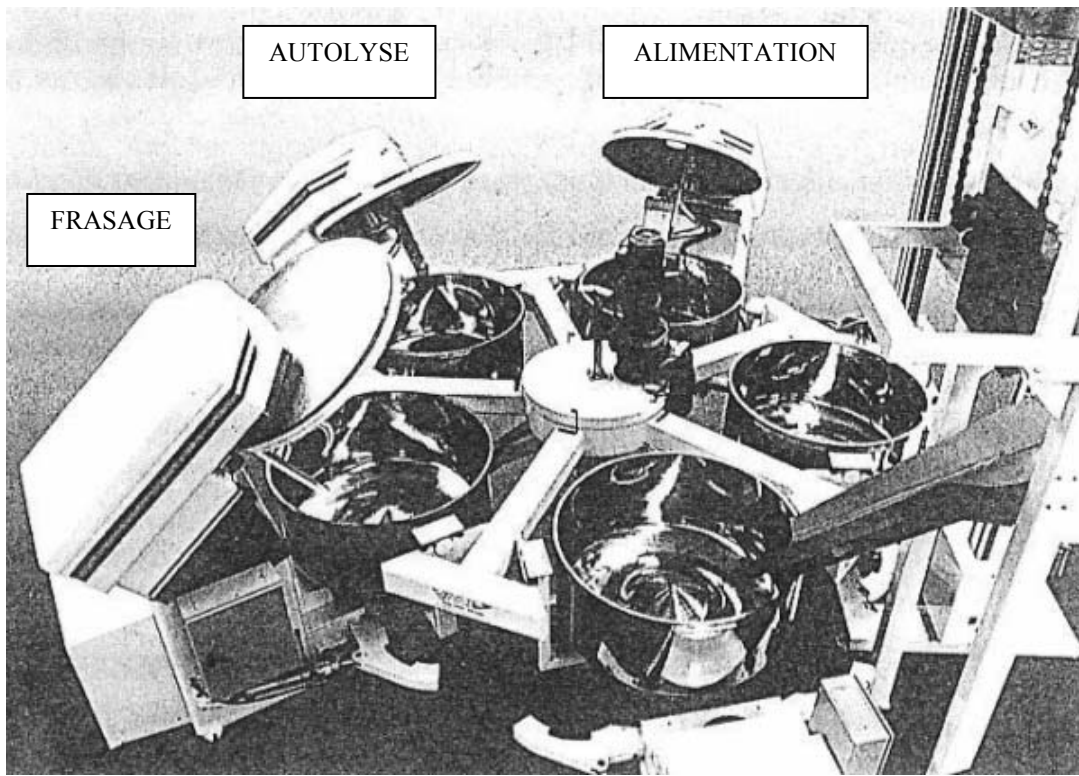


FIGURE 24 : FONCTIONNEMENT D'UN CARROUSEL DE 5 PÉTRINS (d'après [6])
 Le positionnement du pétrin sur le carrousel détermine quelle étape (alimentation, frassage, autolyse) il subit. Les pétrins pivotent les uns par rapport aux autres autour d'un axe central de façon à ce que chaque pétrin suive toutes les étapes selon la bonne chronologie

3.2.2.l'autolyse

Dans les procédés industriels, cette étape est généralement rendue la plus courte possible, afin d'améliorer la productivité. Dans le cas de cette étude, elle dure environ 10 minutes.

3.2.3.le pétrissage ss

Il est également relativement bref. Dans le cas de cette étude, il dure 5 minutes.

3.3. La division

Une fois que la pâte est apte à être travaillée, le contenu du pétrin est transvasé dans une trémie. En général, le pétrin est soulevé par l'intermédiaire d'une crémaillère jusqu'à hauteur de la cuve de la trémie. Un système permet ensuite de le faire basculer et de faire déverser son contenu dans la trémie. La trémie est un appareil qui sépare, à l'aide de mâchoires puissantes, l'énorme masse de 250 kgs de pâte en deux amas de poids égal. Ces deux amas de pâte sont convoyés par un tapis qui se déverse la diviseuse.

La diviseuse va alors sectionner ces masses en petits pâtons cubiques de poids constant et prédéterminé.

Il existe différents types de diviseuses. La plus courante est la diviseuse volumétrique. La division est mécanique, le dosage des pâtons est volumétrique : le volume de la chambre de la diviseuse détermine le poids constant du pâton. Ce volume est réglable. La section se fait grâce à un couteau qui coupe la pâte et à des pistons qui l'aspirent puis la repoussent une fois qu'elle est sectionnée (voir figure 25). Chaque pâton sera à l'origine d'une baguette.

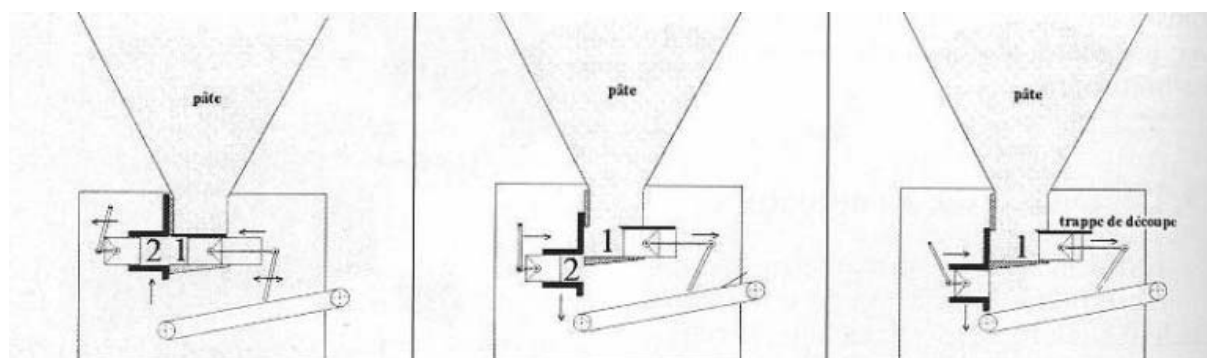


FIGURE 25 : FONCTIONNEMENT D'UNE DIVISEUSE A TIROIRS (d'après [6])

La diviseuse sectionne la pâte issue de la trémie en petits pâtons cubiques. Le dosage est volumétrique.

Chaque pâton sera à l'origine d'une baguette.

1. Le piston 1 avance et, simultanément, le piston 2 recule. Un couteau situé au dessus du piston 1 assure la découpe de la pâte pendant que celui-ci avance. La pâte découpée est ainsi poussée de la chambre 1 vers la chambre 2.
2. Une fois la chambre 2 remplie, le système d'éjection du pâton descend et celui-ci est coupé une deuxième fois. Pendant ce temps, le piston 1 recule et la chambre 1 commence à se remplir de pâte
3. Le piston de la chambre 2 éjecte le pâton sur le tapis de sortie de la diviseuse. La chambre 1 s'est remplie.

3.4. Le boulage

Les pâtons issus de la diviseuse sont acheminés vers la bouleuse grâce à un tapis de transfert. Les pâtons issus de la diviseuse sont le plus souvent cubiques. Sous l'effet de la bouleuse, les pâtons vont devenir sphériques. Il existe plusieurs types de bouleuses. La bouleuse est le plus souvent un appareil cône, autour duquel les pâtons tournent, guidés par une gouttière (voir figure 26).

Suite au boulage et lors du convoyage sur les tapis, de la farine fluide est saupoudrée automatiquement sur les pâtons. Il s'agit du *farinage*, qui se fait à l'aide de tapis farineux. Il permet d'éviter que les pâtons ne collent entre eux et aux tapis.

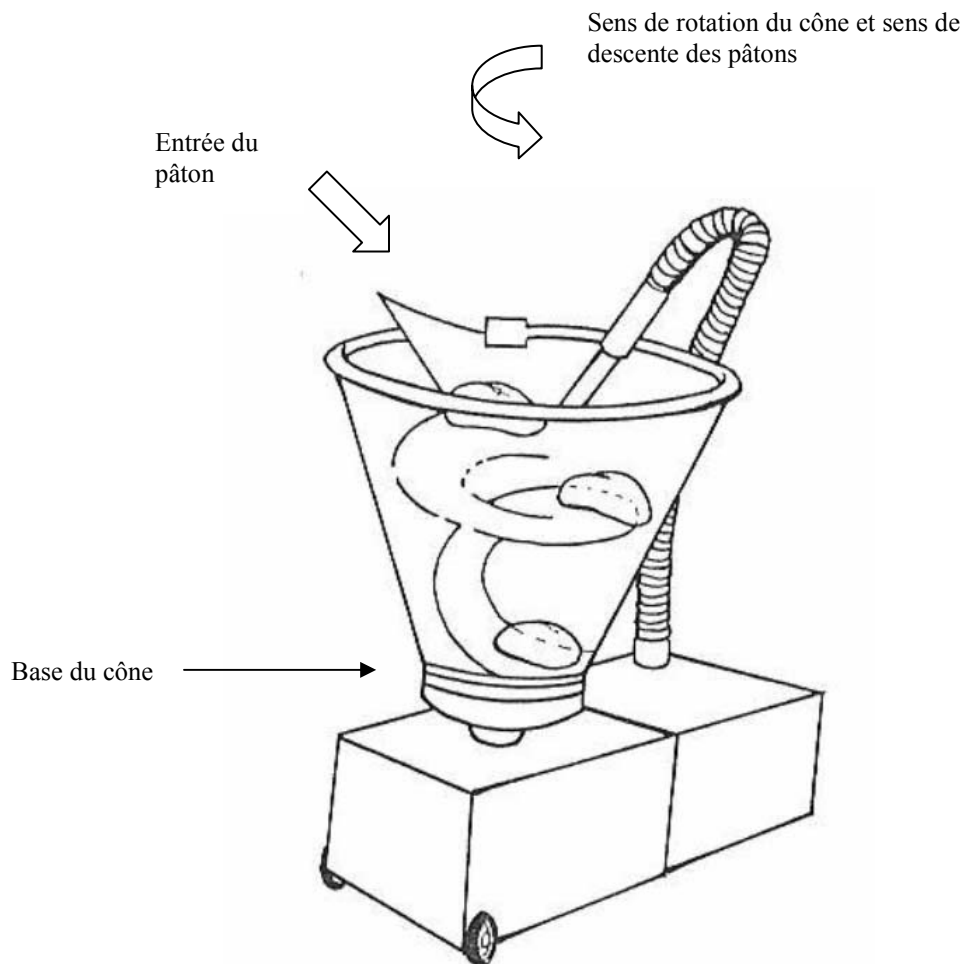


FIGURE 26 : FONCTIONNEMENT D'UNE BOULEUSE TRONCONIQUE (D'APRES [6])

La bouleuse est constituée d'un cône rotatif et d'une goulotte fixe disposée en spirale autour du cône. Le pâton est comprimé entre la partie fixe et la partie mobile. Il tourne sur lui-même et se retrouve entraîné de la base du cône vers son sommet en suivant la pente de la goulotte

3.5. Le premier repos

Des tapis de convoyage transfèrent les pâtons de la bouleuse aux balancelles de repos. Sur le trajet, une trieuse pondérale assortie d'un système d'éjection (piston) permet de vérifier le poids des pâtons et d'éliminer ceux qui sont hors poids. Cela permet, entre autres, de s'assurer du bon réglage de la diviseuse.

La phase de repos se singularise par le fait qu'elle est entrecoupée par une phase de préfaçonnage. Le repos se fait ainsi en deux temps : un premier repos d'une durée d'environ 3 minutes, suivi du préfaçonnage, puis un deuxième repos d'une durée de 7 minutes, et enfin du façonnage.

Le repos se fait à température (maîtrisée) de la salle de fabrication, dans des balancelles, sortes de filets carrés ou rectangulaires en feutrine.

3.6. Le préfaçonnage

A l'issue des 3 minutes de repos, la balancelle bascule et déverse le pàton sur un tapis, qui va acheminer celui-ci sous une presse. Le pàton est alors aplati, comme une « crêpe ». Il passe ensuite dans un *laminoir* où il est enroulé sur lui-même (voir figure 27). C'est le *préfaçonnage*.

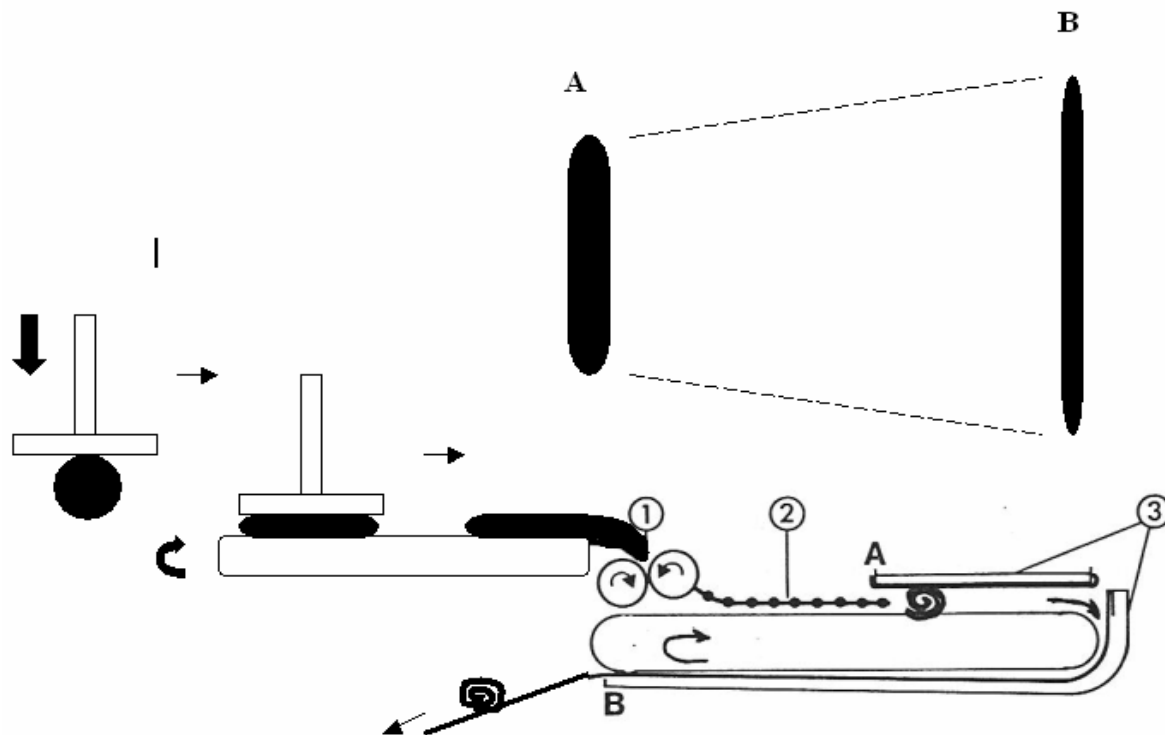


FIGURE 27 : PREFACONNAGE ET FACONNAGE (d'après [6])

Sur ce schéma, les étapes de préfaçonnage (jusqu'à A) et de façonnage (de A à B) sont successives. En réalité, dans le diagramme de fabrication étudié, les deux étapes sont séparées par un temps de repos. Lors du préfaçonnage, le pàton est aplati, comme une « crêpe », par une presse. Il passe ensuite dans un *laminoir* (1 et 2) où il est enroulé sur lui-même. Le pàton entame ensuite la détente, puis le façonnage, pendant lequel il passe sous une série de tapis afin d'atteindre sa forme définitive caractéristique. Il subit ainsi un allongement et éventuellement un découpage.

3.7. Le deuxième repos

Le deuxième repos, d'une durée de 7 minutes, a lieu dans les mêmes conditions et a les mêmes fonctions que le premier repos.

3.8. Le façonnage

Le pàton passe sous une série de tapis afin d'atteindre sa forme définitive caractéristique (baguette, navette, etc.). Il subit ainsi un allongement par l'intermédiaire de tapis qui étirent le cylindre de pâte issu du préfaçonnage. Parfois il subit également un découpage lorsqu'il s'agit de petits produits comme les navettes ou les petits pains. Le découpage se fait à l'aide de

découpeurs, lames en plastique disposées perpendiculairement à l'axe du pàton et du tapis et au travers desquelles passe le pàton.

3.9. La dépose

Les pàtons sont disposés automatiquement sur des filets de cuisson, qui seront ensuite véhiculés vers l'étuve.

Le Surveillant de Ligne, posté au niveau de la dépose, vérifie que les baguettes ont la forme et la longueur voulues et qu'elles sont correctement agencées sur les filets.

Les anomalies de longueur peuvent être dues à un mauvais réglage des tapis d'allongement ou à une trop grande souplesse de la pâte.

Les doubles⁶³ sont dûs à une pâte collante ou à un mauvais réglage de la vitesse de défilement des tapis.

Si besoin est, le Surveillant de Ligne effectue alors les modifications nécessaires sur les machines.

3.10. La fermentation ou apprêt

Les filets, remplis de pains, sont convoyés automatiquement dans l'étuve afin d'y subir la fermentation.

Cette étape dure deux heures, quelque soit le type de pain fabriqué. C'est l'étape la plus longue de tout le process. La température (aux alentours de 25 °C) et l'humidité (environ 75 %) sont maintenues constantes grâce à un thermostat. Une alarme signale tout dépassement important de ces valeurs.

Les filets sont ensuite convoyés automatiquement vers le four.

3.11. La scarification ou coup de lame

La scarification a lieu juste avant l'entrée des pains dans le four. Elle consiste à inciser les pains sur leur dessus, ce qui leur donne leur grigne caractéristique. Elle évite ainsi le déchirement incontrôlé de la croûte et l'éclatement du pain lors de sa prise de volume au cours de la *précuisson*.

La scarification se fait de façon automatique par un scarificateur, cylindre rotatif doté d'autant de lames qu'il y a de baguettes sur un filet. Le scarificateur est situé au dessus des filets, à l'entrée du four. Ainsi, lors de leur entrée dans le four, les filets passent sous les

⁶³ Deux pàtons collés ensemble.

lames, qui tournent : chaque lame incise 6 fois d'affilée la même baguette, ce qui donne ensuite une grigne à 6 entailles sur la baguette.

3.12. La coagulation des glutens ou précuisson

La particularité majeure de ce process réside dans le fait que la cuisson est incomplète – il s'agit en vérité d'une simple coagulation. Il s'agit de la phase physique de cuisson du pain. Elle provoque l'arrêt des réactions enzymatiques et la coagulation du gluten.

La pâte subit une température de 230 °C pendant environ 8 minutes pour la baguette⁶⁴. La température à cœur du produit atteint les 90°C.

3.13. Le refroidissement ou ressuage

Après la cuisson, les filets sont automatiquement convoyés vers le refroidisseur.

Le refroidissement des pains avant la surgélation a pour but d'éviter un apport trop important de chaleur dans le surgélateur. Le pain est refroidi lentement pendant 25 minutes à 20 °C.

3.14. La surgélation

L'autre particularité du process est qu'une surgélation intervient immédiatement après la coagulation.

Les filets sont automatiquement transférés du refroidisseur au surgélateur, sans aucune manipulation des pains.

Le pain subit une température de – 26 °C pendant une durée de 45 minutes.

3.15. Le conditionnement

Le conditionnement a lieu dans la salle d'emballage, maintenue à 10 °C de façon à éviter un réchauffement trop important des pains. A la sortie du surgélateur, les pains sont éjectés des filets grâce à une sorte de râteau, et transférés sur des tapis convoyeurs.

Une surveillance visuelle des produits est alors assurée par l'Emballeur et le Conditionneur de façon à repérer des corps étrangers ou des défauts de cuisson. C'est également à cette étape qu'a lieu la détection des métaux : le détecteur est situé sur le tapis convoyeur des produits, avant que ceux-ci ne soient rangés dans les cartons.

Après comptage automatique grâce à une cellule photoélectrique, les pains sont conditionnés en sacs ou cartons en fonction des exigences du client.

⁶⁴ La durée et la température de la coagulation sont variables selon les types de pains.

3.16. Le stockage

Les cartons ou sacs sont ensuite stockés à -18°C . Ils peuvent se conserver jusqu'à 9 mois sans perdre leurs caractéristiques organoleptiques.

3.17. Le transport

Le transport se fait par l'intermédiaire de camions en froid négatif, à -18°C .

3.18. La cuisson finale

Elle se fait sur les points de vente. La température et la durée de la cuisson dépendent du type de pain. Pour une baguette 250g, il faut compter 18 minutes à 180°C .

TROISIEME PARTIE : APPLICATION DE LA DEMARCHE HACCP AU PROCESS DE FABRICATION DU PAIN PRECUIT SURGELE

Dans cette troisième partie, nous allons étudier la mise en place de la démarche HACCP pour la fabrication de pain précuit surgelé. Dans un premier temps, nous ferons un bref rappel de ce qu'est la démarche HACCP, puis nous la mettrons en application dans le contexte de la fabrication de pain précuit surgelé en nous inspirant du processus de fabrication étudié dans la deuxième partie (2^o partie-III), pour enfin faire un bilan sur les conditions de mise en place et sur l'intérêt de la démarche.

I. QUELQUES RAPPELS SUR LA DEMARCHE HACCP

Nous allons tout d'abord brièvement rappeler en quoi consiste la démarche HACCP et quelle est son origine. Initialement démarche qualité basée sur le volontariat, nous verrons que sa mise en place dans l'industrie agroalimentaire est devenue une exigence réglementaire depuis 1993, et le socle d'une certification normative depuis 2005. Nous préciserons enfin quels sont les principaux outils indispensables à sa mise en place.

1. QU'EST CE QUE LA DEMARCHE HACCP ([12, 16, 4, 20])?

L'HACCP est une démarche qualité de l'entreprise ayant pour finalité d'assurer la salubrité des denrées alimentaires : c'est une méthode de maîtrise de la sécurité sanitaire des aliments.

Elaborée aux Etats-Unis dans les années soixante par la NASA afin d'assurer un haut degré de sécurité microbiologique, chimique et physique pour les aliments destinés aux cosmonautes, elle s'inspire du système AMDEC - Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Conséquences. Ce système a pour principe de passer en revue les dysfonctionnements potentiels à chaque étape d'une opération, ainsi que leurs causes et leurs effets possibles, et de mettre en place des mécanismes efficaces de maîtrise de ces dysfonctionnements. L'HACCP reprend la même logique, mais dans un contexte différent : celui de la sécurité de l'aliment.

Le terme HACCP correspond à l'abréviation de Hazard Analysis Critical Control Point, qui signifie : Points de Contrôle Critiques et Analyse des Risques.

La démarche consiste à identifier, sur la totalité du processus de fabrication, l'intégralité des dangers affectant l'hygiène et la sécurité du produit, d'établir les mesures préventives et correctives vis à vis de ces dangers, et d'identifier les points critiques pour lesquels la maîtrise

du danger est indispensable. Elle s'oriente davantage sur la prévention du risque que sur l'analyse du produit fini. En fait, elle est à la fois un moyen de prévention fiable et un outil de correction efficace.

C'est une démarche exhaustive, rigoureuse, qui intervient dans un contexte de responsabilisation de l'industriel face à l'hygiène et à la sécurité des aliments. Conjointement, l'exploitant n'est plus tenu à une obligation de moyens mais à une obligation de résultats. Ces deux notions, déjà présentes dans la première réglementation européenne de 1993 (la directive 93/43/CE, aujourd'hui abrogée), a été renforcée dans les récents textes – le Règlement n°178/2002 - signés en 2002 [36, 40].

L'industriel a carte blanche sur sa façon de fabriquer le pain et de procéder dans ses contrôles mais il doit assurer au final un produit sain.

Il s'agit d'une démarche collective, réunissant tous les acteurs du process de fabrication : services production, maintenance, qualité, achats, etc.

Elle concerne toute la filière (tous les services de l'entreprise, mais aussi fournisseurs et transporteurs) et toutes les étapes de fabrication, depuis la réception des matières premières jusqu'à l'expédition.

2. POURQUOI METTRE EN PLACE LA DEMARCHE HACCP ([16, 20])?

2.1. Parce que c'est une obligation réglementaire

La mise en place de la démarche est devenue une obligation réglementaire pour les IAA depuis 1993, avec l'adoption de la Directive 93/43/CE sur l'hygiène des denrées alimentaires, abrogée et remplacée en 2004 par le Règlement n°852/2004, un des piliers du « Paquet Hygiène ».

Ce règlement et le Règlement n°178/2002 (texte socle du Paquet Hygiène) stipulent que l'industriel est tenu d'assurer la salubrité des denrées alimentaires qu'il fabrique et de garantir que, à toutes les étapes de leur fabrication, les denrées alimentaires répondent aux prescriptions de la législation en matière d'hygiène. Le Règlement n°852/2004 précise cette obligation en établissant les règles d'hygiène générales applicables à toutes les denrées alimentaires, en notifiant l'obligation d'utiliser la méthode HACCP selon les 7 principes du Codex alimentarius, et en recommandant fortement de s'appuyer sur des Guides de Bonnes Pratiques d'Hygiène spécifiques au secteur considéré [37, 33, 36].

Les 7 principes sont les suivants [25]:

Principe 1 : Procéder à une analyse des risques

Principe 2 : Déterminer les points critiques pour la maîtrise (les CCP)

Principe 3 : Fixer le ou les seuil(s) critique(s).

Principe 4 : Mettre en place un système de surveillance permettant de maîtriser les CCP.

Principe 5 : Déterminer les mesures correctives à prendre lorsque la surveillance révèle qu'un CCP donné n'est pas maîtrisé.

Principe 6 : Appliquer des procédures de vérification afin de confirmer que le système HACCP fonctionne efficacement.

Principe 7 : Constituer un dossier dans lequel figureront toutes les procédures et tous les relevés concernant ces principes et leur mise en application.

Ces 7 principes constituent la base des 12 étapes de la démarche HACCP et seront détaillés dans le chapitre I.4. de cette troisième partie.

2.2. Parce que c'est important pour le consommateur

Que cela aie un simple impact psychologique (présence d'un mégôt de cigarette dans un pain) sans gravité sanitaire, ou que cela aie une réelle incidence sur la santé du consommateur (présence d'un bout de verre dans un pain), la commercialisation d'une denrée alimentaire impropre à la consommation est aujourd'hui inacceptable. Le niveau de vie actuel dans les pays développés nous donne droit à espérer avoir accès à des denrées alimentaires saines.

De plus, les médias ont grandement participé à l'émulation de la population pour la sécurité sanitaire des aliments, qui devient maintenant une préoccupation majeure du consommateur.

Or l'objectif de l'entreprise est indirectement, au delà de vendre ses produits, de satisfaire le consommateur, afin de fidéliser sa clientèle.

2.3. Parce que c'est un enjeu pour l'entreprise

Les différentes crises sanitaires l'ont prouvé, un incident sanitaire peut avoir des conséquences graves sur l'économie de l'entreprise et peuvent même parfois compromettre sa viabilité. Cela est notamment valable pour les PME qui arrivent plus difficilement à absorber les coûts engendrés par le blocage et le retrait des lots, le manque à gagner consécutif à la chute des ventes, etc. Dans certains secteurs, fabriquer un produit sain devient alors une question de survie.

2.4. Parce que la certification ISO 22000 est un atout commercial pour l'entreprise [26, 27]

Certes obligatoire depuis 1993, la démarche n'est néanmoins pas encore en place dans toutes les industries en France (et encore moins dans les autres pays d'Europe). Fonctionner sous le mode HACCP représente donc encore un faire valoir vis à vis du client, et représente pour celui-ci un gage de qualité, notamment par le biais de la certification ISO 22000.

Créée en 2005, la norme ISO 22000, spécifique à la filière agroalimentaire, atteste de la mise en place d'un Système de Management de la Sécurité des Denrées Alimentaires = SMSDA. Elle garantit notamment la mise en place de la démarche HACCP, la compétence du personnel de l'entreprise concernant l'hygiène alimentaire, le maintien de la veille documentaire et une démarche d'amélioration continue. Internationale, elle garantit une mise en œuvre uniforme du système HACCP, quelque soit la nationalité ou le lieu d'implantation de l'entreprise considérée ou le type de produit fabriqué.

La démarche HACCP, via l'ISO 22000, est donc indirectement un outil marketing et les industriels qui la mettent en place en sont bien conscients. Elle fait partie intégrante du système qualité de l'entreprise.

3. INTERET DE LA DEMARCHE HACCP ([4, 16])

Même si le risque zéro n'existe pas en matière de sécurité sanitaire des aliments, la démarche HACCP tend vers cet objectif. Elle entraîne conjointement une amélioration globale du système qualité de l'entreprise.

Elle permet notamment de réagir plus efficacement et plus rapidement en cas de problème : blocage ou rapatriement de lots. Elle facilite la mise en place d'un système de traçabilité, point primordial du « Paquet Hygiène » mais aussi de la norme ISO 22000 [40, 31, 35, 26, 27].

Elle permet de sensibiliser le personnel à l'hygiène en l'impliquant davantage dans la démarche qualité et en le responsabilisant, un des points essentiels du Paquet Hygiène et de la norme ISO 22000 dont un des chapitres y est consacré [37, 26, 27].

Elle permet également de diminuer la quantité de produits impropres à la consommation, de diminuer les rebuts, de diminuer les réclamations clients. Au final elle permet ainsi une réduction des coûts.

Elle participe de plus au maintien de la notoriété de l'entreprise qui la met en place.

Elle représente un référentiel commun au niveau européen mais aussi international, par le biais du Codex Alimentarius et maintenant de la norme ISO 22000.

4. PRINCIPE DE LA DEMARCHE HACCP ([12, 16, 20])

La démarche HACCP est une méthode de réflexion standardisée. Elle fait office de « guide pratique » pour assurer la salubrité des produits. En effet, tout au long des 12 étapes de la démarche, on propose une façon de faire pour identifier les dangers et les points critiques, établir les actions préventives et correctives de ces dangers. Le tableau 3 récapitule toutes les étapes de la démarche. Les étapes 6 à 12 reprennent les 7 principes du Codex alimentarius évoqués précédemment.

L'approche est cependant très globale, de façon à s'adapter à tout type d'industrie et laisse donc à l'équipe HACCP tout le travail scientifique : les grands principes de microbiologie ou de nettoyage ne sont pas abordés. L'industriel doit donc faire des recherches sur son secteur d'activité. Les renseignements peuvent être obtenus à partir de la réglementation, des Guides de Bonnes Pratiques spécifiques du secteur, ou d'autres documents tels que les normes internationales (FDA ou Codex), les avis du CSHPF – Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France ou de toute autre administration (DGAL ou DGCCRF), ou encore par enquête auprès de différents organismes professionnels de la filière concernée. Pour la boulangerie, on peut citer par exemple le SNIBP - Syndicat National des Industries de Boulangerie et Pâtisserie, le CRITT - Centre Régional d'Innovation et de Transferts de Technologie, ou encore l'ENSMIC - Ecole Nationale Supérieure de Meunerie et des Industries Céréalières.

Avec la création du « Paquet Hygiène » en 2002 et notamment avec la signature du Règlement n°852/2004, les Guides de Bonnes Pratiques Hygiéniques deviennent des références incontournables : même si leur utilisation n'est pas obligatoire, elle est fortement recommandée [36, 37].

La difficulté en boulangerie est qu'il existe peu de recommandations et peu de réglementation : l'industriel est donc livré à lui-même.

Approche globale de la démarche:

Etape 1 : Définition du champ de l'étude
Etape 2 : Constitution de l'équipe HACCP
Etape 3 : Description du produit et de son utilisation attendue
Etape 4 : Elaboration du diagramme de fabrication
Etape 5 : Validation in situ du diagramme de fabrication

Pour chaque étape du process :

Etape 6 : Identification des dangers et détermination des mesures préventives permettant d'éviter ces dangers
Etape 7 : Identification des points critiques (CCP) grâce à l'arbre de décision
Etape 8 : Etablissement de valeurs ou de paramètres seuils et de tolérances pour chaque CCP
Etape 9 : Etablissement d'un système de surveillance
Etape 10 : Détermination des mesures correctives à effectuer en cas de dépassement des valeurs seuils

Approche globale de la démarche:

Etape 11 : Etablissement d'un système documentaire
Etape 12 : Etablissement d'un système de vérification : validation du plan HACCP

TABLEAU 3: LES 12 ETAPES DE LA MISE EN PLACE DE LA DEMARCHE HACCP

La démarche HACCP est une méthode de réflexion standardisée. En respectant le protocole des 12 étapes à suivre, on est assuré d'identifier correctement les dangers existant tout au long du process, et de pouvoir efficacement lutter contre.

5. LES OUTILS DE LA DEMARCHE HACCP [12]

5.1. Les outils spécifiques à la démarche

5.1.1.les fiches techniques matières premières et les fiches techniques produits finis

Etape longue et fastidieuse, mais préalable indispensable, la réalisation des fiches techniques matières premières et produits finis permet de synthétiser toutes les informations fondamentales, afin d'y avoir rapidement accès au cours de l'étude HACCP.

Ces fiches récapitulent toutes les caractéristiques physicochimiques des ingrédients et des produits finis, les critères microbiologiques, les teneurs en contaminants (métaux lourds, pesticides, mycotoxines) ainsi que les textes réglementaires auxquels ils sont soumis. Ces caractéristiques correspondent à celles décrites sur les cahier des charges des ingrédients et des produits finis.

Les fiches techniques contiennent également des informations sur les DLUO et les conditions de stockage ainsi que sur le plan de surveillance mis en œuvre par l'entreprise pour contrôler ces différents points. Le système d'assurance qualité du fournisseur (certification ISO, démarche HACCP, système de traçabilité) y est spécifié, de même que les audits réalisés par l'entreprise chez lui.

En pratique, la réalisation de ces fiches dans le cadre de la mise en place de la démarche HACCP conduit souvent à renforcer les exigences qualités vis à vis du fournisseur. Souvent, l'entreprise est amenée à ne référencer que des fournisseurs certifiés ISO 9001, et bientôt ISO 22000 ou ayant au moins mis en place une démarche HACCP.

On utilise cet outil en début de démarche HACCP, lorsqu'on s'intéresse aux étapes de rédaction des cahiers des charges, de réception et de stockage des matières premières.

5.1.1.1.un exemple de fiche technique matières premières : la farine en vrac

Deux types de farine sont utilisées en boulangerie, la farine en vrac, ingrédient proprement dit du pain, qui est livrée en camion citerne directement dans les silos, et la farine de fleurage, dont l'intérêt est exclusivement technologique⁶⁵.

La fiche technique étudiée ci-après concerne la farine en vrac (voir Annexe 1 p.158).

Dans le cadre de cette étude, l'entreprise référence trois fournisseurs de farine en vrac. La livraison est assurée par le fournisseur ou un de ses sous-traitants et sous sa responsabilité.

Au cours de l'établissement de la fiche technique, et dans le cadre de la mise en place de la démarche HACCP, le cahier des charges de la farine a été renforcé.

5.1.1.1.1.la livraison

Ainsi, il a été imposé que les camions de livraisons soient garantis à usage exclusivement alimentaire. De plus, un lavage avant chaque chargement a été exigé. A la réception des camions, l'état de propreté général du camion est vérifié, de même que la présence des plombs qui sertissent les embouts d'évacuation et qui garantissent l'intégrité du chargement.

Enfin, des instructions concernant l'hygiène du dépotage ont été transmises aux chauffeurs (par exemple : éviter de faire traîner les embouts des tuyaux par terre). Un échantillon de farine (3 kgs) est prélevé à chaque livraison et conservé 10 jours afin de pouvoir le faire analyser en cas de nécessité.

Toutes ces mesures sont consignées par écrit d'une part dans le cahier des charges de la farine, co-signé par le fournisseur et par le Responsable Qualité de l'entreprise, et d'autre part dans les consignes de travail concernant la réception de la farine.

⁶⁵ La farine de fleurage, saupoudrée sur les pâtons, sert à éviter que ceux-ci ne collent entre eux et sur les tapis convoyeurs.

5.1.1.1.2.les caractéristiques physicochimiques

5.1.1.1.2.1.les métaux lourds

L'établissement du cahier des charges de la farine, concernant les métaux lourds, s'est fait à partir du Règlement n°466/2001 modifié et de l'avis du CSHPF du 8 Septembre 1992. L'avis du CSHPF émet des recommandations concernant le taux de mercure (absent du Règlement n°466/2001) et suggère un seuil maximal de cadmium plus faible que le Règlement. L'équipe HACCP a choisi de se référer aux valeurs les plus faibles, garantissant une contamination moindre.

5.1.1.1.2.2.les pesticides

La réglementation sur les pesticides dans la farine est complexe. Une trentaine de molécules sont répertoriées dans trois textes réglementaires : l'arrêté du 10 Février 1989 modifié, la Directive 99/71/CE et le Règlement 396/2005 [45, 42, 34]. L'entreprise a suivi scrupuleusement cette réglementation lors de l'établissement du cahier des charges.

5.1.1.1.2.3.les mycotoxines

Le règlement n°1881/2006 modifié, le Règlement n°466/2001 modifié imposent des seuils pour les aflatoxines B1, B2, G1 et G2, qui paradoxalement sont peu fréquentes en Europe. En revanche, la prévalence des ochratoxines et fumonisines est beaucoup plus importante, sans pour autant qu'aucun seuil n'existent pour la fumonisine. Le Règlement n°472/2002 impose un seuil pour l'ochratoxine A pour les céréales et les produits dérivés.

5.1.1.1.2.4.la microbiologie

Concernant les critères microbiologiques sur la farine, il n'existe pas de réglementation française ni européenne. L'entreprise s'est donc fondée sur des valeurs existant dans le secteur de la pâtisserie et de la viennoiserie.

5.1.1.1.2.5.les corps étrangers

Un filth test⁶⁶ est réalisé sur chaque mouture : il consiste à dénombrer la quantité d'insectes, de débris d'insectes et de poils de rongeurs sur une quantité déterminée (quelques dizaines de grammes) de farine. Cela permet d'avoir une idée globale du degré de contamination d'une livraison.

⁶⁶ Test de tamisage servant à dénombrer le nombre de fragments microscopiques d'animaux retrouvés dans 50 grammes de farine : sont dénombrés successivement les insectes entiers, les débris d'insectes, les poils de rongeurs [11].

5.1.1.1.3.la fréquence des analyses

La fréquence des analyses a été déterminée en fonction du risque potentiel et de leur coût, à la charge du fournisseur. La réalisation de la plupart de ces analyses constitue une victoire dans ce secteur alimentaire où l'on considère habituellement que « le pain n'est pas un aliment à risque et par conséquent qu'il est nécessaire de faire des analyses ».

5.1.1.2.un exemple de fiche technique produit fini : la baguette 250 g

5.1.1.2.1.les caractéristiques physicochimiques

Les valeurs seuils inscrites sur la fiche produit fini correspondent soit à celles indiquées dans le cahier des charges, soit aux résultats d'analyse les plus récents (voir Annexe 2 p.161).

Concernant l'acide ascorbique, la directive 95/02/CE consolidée et son arrêté de transposition en droit français du 2 Octobre 1997 modifié imposent le principe du quantum satis, c'est à dire la quantité, à intégrer dans la recette, juste nécessaire pour obtenir l'effet technologique souhaité (on ne se préoccupe pas de la quantité de résidus dans le produit fini) [43, 44].

Il n'existe pas de réglementation sur les métaux lourds ni sur les critères microbiologiques pour le pain : l'entreprise s'est fondée sur les recommandations du CSHPF pour les premiers et sur les valeurs existant en pâtisserie pour les seconds.

En ce qui concerne les pesticides, l'entreprise s'est appuyée sur la réglementation existante sur le pain blanc (Arrêté du 10 Février 1989 modifié) [45].

Par souci d'économie, les analyses correspondantes sont effectuées une fois par an sur chaque ligne de fabrication et à la demande du client.

5.1.1.2.2.l'étiquetage

Un soin particulier a été porté à la précision de l'étiquette, afin d'assurer une traçabilité optimale des produits. Les différents incidents survenus (par exemple la présence de corps étranger dans des pains) ont permis de mettre à l'épreuve avec succès l'efficacité du système de blocage et de rapatriement des lots. En connaissant la date de surgélation, l'heure d'emballage, la ligne de fabrication et le numéro d'équipe, tous indiqués sur l'étiquette, il est possible de déterminer quel incident a été la cause de la présence d'un corps étranger dans un pain

Concernant les ingrédients, seule la traçabilité de la farine en vrac est assurée pour l'instant. En connaissant le meunier, la date de livraison, le numéro de silo et la date de fabrication, on peut aisément retrouver quelle farine a servi à fabriquer tel lot de pain. Un

système de lecture GENCOD par scanner devrait bientôt être mis en place et permettre d'identifier précisément les sacs réceptionnés et utilisés.

5.1.2.le diagramme de fabrication

Le diagramme de fabrication est la base de l'analyse des dangers. Son but est de décortiquer le process étape par étape et de fournir tous les éléments techniques indispensables (température, humidité, durée de l'étape, temps d'attente, etc.) (cf. annexe 3 p.163).

Il doit être précis et exhaustif, de la première étape du champ d'étude, jusqu'à la dernière.

Il doit lister l'intégralité des matières premières et des emballages.

Il doit préciser les particularités de conception : type de local (zone blanche, grise ou noire selon l'état de contamination), milieu extérieur, parties difficiles à nettoyer.

Il faut également noter les flux de matières (ingrédients, produits, déchets) et de personnes.

Cet outil est utilisé à chaque réunion HACCP, pour étudier chaque étape de fabrication.

5.1.3.le tableau d'analyse des risques [12]

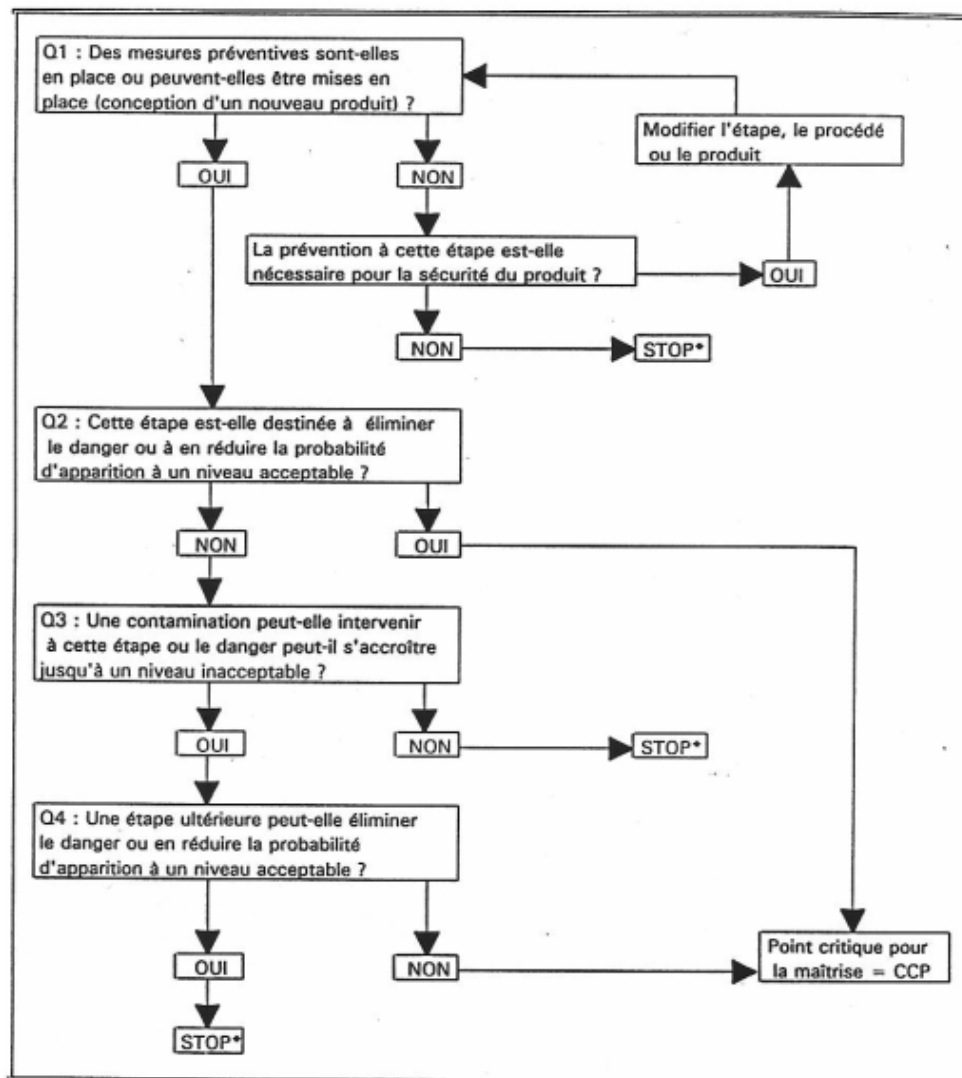
Le tableau d'analyse des risques sert de base de réflexion durant les réunions HACCP. Pour chaque étape, on remplit méthodiquement le tableau (voir Annexe 4 p.164). Cela permet de n'oublier aucun point. Le tableau répertorie ainsi tous les dangers identifiés à chaque étape de fabrication, les mesures préventives prises pour éviter l'apparition de ce danger, les mesures correctives adoptées en cas d'apparition du danger. On attribue à chaque fois la responsabilité de chaque tâche à une personne bien identifiée. Y sont également notifiés la pondération du risque et l'identification des points critiques (CCP).

5.1.4.l'arbre de décision des points critiques (CCP) [20]

L'arbre de décision sert à déterminer si le binôme danger/étape constitue un point critique ou non. On distingue schématiquement trois cas de figure dans lesquels le point étudié est considéré comme critique :

- l'étape étudiée constitue une source potentielle de ce danger au delà de la limite acceptable.
- il n'existe pas d'étape ultérieure permettant d'éliminer ce danger.
- l'étape étudiée est la seule étape permettant d'éliminer ce danger.

Pour savoir si le point étudié est critique ou pas, il suffit de suivre les questions posées par l'arbre (voir tableau 4). En fonction de la réponse donnée, on est orienté vers la question suivante. A l'issue du questionnaire, on sait si l'étape est un point critique pour le danger considéré. Dans ce cas, il faudra absolument la maîtriser.



* L'étape n'est pas un CCP; appliquer l'arbre de décision à la cause, le danger ou l'étape suivante.

TABLEAU 4 : ARBRE DE DECISION DES CCP (d'après [20])

L'arbre de décision sert à déterminer si le binôme danger/étape constitue un point critique ou non. Pour savoir si le point étudié est critique ou pas, il suffit de suivre les questions posées par l'arbre. En fonction de la réponse donnée, on est orienté vers la question suivante. A l'issue du questionnaire, on sait si l'étape est un point critique pour le danger considéré.

Le but de la démarche HACCP est d'identifier toutes les étapes devant absolument être maîtrisées et de porter tous les efforts d'amélioration de l'hygiène et de la sécurité sur ces étapes là. La démarche HACCP permet de hiérarchiser les points faibles de l'entreprise et de mieux cibler les efforts à fournir. Dans le cas de la boulangerie industrielle, peu de points

critiques ont été identifiés : rédaction du cahier des charges des matières premières, réception des matières premières, détection du métal, silicone des filets, nettoyage. C'est pourquoi on s'est intéressé lors de l'étude à d'autres points, non considérés comme critiques, mais qui étaient ressortis de l'étude comme insuffisamment maîtrisés et nécessitant des améliorations, ou pour lesquels des améliorations concluantes pouvaient être facilement réalisées. La démarche HACCP a ainsi été considérée comme une aide globale à l'amélioration de l'hygiène dans l'entreprise et comme un guide de bonne pratique hygiénique pour la fabrication du pain.

L'identification des CCP se fait uniquement par l'intermédiaire de l'arbre de décision et non pas d'après les notes obtenues lors de la pondération des risques. La pondération des risques sert en fait à classer les différents problèmes d'hygiène présents dans l'entreprise et rencontrés au cours de l'étude par ordre d'importance, de façon à pouvoir éventuellement mettre en évidence un point particulièrement sensible sans qu'il soit pour autant un point critique. On peut alors choisir d'y apporter une amélioration ou pas.

5.2. Les outils non spécifiques à la démarche

5.2.1. le référentiel ISO

Le référentiel ISO est présent dans les entreprises certifiées : il s'agit d'un système documentaire transcrivant précisément le mode de fonctionnement de l'entreprise. L'existence de ce système est d'une grande aide lors de la mise en place de la démarche HACCP, puisque tout est déjà structuré. Ce point sera développé de façon plus approfondie dans le chapitre II.9.1. de cette troisième partie.

5.2.1.1. les consignes de travail et les enregistrements

Ce point sera développé de façon plus approfondie dans le chapitre II.9.1. de cette partie.

5.2.1.2. le classeur des matières premières et des fournisseurs

Le classeur des matières premières et des fournisseurs répertorie de façon exhaustive tous les fournisseurs d'ingrédients mais aussi les fournisseurs d'emballage, de produits d'entretien ou de matériel divers (par exemple les filets de cuisson). Y sont présents les fiches techniques des produits ainsi que les contrats de prestation. Lors d'un changement de fournisseur, l'ancienne fiche technique est conservée pendant un an. Le classeur permet un accès rapide à toutes ces informations.

5.2.1.3.le classeur des prestataires de service

De la même façon, le classeur des prestataires de service répertorie intégralement toutes les entreprises de sous-traitance. Il peut s'agir de la société de désinsectisation-dératisation, de la société chargée du nettoyage des locaux, celle responsable du nettoyage des vêtements de travail ou encore l'entreprise responsable des installations de froid.

5.2.2.la veille réglementaire

Afin d'être apte à respecter la réglementation, une entreprise se doit d'être en possession des textes réglementaires concernant son secteur d'activité. Ils sont archivés dans chaque service concerné : il peut s'agir de textes sur la législation du travail (archivés au Service des Ressources Humaines), sur la sécurité du matériel (archivés au Service Maintenance), ou sur la sécurité des aliments (archivés au Service Qualité).

Il est nécessaire d'assurer une mise à jour de ces textes : les entreprises font en général appel à des organismes spécialisés qui, sous réserve d'abonnement, leur envoient régulièrement les nouveaux textes parus.

5.2.3.le Guide de Bonnes Pratiques d'Hygiène et d'Application des Principes HACCP

La nouvelle réglementation du « Paquet Hygiène », et notamment le Règlement n°852/2004, encourage fortement l'industriel à se référer aux Guides de Bonne Pratique d'Hygiène et d'Application des Principes HACCP pour atteindre ses objectifs réglementaires et assurer la salubrité des denrées alimentaires qu'il fabrique [36, 37]. Pour cela, l'administration française, suivant les recommandations du Règlement européen, incite les organisations professionnelles de chaque filière à rédiger ces Guides, dans lesquels des informations sur la démarche HACCP sont dorénavant intégrées [36, 37].

En Boulangerie, il n'existe pas de Guide spécifique. Les industriels sont donc contraints de se référer à des Guides existant dans des secteurs voisins tels que la Pâtisserie (élaboré par la CNBP – Confédération Nationale de la Boulangerie-Pâtisserie Française, 2^{ème} édition parue en 1999) ou la Meunerie (élaboré par l'ANMF - Association Nationale de la Meunerie Française, première version parue en 2001) [2].

Le Guide de Bonnes Pratiques en Pâtisserie se compose de fiches pratiques, regroupées en quatre chapitres [2]. Le chapitre « Bonnes Pratiques de Fabrication » regroupe les diagrammes de fabrication types de plusieurs produits standards, chaque diagramme se référant à un ensemble de recettes globalement similaires. Sur ces diagrammes, les points critiques (CCP) sont signalés par des pictogrammes. Le chapitre « Opérations » détaille les

étapes de la fabrication où une maîtrise est nécessaire pour assurer une bonne hygiène de fabrication, sans qu'il s'agisse nécessairement de CCP. Pour chaque fiche, l'étape est étudiée méthodiquement selon trois critères, présentés sous forme de colonnes : la liste des dangers, les moyens de maîtrise et la gestion de ces dangers. Le chapitre « Milieu de Travail » regroupe les fiches relatives aux locaux de fabrication, au matériel mais aussi au personnel. Le dernier chapitre traite quant à lui des matières premières.

Ce guide de Bonnes Pratiques contient ainsi des éléments que l'on retrouvera dans la mise en place de la démarche HACCP.

II. MISE EN PLACE DE LA DEMARCHE HACCP DANS LA FABRICATION DE PAIN PRECUIT SURGELE

Pour illustrer la mise en pratique de la démarche HACCP, nous allons suivre la chronologie des 12 étapes de sa mise en place, depuis la définition du champ d'étude jusqu'à l'établissement d'un système de vérification, dans le contexte de la fabrication de pain précuit surgelé (voir tableau 3 p.111).

Le process industriel de panification a été développé dans la deuxième partie et la démarche HACCP dans le chapitre I de la troisième partie de cet ouvrage.

L'étude exhaustive de la mise en place de la démarche HACCP sur tout le process de fabrication de panification serait long et fastidieux et n'apporterait pas d'intérêt majeur. C'est pourquoi nous avons choisi de nous focaliser sur trois étapes CCP du process qui illustrent parfaitement le principe de la mise en place de la démarche : l'étape de rédaction du cahier des charges de la farine, l'étape de réception de la farine et l'étape de détection du métal.

I. LA DEFINITION DU CHAMP DE L'ETUDE ([11, 12])

1.1. La détermination du couple produit-process

Il est indispensable de définir précisément le domaine à étudier, afin d'une part de ne pas perdre de temps ni développer inutilement et de façon incontrôlée la démarche, et d'autre part de ne rien oublier.

L'identification du couple « produit-process » consiste à décider sur quel type de produit, qui correspond à un process bien précis, on souhaite travailler : pain blanc, pains spéciaux, pains entiers ou découpés, fabriqués sur tel type de ligne.

Ainsi, alors que la gamme de pains de l'entreprise comprenait près de 120 références, l'étude s'est limitée au « pain blanc » fabriqué sur la ligne la plus automatisée. Le champ de l'étude a donc été : « pain blanc précuit surgelé de la ligne automatisée ».

1.2. La délimitation du champ d'études

Il convient également de décider précisément à quelles étapes commence et se termine l'étude, et notamment si l'on inclue ou non le transport des matières premières ou des produits finis dans le champ d'études.

Dans le cas étudié, l'étude HACCP n'inclue pas les transports et commence à l'étape de détermination du cahier des charges des matières premières et se termine à l'étape d'expédition.

1.3. Le choix du type de dangers étudiés

La démarche HACCP peut s'appliquer à différents domaines. On l'emploie communément dans le domaine de l'hygiène et de la sécurité des aliments mais elle peut également avoir un sens plus technologique, dans une optique d'amélioration des performances du process.

Sur le thème de l'hygiène, on distingue communément 3 types de dangers :

- le danger microbiologique : bactéries, champignons, virus
- le danger physique : corps étrangers
- le danger chimique : détergents, pesticides, métaux lourds

On peut également étudier d'autres dangers « d'actualité » tels que les OGM, les allergènes ou la traçabilité⁶⁷.

Dans cette étude a été pris en compte, en plus des trois dangers « classiques », le risque OGM.

2. L'EQUIPE HACCP ([4, 11, 12])

2.1. La constitution de l'équipe

Le choix des membres de l'équipe HACCP est un point primordial pour la réussite de la démarche. L'équipe doit être hétéroclite et polyvalente : doivent participer des personnes aux profils très différents et appartenant à des services différents de l'entreprise. C'est en effet la diversité des compétences qui fait la richesse du travail en équipe. Chacun fait preuve d'une perception ou d'un point de vue différents sur les thèmes abordés lors de l'étude HACCP en fonction de son profil. Cela permet d'avoir une vision très complète du process.

L'équipe se compose ainsi idéalement d'une personne de chaque service de l'entreprise : qualité, production, maintenance, achats, mais aussi services administratifs. La présence d'une personne du Service Financier s'avère notamment souhaitable. En effet, la démarche HACCP conduit souvent à des investissements et il est important de sensibiliser les responsables du budget au fondement et à la nécessité de ces dépenses. Les investissements ont ainsi plus de chance d'être acceptés par la direction si celle-ci en comprend l'origine et la motivation.

L'équipe ne doit pas comporter uniquement des responsables de service : les réunions HACCP ne doivent pas se transformer en comités d'experts. La présence de personnes proches du terrain, tels que les opérateurs eux-mêmes est indispensable.

⁶⁷ L'étude de la traçabilité consiste à chercher comment assurer tout au long du process la continuité de l'identification des ingrédients et des produits finis.

Ainsi, l'équipe HACCP de l'entreprise s'est composée de la Responsable Qualité, désignée chef de projet HACCP, du Responsable Production, du Responsable Achats, qui a également tenu le rôle de Responsable Financier, de Responsable Entretien et de Responsable du Personnel, de deux Surveillants de Ligne (appartenant au Service Production), d'un Agent de Maîtrise de la Maintenance, du Responsable des Expéditions, qui est intervenu pour les étapes finales du process (surgélation, stockage négatif des produits finis, chargement des camions).

Il est à regretter l'absence d'une personne du Service Commercial dans l'équipe. En effet, la démarche HACCP représente un atout commercial pour l'entreprise et doit être présentée comme telle aux clients. L'implication d'un commercial dans la démarche HACCP aurait permis de mieux la développer et l'argumenter auprès des clients.

2.2. La formation par un intervenant extérieur

L'intervention d'un organisme de conseil est souhaitable car elle permet avant tout de former l'équipe. Ainsi, dans le cadre de cette étude, les premières réunions HACCP ont été précédées d'une formation de l'ensemble de l'équipe. Le but de cette formation est d'initier à l'hygiène les personnes du groupe n'ayant aucune connaissance sur l'HACCP et d'inculquer à tous les mêmes notions afin d'entamer les réunions HACCP à partir des mêmes bases. Le programme de la formation comprend ainsi les notions générales d'hygiène alimentaire et les principes fondamentaux de la démarche HACCP.

L'organisme de conseil permet aussi d'aiguiller l'équipe lors du démarrage de la démarche et de lui éviter des pertes de temps non négligeables, dues à la méconnaissance du sujet. Il apporte également une aide précieuse pour l'obtention de renseignements administratifs et réglementaires.

2.3. Les réunions HACCP

Dans cette étude, les réunions HACCP se sont espacées d'environ 3 semaines, en raison des emplois du temps surchargés de chacun des participants, à l'exception des mois de Juillet et Août, à cause des congés annuels.

Il a été difficile de réunir systématiquement l'équipe entière à chaque réunion. Il est certes préférable, voire indispensable, que l'équipe soit au complet, mais les impératifs de la production ne le permettent pas toujours, surtout dans une PME.

Les premières réunions ont été consacrées à l'étude des matières premières, qui a représenté une somme importante de travail, et à la validation du diagramme de fabrication.

Les réunions suivantes ont concerné l'étude du process étape par étape selon l'ordre chronologique du diagramme de fabrication.

Les réunions HACCP se sont déroulées selon le même protocole en trois temps :

- premier temps : récapitulatif de tous les éléments nouveaux recueillis depuis la dernière réunion concernant les sujets à éclaircir

- deuxième temps : reprise de l'analyse des risques étape par étape, à partir du point où l'on s'était arrêté à la précédente réunion

- troisième temps : reprise point par point du compte-rendu de la précédente réunion : validation des points éclaircis ou effectués et discussion des points incomplets.

3. LA DESCRIPTION DU PRODUIT ET DE SON UTILISATION ATTENDUE (11, 12)

La description du produit consiste à déterminer sa composition exacte, de façon à étudier ensuite chaque matière première individuellement lors des étapes « détermination du cahier des charges » et « réception des matières premières ».

Doivent être également précisées toutes ses caractéristiques : microbiologiques, physicochimiques et autres, et de listées succinctement les principales transformations subies au cours du process.

Pour le pain blanc, les ingrédients sont : farine de froment, eau, levure, sel, levain, acide ascorbique, amylases fongiques. Le pain a subi une cuisson de 12 minutes à 230 °C (température à cœur 90 °C), et une surgélation à - 27 °C.

Doivent également être précisés le type de conditionnement (dans le cas étudié, il s'agit de sacs et de cartons) et les conditions de stockage (9 mois à - 20 °C).

Enfin, il convient de préciser l'utilisation attendue du produit, c'est à dire ses instructions de mise en œuvre (cuisson à 180 °C pendant 20 minutes) et le profil du consommateur cible. Ainsi, en raison des risques d'allergie au gluten, l'entreprise a réduit le consommateur cible « aux personnes n'ayant aucune contre-indication, notamment liée à la consommation de gluten ».

Toutes ces informations sont regroupées sur la fiche technique produit fini (cf. Annexe 2 p.161).

4. LA REALISATION DU DIAGRAMME DE FABRICATION ([11, 12])

La réalisation du diagramme de fabrication se fait collectivement, lors des premières réunions HACCP. La validation sur site du diagramme est indispensable afin de s'assurer que l'on n'a oublié aucune étape ni aucun paramètre technologique. Pour la fabrication du pain blanc précuit surgelé, on a dénombré un total de 28 étapes.

5. L'ANALYSE DES DANGERS ([11, 12, 20])

Elle se fait au cours des réunions HACCP, étape par étape, par ordre chronologique, en commençant par l'étape de réalisation du cahier des charges et en finissant par l'étape d'expédition.

Le tableau d'analyse des risques sert de fil conducteur lors des réunions. Il permet de n'oublier aucun aspect de l'étude. A partir de ce tableau, on passe en revue les différents types de dangers potentiels (quatre dans cette étude : microbiologique, physique, chimique, et OGM) ainsi que les causes possibles de ces dangers (méthode des 5 M : Matière première, Milieu, Matériel, Main d'œuvre, Méthode). On détermine les mesures préventives qui permettent d'éviter l'apparition de ces dangers, le plan de surveillance qui permet de vérifier s'il y a présence d'un danger ou pas, et les mesures correctives à prendre en cas d'apparition du danger, en précisant à chaque fois la fréquence des actions effectuées et qui en a la responsabilité.

5.1. L'identification des dangers

5.1.1.le danger biologique

5.1.1.1.les microorganismes

5.1.1.1.1.le substrat

Le danger microbiologique n'est pas prépondérant en panification. Le pain n'est en effet pas un aliment « à risque », sa composition ne prédisposant pas au développement bactérien. En effet, le pH acide du pain ne favorise pas le développement bactérien et les levures, microorganismes majoritaires dans ce produit, inhibent le développement des autres germes (phénomène de compétition nutritives et synthèse de toxines inhibant la pousse d'autres germes).

De plus, le process de fabrication comporte une étape de cuisson de 12 minutes à 230 °C (avec une température à cœur de 90°C), suivie d'une utilisation attendue avec une deuxième cuisson de 20 minutes à 180 °C, ce qui permet la destruction de nombreux germes.

Néanmoins, certaines toxines et certains spores résistent à des températures élevées or la température à cœur du produit lors de la coagulation ne dépasse pas les 90 °C. De plus, l'étape de surgélation et de stockage négatif ne représentent en aucune façon un mode de destruction des microorganismes. Les germes entrent en dormance mais ne sont pas détruits.

5.1.1.1.2. les microorganismes concernés

On peut notamment citer, parmi les espèces résistantes à haute température, les toxines de certaines moisissures ou de *Staphylococcus aureus*, ainsi que les spores de *Bacillus cereus* ou de *Staphylococcus aureus*.

La présence de *S. aureus* provient le plus souvent d'une contamination par le personnel. *S. aureus* peut provenir des fosses nasales, de plaies mal soignées ou de la peau. Un défaut d'hygiène du personnel est souvent la cause de contamination : absence de nettoyage des mains, éternuement sur le produit, absence de pansement sur les plaies.

Les moisissures, source de mycotoxines, et *Bacillus cereus*, ubiquitaires, se retrouvent souvent dans les céréales et notamment dans les farines de blé. La contamination se fait en général au champ, ces germes étant présents essentiellement dans le sol. Une humidité excessive lors du stockage en silo favorise leur multiplication.

Par ailleurs , l'étuvage à 25°C pendant 2 heures, de même que les conditions de fabrication (température de la salle de production : 20°C) est favorable au développement bactérien. De même , l'aw du pain (entre 0,93 et 0,98) est propice au développement bactérien [20].

Il a été difficile d'établir des critères microbiologiques sur le pain ou la farine, aucune réglementation n'existant sur ce produit. Les valeurs présentes sur le cahier des charges de la farine est en fait une synthèse des recommandations de la FDA et de seuils appliqués à la viennoiserie et le pâtisserie.

5.1.1.1.3.les mycotoxines

On distingue parmi les mycotoxines (= toxines issues des champignons) plusieurs familles, selon leur substrat, leur toxicité et la zone géographique de leur développement.

En France et en Europe, les mycotoxines les plus fréquentes sont celles de *Fusarium* et les ochratoxines. Les aflatoxines sont beaucoup plus rares. Or, paradoxalement, les seuls seuils imposés par les directives communautaires sur les céréales et les produits céréaliers concernent les aflatoxines, et , depuis 2002, l'ochratoxine A [30, 41].

La réglementation est en train de s'affiner à ce sujet.

5.1.1.2.les insectes, les rongeurs et autres

On distingue deux catégories d'animaux : ceux spécifiques à l'industrie de panification et ceux endémiques de la région où se situent l'entreprise.

Les animaux peuvent indifféremment élire domicile à l'intérieur des locaux si les conditions leur conviennent ou vivre à l'extérieur des bâtiment et rentrer à la faveur d'une porte ou d'une fenêtre laissée ouverte.

5.1.1.2.1.les insectes

Les dégradations engendrées par les insectes sont essentiellement dues à la présence de corps étranger (débris d'insectes ou insectes entiers) dans les produits.

La teigne de la farine est l'insecte le plus communément retrouvé dans les industries de panification, mais on peut également trouver de nombreuses autres espèces. Les insectes incriminés vivent en général directement dans les locaux de fabrication.

Dans le cadre de cette étude, une contamination extérieure avait également lieu. En effet, dans les régions du Sud de la France, on trouve fréquemment des guêpes, qui construisent les nids à l'extérieur des bâtiments mais qui arrivent incidemment à rentrer dans les locaux de fabrication.

Il n'était ainsi pas rare en été de trouver une guêpe morte dans des pains. Les guêpes étaient le plus souvent logées en surface du pain, ce qui signifie que la contamination s'était faite par l'intermédiaire des filets, stockés dans un local à l'extérieur des bâtiments de fabrication. On a alors supposé qu'à l'occasion du nettoyage hebdomadaire⁶⁸ à l'extérieur des bâtiments, une guêpe pouvait se poser sur un filet, juste après le nettoyage, avant que le filet ne soit rentré dans la salle de fabrication. A la reprise de la production, un pain déposé sur le filet contaminé se retrouvait alors collé alors à la guêpe.

5.1.1.2.2.les rongeurs

La présence de farine et de graines constitue un facteur idéal pour l'installation de rongeurs. Il s'agit le plus souvent de souris ou de rats. Les dégradations engendrées par ces animaux sont multiples : ils véhiculent toute sorte de germes et de poussière sur leur pelage, souillent les matières premières par leurs excréments et leurs poils, dégradent les sacs de matières premières et détruisent les installations électriques des machines de production.

⁶⁸ Lors du nettoyage hebdomadaire, la totalité des filets est démontée du four, et remplacée par un deuxième jeu de filets. Le nettoyage des filets est effectué pendant la semaine à l'extérieur des bâtiments.

5.1.1.2.3.autres

Dans cette étude, l'usine étant située près d'un réservoir d'eau et d'une zone marécageuse, de nombreux animaux vivent aux alentours des bâtiments, comme des grenouilles, des ragondins ou des serpents. On risque ainsi de retrouver une grenouille sur un pain, dans les mêmes circonstances de contamination que pour les guêpes.

La proximité des points d'eau est bien évidemment une situation à éviter lorsqu'on construit une usine agroalimentaire.

5.1.2.le danger physique

Le corps étranger constitue le danger majeur en panification et représente la majorité des réclamations clients. Ainsi, environ 30% des réclamations clients concernent des anomalies rendant le produit inconsommable, et parmi celles-ci près de 85% incriminent des corps étrangers.

Il s'agit le plus souvent de lames de scarification qui se cassent ou se détachent des porte-lames, de pièces métalliques qui se détachent des machines (boulons, vis, parfois pièces entières). On peut également rencontrer des cailloux, des bouts de bois, de verre, des insectes, qui proviennent eux essentiellement des matières premières ou des locaux.

Le téflon, matériau recouvrant la structure alvéolée des filets de cuisson, représente quant à lui un danger majeur. En effet, il a tendance à se décoller du filet pour se fixer sur le pain. Il forme alors de petites taches noires à la surface du pain, plus ou moins visibles, selon leurs tailles, compte tenu des cadences de défilement des pains à l'emballage. Or ce matériau est potentiellement cancérigène lorsqu'il est ingéré. Une fois ingéré, il est susceptible de se fixer à la muqueuse du tube digestif (colon) et de provoquer à long terme un polype, lui-même susceptible de se transformer en tumeur maligne. Le fait d'ingérer un morceau de téflon n'engendre pas systématiquement un cancer du colon mais le problème est suffisamment grave pour imposer que l'on prenne les précautions nécessaires au stade de la fabrication.

Le corps étranger métallique est le plus facilement maîtrisable grâce aux détecteurs de métaux. En revanche, il n'existe aucun moyen pour détecter le bois, le verre ou le téflon. Or le téflon et le verre sont souvent à peine visibles.

5.1.3.le danger chimique

Le danger chimique provient essentiellement des pesticides et des métaux lourds potentiellement présents dans les matières premières (notamment la farine), mais aussi des détergents utilisés pour le nettoyage des lignes de fabrication et des locaux, des produits de lutte contre les insectes et les rongeurs, ou encore de la graisse utilisée par la maintenance pour lubrifier les machines.

5.1.4.le danger génétique

Le risque OGM n'apparaît qu'au niveau des matières premières. La plupart des ingrédients utilisés dans la fabrication du pain ne sont pas concernés par le risque OGM, mis à part le maïs entrant dans la composition des pains spéciaux.

5.2. L'identification des causes d'apparition de ces dangers

La recherche des causes potentiels de ces dangers se fait selon la méthode des 5 M. Pour chaque danger, il faut appréhender de façon exhaustive toutes les causes possibles, classées en 5 catégories : matière première, milieu, matériel, main d'œuvre et méthode.

5.2.1.la matière première

Chaque matière première peut être source d'apparition de danger, aussi bien microbiologique, physique que chimique ou génétique. La contamination peut être initiale lors de la récolte ou se faire au cours des traitements subis chez le fournisseur.

La farine, par exemple, peut contenir des mycotoxines, des pesticides, des métaux lourds, mais aussi des insectes ou divers corps étrangers.

La contamination se fait au champ pour les mycotoxines, les pesticides et les métaux lourds : elle se fait par le sol pour les mycotoxines et les métaux lourds, et à la suite d'épandages sur les récoltes pour les pesticides. Ces substances, présentes sur le grain de blé, se retrouvent ensuite dans la farine, les traitements subis par le blé (broyage, traitements thermiques) n'altérant pas leurs structure chimique ni leur survie⁶⁹.

La contamination par les insectes ou les corps étrangers peut se faire indifféremment au champ (lors de la récolte) ou chez le fournisseur.

⁶⁹ Les mycotoxines résistent à de très hautes températures.

5.2.2.le milieu

Le milieu environnant peut également être source de contamination biologique, physique ou chimique.

Ainsi les locaux (murs, sols), s'ils sont insuffisamment ou incorrectement nettoyés peuvent devenir des nids à microbes. Si aucun traitement n'est effectué, ils servent également d'abri pour les insectes ou les rongeurs, d'autant que les conditions de vie sont idéales : température douce, présence de nourriture en abondance (local de stockage des matières premières).

Un défaut de conception (non respect de la marche en avant) favorise le passage des animaux dans les locaux de fabrication .

La présence inopportune de produits toxiques (produits de maintenance ou d'entretien, raticide, insecticide) constitue un risque chimique potentiel.

Enfin, tous les objets qui « traînent » (râcles, stylos, balais) sont autant de dangers physiques.

Des placards doivent être prévus à l'extérieur de la salle de production pour le stockage des produits chimiques et aucun objet ne doit être posé au hasard.

Dans le cadre de cette étude, un facteur inhabituel et inhérent à la région est par ailleurs intervenu: le vent. En effet, le département des Bouches-du-Rhône appartient à une région balayée par le mistral tout au long de l'année. Ce vent, atteignant des vitesses considérables, se fait véhicule de nombreuses particules, aussi bien poussières que germes ou insectes. Il convient lors de la conception de l'usine de prévoir les portes d'accès aux locaux de production à l'abri du vent (donc exposées au Sud⁷⁰) et bien sûr d'éviter tout accès direct entre les salles de fabrication et l'extérieur (prévoir des sas intermédiaires, qui peuvent être les zones de stockage des matières premières, les ateliers de maintenance, ou idéalement les bureaux.

5.2.3.le matériel

Le matériel potentiellement source de contamination englobe aussi bien les machines elles-mêmes et les pièces annexes (boulons, lames de scarification, pièces entières qui se détachent) que le petit matériel utilisé par les opérateurs (raclette, pige⁷¹), ou encore les outils utilisés par les techniciens de maintenance (boulons, tournevis).

Le téflon des filets de cuisson est également classé dans cette catégorie.

⁷⁰ Le mistral est un vent qui souffle du Nord vers le Sud.

⁷¹ Tige métallique ou plastique prédimensionnée permettant au surveillant de ligne de vérifier la longueur des pains à la dépose.

5.2.4.la main d'œuvre

L'intervention humaine est essentiellement source de contamination microbienne (absence de nettoyage des mains avant manipulation des produits, plaies non soignées ni protégées, éternuement) et de danger physique (bijoux, objets dans les poches, cheveux).

C'est pourquoi la sensibilisation du personnel est très importante : il convient d'apprendre aux opérateurs à se laver correctement et régulièrement les mains, à respecter le port de la tenue, à positionner correctement la charlotte sur leur tête, à ne porter ni bague, ni montre, ni boucle d'oreille.

5.2.5.la méthode de travail

La façon de travailler peut concerner aussi bien le respect des températures de cuisson, que le respect de la chronologie du nettoyage, ou encore les précautions à prendre lors du nettoyage ou de la maintenance pour éviter la contamination des produits ou des surfaces de production. Là encore, la formation et la sensibilisation du personnel sont indispensables.

5.3. La détermination des mesures préventives pour éviter l'apparition de ces dangers

5.3.1.généralités

Les mesures préventives regroupent tous les moyens déjà mis en œuvre dans l'entreprise pour éviter l'apparition des dangers. Il s'agit des cahiers des charges, des consignes de travail, de la formation du personnel.

Des valeurs seuils imposées dans le cahier des charges des fournisseurs ainsi que des audits réguliers chez les fournisseurs permettent de limiter l'apparition des dangers dûs à la « matière première ».

La conception des locaux, la mise en place de procédures de nettoyage adéquates, ainsi que la sensibilisation du personnel permettent de limiter les dangers dûs au « milieu », au « matériel » et à la « méthode ».

La sensibilisation du personnel par un programme de formation est primordiale, car elle intervient dans 4 des 5 dangers : matériel, milieu, main d'œuvre, méthode. Elle inclut, entre autres, le respect des temps de lavage, le nettoyage des mains, le port de la charlotte, le rangement du matériel. C'est un point fondamental de l'HACCP : les opérateurs sont les acteurs principaux de la démarche HACCP, c'est par eux qu'elle prend vie. Il est donc

indispensable de leur en faire prendre conscience afin que l'HACCP ne se limite pas à une suite de tableaux rangés dans un classeur Qualité.

Pour chaque type de danger, nous allons maintenant voir quelles mesures préventives ont été mises en place dans cette étude.

5.3.2.les mesures préventives pour éviter l'apparition d'un danger biologique

5.3.2.1.les mesures préventives concernant les matières premières

Une des mesures préventives mises en place lors de la démarche HACCP a été tout d'abord de modifier les cahiers des charges des fournisseurs.

Des audits fournisseurs ont également été instaurés, notamment pour la farine et la levure, principaux constituants du pain. Les audits permettent de vérifier in situ les bonnes pratiques de fabrication, l'hygiène globale, ainsi que les résultats d'analyse.

5.3.2.2.les mesures préventives concernant le process

Concernant le process, l'étude HACCP a conduit à un renforcement de l'hygiène de fabrication : sensibilisation du personnel, amélioration des procédures de nettoyage.

Par ailleurs, des tests de surface ont été mis en place à différents points du process afin d'identifier les endroits où le nettoyage était insuffisant : bacs de dosage, cuves, godets (convoyage), balancelles (repos), tapis convoyeurs, cadres (étuve et coagulation), tapis d'emballage. Ces tests de surface sont très approximatifs : il ne s'agit pas d'identifier les germes, mais d'avoir une idée globale de contamination. C'est pourquoi seules la flore totale et les moisissures ont été recherchées. Les résultats des tests ont identifié les godets, les balancelles et les cadres comme des points nécessitant un nettoyage plus approfondi. Des solutions ont été envisagées afin d'améliorer le nettoyage, mais les impératifs du process (utilisation de tapis en feutre et présence de farine) ne permettent pas toujours l'utilisation d'eau et de produit détergent ni désinfectant.

5.3.2.3.les mesures préventives concernant le produit fini

L'étude HACCP a instauré des contrôles microbiologiques réguliers sur le produit fini. Les critères microbiologiques retenus ont été : la flore aérobie mésophile, *Staphylococcus aureus*, les Salmonelles, les Anaérobies SulfiteRéducteurs, les coliformes thermotolérants et les moisissures.

La flore aérobie mésophile témoigne de la contamination globale du produit. *S. aureus* correspond essentiellement à l'hygiène du personnel (peau, fosses nasales, plaies). Les Salmonelles et les coliformes thermotolérants sont signe de contamination fécale. Les

Anaérobies SulfitoRéducteurs et les moisissures sont ubiquitaires (contamination possible par la farine) et sporulants. Les moisissures sont capables de se développer à des aw relativement faibles. De plus, outre les danger sanitaire avec la production potentielle de mycotoxines, elles représentent un danger technologiques avec la formation de pain filant.

Les levures n'ont pas été sélectionnées car elles sont un ingrédient à part entière : le fait d'en trouver sur le produit fini n'est donc pas anormal. En effet, même si elles sont détruites à une température de 50 °C, il est possible de les trouver de façon « physiologique » dans le pain après cuisson car elles restent en suspension en permanence dans le milieu ambiant.

E. coli n'a pas été retenue car la bactérie avait été retrouvée en quantité très faible lors de précédentes analyses : même s'il s'agit d'un très bon indicateur de la contamination fécale, sa faible valeur et le peu de variation des résultats n'auraient pas permis d'interprétation fiable. Le paramètre coliformes thermotolérants, moins spécifique et donc plus large, lui a été préféré.

Bacillus n'a pas été retenu car il a été trouvé en quantités très faibles dans de précédentes analyses (< 10 UFC), alors que ses valeurs pathogènes avoisinent les 10⁵ UFC.

5.3.3.les mesures préventives pour éviter l'apparition d'un danger physique

5.3.3.1.les mesures préventives concernant les matières premières

Concernant les matières premières, une des mesures préventives est d'imposer dans le cahier des charges des fournisseurs l'absence de corps étranger dans leur produit et de vérifier lors des audits les moyens mis en œuvre dans ce but (présence de tamis, diamètre des pores, etc.).

Sur le site de fabrication du pain, des mesures ont également été mises en place. La farine est ordinairement filtrée deux fois avant d'être utilisée dans les pétrins : à l'entrée du silo lors du dépotage, elle passe à travers une grille au pas de 4,5 mm, et, au moment du dosage, elle traverse un tamis, juste avant d'être envoyée dans les pétrins. Les pores de ce tamis ont un diamètre de 2 mm : tous les corps étrangers de taille supérieure à 2 mm sont retenus par ce tamis et stockés dans un récipient, qui est vidé une fois par semaine. Une des actions mises en place par l'HACCP a été de contrôler le tamis et le contenu du récipient une fois par semaine et de prévoir un tamis de rechange, afin de pouvoir changer immédiatement un tamis percé.

5.3.3.2.les mesures préventives concernant le process

Concernant le process, plusieurs mesures ont été instaurées par l'étude l'HACCP afin de minimiser le risque corps étranger : condamnation des poches des blouses, pose de scratch sur les poches des vêtements de travail des techniciens de maintenance (afin d'éviter la chute d'outils sur les lignes de fabrication), sensibilisation du personnel de maintenance (dans le même but), consignes de vérification du matériel après intervention sur une machine, etc..

5.3.4.les mesures préventives pour éviter l'apparition d'un danger chimique

En ce qui concerne les matières premières, la prévention réside essentiellement dans le renforcement du cahier des charges des fournisseurs et dans des audits.

En ce qui concerne le process, la démarche HACCP a entraîné certaines modifications dans les consignes de travail. Ainsi, il a été demandé aux techniciens de maintenance et inscrit dans les consignes de diminuer la quantité de graisse de maintenance sur les rouages des balancelles ou des cadres. Des consignes de nettoyage ont été créées, décrivant les protocoles d'utilisation des produits et la méthode et la chronologie de nettoyage de chaque machine.

Les produits de nettoyage utilisés sont exclusivement réservés à l'usage dans les industries agroalimentaires et ceux utilisés sur les machines ou tapis sont spécialement agréés pour les surfaces à contact alimentaire.

Le programme de dératisation et de désinsectisation a été confié à un prestataire de service agréé.

5.3.5.les mesures préventives pour éviter l'apparition d'un danger génétique

La plupart des ingrédients utilisés dans la fabrication du pain ne sont pas concernés par le risque OGM, mis à part le maïs entrant dans la composition des pains spéciaux. Néanmoins, à la demande de l'entreprise, chaque fournisseur a dû apporter une garantie écrite d'absence d'OGM dans ses produits et engager sa responsabilité.

5.4. La pondération du risque

Pour chaque danger identifié, on attribue une note afin de classer « l'importance » de ce danger. L'attribution de la note se fait de façon collective, lors des réunions.

L'attribution de la note est arbitraire : la grille initiale de notation est déterminée par le groupe. On peut ainsi choisir une échelle allant de 1 à 5, 1 étant la meilleure note et 5 la plus mauvaise.

Le but est d'avoir une échelle comparative et non pas des valeurs absolues. Les notes prises individuellement n'ont pas vraiment de signification : elles représentent uniquement un grade.

Trois critères sont étudiés selon cette formule de notation :

la fréquence d'apparition du danger : un danger arrivant fréquemment aura une note élevée : 5. Inversement, un danger très rare aura pour note : 1.

la gravité de ce danger : danger de mort ou simple désagrément : un danger potentiellement mortel aura une note maximale : 5, alors qu'un simple désagrément aura pour note : 1.

l'incapacité à détecter ce danger : un danger chimique ne sera pas forcément visible est aura donc une note élevée : 4.

On effectue ensuite une conjonction de ces trois notes afin d'obtenir une note d'appréciation globale du danger. On multiplie les trois chiffres et on obtient ainsi une note comprise entre 1 et 125. Lors du bilan de l'HACCP et du choix des actions correctives ou préventives à effectuer en priorité sur tout le process, on ne retiendra que les notes les plus fortes.

Il est important de noter que ce système de notation est totalement indépendant des critères de détermination des CCP. Ce système de notation ne sert pas à déterminer les CCP, mais permet uniquement de mettre en évidence sur le process des problèmes annexes mais importants que l'entreprise peut choisir de résoudre, même si ce ne sont pas des CCP.

6. LA DETERMINATION DES POINTS CRITIQUES (CCP) ([11, 12])

6.1. L'identification des CCP grâce à l'arbre de décision

Les CCP, de l'anglais Critical Control Points, sont les points critiques du process, pour lesquels la maîtrise des dangers sera indispensable. Ces points critiques sont identifiés à l'aide de l'arbre de décision des CCP.

Dans le cas du pain blanc précuit surgelé, on en a dénombré cinq: l'élaboration du cahier des charges des matières premières et la réception des matières premières pour tous les dangers, la cuisson pour le danger microbiologique, la détection du métal et la dépose du pain sur les filets pour le danger physique.

6.2. La détermination des valeurs seuils et des tolérances pour chaque CCP

Une fois les CCP identifiés, il faut établir des valeurs critiques de tolérance. En cas de dépassement de ces valeurs, des actions correctives devront être mises en place.

Il s'agit par exemple des seuils de métaux lourds sur le cahier des charges de la farine. En cas de dépassement de ces seuils lors d'une contre-analyse ou d'un audit, la farine sera retournée au fournisseur et fera l'objet d'une réclamation.

Cela peut être le nombre de sacs abîmés à la réception d'une livraison. Si plus de deux sacs sont abîmés la livraison est refusée et une réclamation effectuée au fournisseur.

Cela peut être également la température de conservation de la levure dans les chambres froides. La levure doit être conservée entre 0 et 10°C. En cas de dépassement de ces deux valeurs dans les chambres froides, une inspection complète des sacs et cartons sera effectuée, avec mesure de la température des sacs ou cartons. Si aucune anomalie visuelle n'est observée⁷², la levure sera utilisée dans le process de fabrication. Une attention particulière sera alors prêtée lors sa mise en œuvre. Parallèlement, une enquête sera effectuée afin de connaître les causes de cette augmentation de température, et des mesures correctives seront mises en place.

Dans le cas du corps étranger, sa seule présence implique une action corrective : la valeur seuil est alors « présence ou absence ».

En réalité, lors de cette étude, l'équipe HACCP a établi des valeurs seuils pour tous les dangers, même s'il ne s'agissait pas de CCP, dans une démarche d'amélioration globale de l'hygiène de l'entreprise.

7. LE SYSTEME DE SURVEILLANCE ([11, 12])

Pour chaque CCP, il faut mettre en place un système de surveillance qui permette de vérifier que les valeurs mesurées, représentatives des CCP, appartiennent bien à l'intervalle de tolérance préétabli.

7.1. La détermination de la nature et de la fréquence des contrôles

Une fois les valeurs seuils et les tolérances déterminés, il faut choisir le type de contrôle à effectuer : ce peut être par exemple l'audit des fournisseurs de matières premières ou le contrôle de la propreté du matériel de production après nettoyage.

⁷² L'élévation de la température de la levure entraîne son début d'activité enzymatique : son aspect est alors modifié.

Il s'agit ensuite de déterminer la fréquence du contrôle, cette fréquence étant choisie en fonction de sa praticabilité sur le terrain.

Ainsi les audits fournisseurs auront lieu une fois par an et les vérifications de la propreté du matériel à chaque nettoyage. Le détecteur de métal et le contrôle visuel des produits finis sont quant à eux des moyens de contrôle opérationnels en permanence et en continu.

7.2. L'attribution des responsabilités et la validation des enregistrements

Chaque contrôle est affecté à une personne responsable qui signe un enregistrement. Pour les audits, il s'agira du Responsable Qualité, pour le nettoyage, du Responsable Entretien ou d'un Chef de Fabrication, pour la livraison de la farine du Chef de Fabrication.

8. LES ACTIONS CORRECTIVES ([11, 12])

8.1. La détermination de la procédure à suivre en cas de dépassement des valeurs seuils

De la même façon, en cas de dépassement des valeurs seuils, on fixe une conduite à tenir.

Il s'agit par exemple, en cas de non conformité d'un ingrédient (sac troué, matière première altérée), du refus de la marchandise et de la réclamation faite au fournisseur.

En ce qui concerne la présence d'un corps étranger dans le produit fini, le produit non conforme, une fois identifié visuellement ou par le détecteur de métal (éjection), est écarté de la production et mis de côté pour étude. En fonction du résultat de l'enquête pour déterminer l'origine du corps étranger, des actions correctives pourront être mises en place.

8.2. L'attribution des responsabilités et la validation des enregistrements

Concernant les matières premières, c'est le Responsable Achats ou le Responsable Qualité qui gère les non conformités et qui remplit les feuilles de réclamation. Ce sont donc eux qui décideront de la mise en place éventuelle d'actions correctives.

Concernant le produit fini, la découverte de la contamination d'un pain par un corps étranger est noté sur le dossier de fabrication. Le Responsable Qualité choisit ensuite de mettre ou non en place les actions correctives correspondantes.

9. LE SYSTEME DOCUMENTAIRE : INTEGRATION DE LA DEMARCHE HACCP AUX PROCEDURES ISO

La mise en place de la démarche HACCP entraîne la création d'un certain nombre de documents spécifiques, qui ont été évoqués précédemment et que nous n'aborderons pas dans ce chapitre. Nous ne nous attacherons ici qu'aux modifications qu'entraîne l'HACCP dans les procédures ISO.

9.1. Quelques rappels sur le référentiel ISO

La certification ISO implique que l'entreprise soit dotée d'un système d'assurance qualité fiable, qui se manifeste notamment par la présence d'un système documentaire développé et cohérent, dans tous les services de l'entreprise. Ainsi, le système ISO se caractérise tout d'abord par l'existence d'un manuel d'assurance qualité qui explique le fonctionnement du fond documentaire de toute l'entreprise et répertorie les procédures de gestion documentaire de chaque service. Chaque service possède ensuite ses propres classeurs, dans lesquels sont rassemblés tous les documents internes au service. Ces classeurs contiennent notamment les consignes de travail et les enregistrements.

9.1.1.les consignes de travail

Les consignes de travail décrivent précisément la marche à suivre pour l'exécution d'une tâche donnée. Cela peut concerner les actions à effectuer par un opérateur sur un poste en production ou bien le fonctionnement d'une machine ou encore la description d'une manœuvre nécessitant des instructions précises. Il y a donc en production autant de consignes de travail que de postes de travail et de machines.

Ces consignes sont amenées à être modifiées régulièrement en fonction de l'évolution des méthodes de travail : le numéro de version et la date de mise à jour permettent de s'assurer de la validité d'une consigne.

En général, sur chaque poste de travail se trouve un classeur contenant les consignes de travail correspondantes, ainsi que les feuilles d'enregistrement vierges.

9.1.2.les enregistrements

Les enregistrements sont des feuilles vierges sur lesquelles doivent être inscrites le résultat de mesures ou de contrôles imposés à une fréquence déterminée par les consignes de travail. Le personnel doit donc les remplir régulièrement.

Les mesures ou les contrôles peuvent prendre différents aspects : ce peut être aussi bien une grille de contrôle du nettoyage après un dégivrage, qu'une fiche test pour l'utilisation de nouveaux emballages cartons, ou encore qu'un échantillon de mesures de la longueur des pains sur un lot donné.

Il peut s'agir également de contrats passés avec les prestataires de service tels que la société de désinsectisation/dératisation ou la société qui gère les installations de froid. Toute modification de ces prestations doit être enregistrée dans les feuilles d'enregistrement.

9.2. L'intégration de l'HACCP au système ISO

L'intégration de l'HACCP au système ISO se fait à deux niveaux : il faut d'une part rédiger les documents spécifiques à l'HACCP selon le référentiel ISO et d'autre part modifier certains documents ISO d'après les décisions prises en réunion HACCP.

La rédaction des documents spécifiques à l'HACCP selon le référentiel ISO consiste à les faire appartenir à une catégorie de documents (consigne de travail ou enregistrement), en leur attribuant un numéro de version. Ainsi, les tableaux d'analyse des risques ou encore l'audit HACCP seront des enregistrements à part entière et devront être classés dans la liste des enregistrements qualité. Le programme de formation du personnel est lui considéré comme une consigne de travail.

La modification des documents ISO consiste à intégrer toutes les nouvelles mesures, préventives ou correctives, ou tous les procédés de surveillance instaurés en réunion HACCP dans les consignes de travail correspondantes : cela peut concerner les consignes de travail des opérateurs sur les lignes de fabrication, des consignes de réception des livraisons ou des consignes de nettoyage ou d'entretien. Toute nouvelle responsabilité attribuée à une personne y sera notée et sa tâche sera décrite précisément.

10. TROIS EXEMPLES DE CCP POUR ILLUSTRER LE PRINCIPE DE LA MISE EN PLACE DE LA DEMARCHE

10.1. Premier exemple: l'étape d'élaboration du cahier des charges de la farine et les contaminants microbiologiques, chimiques et physiques (voir Annexe 4 p.164)

Dans cet exemple, on ne s'intéressera qu'à l'aspect sanitaire du cahier des charges de la farine : les paramètres à valeur technologique (tels que la force, le temps de chute de Hagberg⁷³, la teneur en cendres) ne seront pas traités ici.

⁷³ Temps mesuré de pénétration d'un gel d'amidon qui permet d'évaluer la consistance de la farine [11].

10.1.1.pourquoi cette étape est-elle un CCP ?

En suivant le questionnaire de l'arbre de décision (voir tableau 4 p.116), on répond comme suit :

A la Question 1 « Des mesures préventives sont-elles en place ou peuvent-elles être mises en place ? »: oui, des mesures préventives sont en place pour éviter la présence d'une contamination microbiologique, physique ou chimique de la farine : des valeurs seuils concernant les différents contaminants (pesticides, métaux lourds, bactéries, mycotoxines, corps étrangers) ont été fixées dans le cahier des charges de la farine. Des analyses régulières doivent être effectuées par le fournisseur afin de vérifier le respect de ces valeurs. C'est au fournisseur de s'assurer de l'hygiène de sa fabrication : il engage sa responsabilité en signant le cahier des charges.

A la Question 2 « Cette étape est-elle destinée à éliminer le danger ou à en réduire la probabilité d'apparition à un niveau acceptable ? »: oui, cette étape est destinée à éliminer le danger puisqu'elle impose l'absence de contaminant ou une teneur très réduite. Cette étape est également destinée à réduire la probabilité d'apparition du danger à un niveau acceptable puisqu'on peut supposer que le fournisseur, ayant engagé sa responsabilité, mettra tout en œuvre pour éviter l'apparition de ce danger.

On aboutit donc à la conclusion que l'étape d'élaboration du cahier des charges de la farine est un CCP.

10.1.2.les mesures préventives adoptées

La signature du cahier des charges constitue en elle-même une mesure préventive qui permet d'éviter la présence des différents contaminants (pesticides, métaux lourds, bactéries, mycotoxines, corps étrangers) dans la farine (cf. Annexe 4 p.164). La responsabilité en incombe au fournisseur, qui doit s'assurer de l'hygiène de sa fabrication.

C'est au Service Qualité de l'entreprise d'être vigilant sur les dangers potentiels et de se mettre à jour des nouvelles réglementations à ce sujet, afin de maintenir un cahier des charges adapté. En général, les fournisseurs se gardent bien, à moins d'un partenariat sans faille avec l'entreprise, de signaler les nouvelles exigences administratives qui risqueraient d'alourdir le cahier des charges et le coût des analyses à effectuer. La prise en charge financière des analyses est à négocier entre le fournisseur et l'entreprise. Le plus souvent, le fournisseur accepte de les prendre en charge, tout ou partie, selon qu'il considère qu'elles sont justifiées ou non (mais cela reste très subjectif). Toute analyse supplémentaire surajoutée sera ensuite à la charge de l'entreprise.

La méthode d'élaboration du cahier des charges a été développée précédemment.

La certification ISO et HACCP des meuniers et des audits réguliers de leur sites de production constituent une sécurité supplémentaire au cahier des charges quant au respect des bonnes pratiques hygiéniques dans leurs unités de fabrication et à l'assurance d'un ingrédient sain.

10.1.3. le plan de surveillance

Le plan de surveillance comprend l'envoi par les fournisseurs des résultats d'analyse, à une fréquence prédéfinie dans le cahier des charges. Ainsi, les analyses microbiologiques, les analyses de pesticides et le *filth test* doivent être réalisés au minimum tous les trimestres et une copie des résultats doit être envoyée à l'entreprise. De même, les analyses de mycotoxines et de métaux lourds doivent être effectuées tous les semestres et une copie des résultats doit également être envoyée à l'entreprise.

Le Service Qualité est alors chargé de vérifier que les résultats d'analyse respectent bien le cahier des charges.

Il est cependant regrettable que ces analyses soient effectuées avec une fréquence aussi faible, vue la quantité de farine utilisée chaque jour dans l'entreprise.

Il est également dommage qu'il ne soit pas exigé que ces analyses soient effectuées sur une mouture effectivement livrée à l'entreprise. Lors de l'étude, en effet, les analyses fournies au Service Qualité provenaient d'une mouture prise au hasard, qu'elle soit livrée ou non à l'entreprise.

Il aurait été également intéressant que l'entreprise réalise des contre-analyses inopinées complémentaires de celles des fournisseurs. Mais cette solution n'a pas été retenue en raison du surcoût que cela aurait induit et du problème logistique que cela aurait engendré : le délai d'obtention des résultats n'était pas compatible avec les cadences d'utilisation de la farine, celle-ci étant déjà stockée dans le silo et prête à être utilisée.

10.1.4. les mesures correctives adoptées

Le plan de surveillance décrit ci-dessus ne permet pas d'action corrective efficace ni suffisamment rapide, pour plusieurs raisons déjà évoquées : les résultats d'analyses fournis ne correspondent pas forcément à la farine effectivement présente dans les silos, la fréquence des analyses est trop basse par rapport aux tonnages de farine mis en oeuvre.

De plus, l'obtention des résultats d'analyse, en cas de contre-expertise, serait trop tardive par rapport à la rapidité d'utilisation de la farine après livraison et le refus d'un lot de farine et sa restitution au fournisseur, alors que la farine est déjà dans le silo, poseraient des

gros problème d'intendance : blocage du silo, nécessité de sa vidange, nécessité d'une nouvelle livraison, etc.

Idéalement, il faudrait donc exiger une analyse pour chaque mouture⁷⁴, ainsi que l'envoi au Service Qualité des résultats d'analyse quelques jours avant la livraison, afin que celui-ci ait une marge de manoeuvre en cas de refus de la livraison.

Une des mesures correctives à adopter serait ainsi le refus de la livraison, une réclamation fournisseur et l'exigence de la livraison d'un nouveau lot de farine.

10.2. Deuxième exemple: l'étape de réception de la farine et les contaminants microbiologiques, chimiques et physiques (voir Annexe 5 p.165)

10.2.1.pourquoi cette étape est-elle un CCP ?

En suivant le questionnaire de l'arbre de décision (voir tableau 4 p.116), on répond comme suit :

A la Question 1 « Des mesures préventives sont-elles en place ou peuvent-elles être mises en place ? »: oui, des mesures préventives sont en place pour éviter la contamination de la farine lors du dépotage: procédés de fermeture et d'ouverture des silos, consignes concernant l'hygiène du dépotage.

A la Question 2 « Cette étape est-elle destinée à éliminer le danger ou à en réduire la probabilité d'apparition à un niveau acceptable ? »: non, le dépotage de la farine ne permet pas d'éliminer une contamination antérieure de celle-ci, quelle soit microbiologique, physique ou chimique.

A la Question 3 « Une contamination peut-elle intervenir à cette étape ou le danger peut-il s'accroître jusqu'à un niveau inacceptable ? »: oui, des contaminants peuvent s'infiltrer depuis le milieu extérieur jusqu'à la farine par l'intermédiaire des tuyaux de dépotage.

A la Question 4 « Une étape ultérieure peut-elle éliminer le danger ou en réduire la probabilité d'apparition à un niveau acceptable ? »: non, sauf pour le danger physique, puisqu'un tamisage automatique de la farine avant la pesée et l'alimentation des pétrins permet d'éliminer les corps étrangers de taille supérieure à 2mm.

On aboutit donc à la conclusion que l'étape de réception de la farine est un CCP pour la majorité des contaminants.

⁷⁴ Dans cette étude, une mouture correspond à 100 tonnes de farine, soit 4 silos et donc 4 camions.

10.2.2.les mesures préventives adoptées

Les mesures préventives mises en place pour l'étape de réception de la farine sont principalement :

- la vérification de l'intégrité des plombs qui sertissent la (les) valve(s) du camion : l'intégrité des plombs garantit l'origine de la farine et qu'il n'y a pas eu de contamination ultérieure au chargement du camion.

- le protocole de fermeture et d'ouverture des silos : l'ouverture et la fermeture des silos se fait par une valve étanche fermée à clé, la clé étant détenue par le Chef de Fabrication.

- la connaissance et le respect des règles d'hygiène du dépotage par le transporteur: le nettoyage des tuyaux doit être effectué avant chaque chargement, le déploiement des tuyaux doit se faire au dernier moment, il faut impérativement éviter que les embouts des tuyaux ne traînent par terre.

Ces consignes ont été transmises aux transporteurs par écrit et affichées sur chaque silo.

10.2.3.le plan de surveillance

Le plan de surveillance consiste à contrôler l'hygiène du dépotage, à chaque livraison, et à enregistrer sur le bon de livraison toutes les anomalies détectées. Si rien n'est marqué sur le bon de livraison, cela signifie que le dépotage s'est déroulé correctement.

La surveillance incombe au Chef de Fabrication. Celui-ci est tenu de venir vérifier l'état de propreté général du camion, l'intégrité des plombs sertissant sa (ses) valve(s), d'ouvrir la valve du silo, de vérifier la pression de dépotage, ainsi que l'hygiène du dépotage.

Un exemplaire du Bon de Livraison est rendu au meunier et l'autre est conservé par l'entreprise. Le protocole à suivre est inscrit dans la consigne de travail production « Réception de la farine en vrac ».

10.2.4.les mesures correctives adoptées

En cas de non respect des règles d'hygiène lors du dépotage, l'anomalie est signalée sur le bon de livraison par le chef de Fabrication, qui alerte alors le Service Qualité. C'est ensuite le Service Qualité qui gère la non conformité : il effectue une réclamation au meunier par l'intermédiaire d'une fiche de non conformité fournisseur. Il existe donc deux enregistrements de l'anomalie : le bon de livraison et la fiche de non conformité fournisseur.

10.3. Troisième exemple: l'étape de détection du métal et le danger physique (voir Annexe 6 p.166)

10.3.1.pourquoi cette étape est-elle un CCP ?

En suivant le questionnaire de l'arbre de décision (voir Tableau 4 p.116), on répond comme suit :

A la Question 1 « Des mesures préventives sont-elles en place ou peuvent-elles être mises en place ? »: oui, des mesures préventives sont en place pour éviter la contamination par un corps étranger : sensibilisation du personnel (port de la tenue obligatoire, interdiction du port des bijoux, respect des méthodes de nettoyage), maintenance préventive des machines, comptage systématique des lames de scarification à chaque début de production, lors de chaque changement de lames, et à intervalles réguliers.

A la Question 2 « Cette étape est-elle destinée à éliminer le danger ou à en réduire la probabilité d'apparition à un niveau acceptable ? »: Oui, le détecteur de métaux et la surveillance visuelle des opérateurs servent à repérer les corps étrangers.

On aboutit donc à la conclusion que l'étape de détection du métal est un CCP.

10.3.2.les mesures préventives adoptées

Les mesures préventives s'appliquent à toutes les étapes de fabrication en amont de l'étape de détection du métal, et, pour chaque étape, aux cinq origines possibles de la contamination (principe des 5M). Elles concernent aussi bien le personnel (bijoux, cheveux, stylos) que le matériel (pièces de machines qui se détachent, boulons), la matière première (bout de kraft se détachant d'un sac lors du dosage), la méthode de travail (oubli de petit matériel lors du nettoyage ou d'outils lors des opérations de maintenance), ou le milieu (entretien des locaux de fabrication, lutte contre les nuisibles).

Ainsi, le port des bijoux est interdit, le port de la charlotte et de la blouse est obligatoire, les poches des blouses sont condamnées. La maintenance préventive de chaque machine est programmée sur un planning selon une fréquence déterminée. Cela permet de contrôler l'usure des machines et de détecter les pièces fragilisées éventuellement susceptibles de se détacher de façon inopinée. Cela permet aussi, par un meilleur entretien, de ralentir la dégradation du matériel. Le personnel de production et de maintenance a été sensibilisé à ce danger et est tenu d'être vigilant, pour notamment n'oublier aucun petit matériel après les opérations de nettoyage ou de maintenance.

10.3.3.le plan de surveillance

Le plan de surveillance repose sur deux outils : le détecteur de métaux et le contrôle visuel par les opérateurs.

Le détecteur de métaux est efficace pour éliminer les corps étrangers métalliques (cuivre, fer, acier) en revanche il n'est d'aucune utilité pour le verre, le bois ou le carton. De plus, le détecteur n'est pas un outil fiable à 100%. Le bon fonctionnement du détecteur est vérifié avant chaque début de production, à chaque changement de produit, et à intervalles réguliers.

Le contrôle visuel permet d'éliminer les autres types de corps étrangers, tels que le verre, le bois ou le craton. Mais le contrôle n'est pas complet, notamment compte tenu des cadences de défilement des produits sur le tapis convoyeur et que l'opérateur ne peut systématiquement retourner tous les produits. De plus, si une anomalie survient dans le fonctionnement de la ligne (bourrage de cartons, anomalie de fonctionnement du surgélateur), le Surveillant de Ligne est alors obligé de quitter son poste pour résoudre le problème. Durant ce temps, le contrôle visuel des produits n'est plus assuré.

La surveillance est donc permanente tout au long de la production par l'intermédiaire du détecteur de métaux et la plus continue possible en ce qui concerne le contrôle visuel. et sous la responsabilité du Surveillant de Ligne. La surveillance des produits est enregistrée sur le dossier d'emballage.

10.3.3.1.le détecteur de métaux ([19])

10.3.3.1.1.la sensibilité du détecteur

Chaque détecteur se caractérise par une sensibilité propre, exprimée en diamètre de sphère, qui représente sa capacité de détection. Ainsi, le détecteur de la ligne automatisée a une sensibilité de 4,5, c'est à dire qu'il est capable de détecter uniquement un corps de taille supérieure à une sphère de 4,5 mm. Une sensibilité sphérique permet de détecter des corps linéaires de longueur variable en fonction de leur diamètre et de leur nature. Ainsi, dans le cas d'un corps étranger linéaire de section 0,95 mm, un détecteur d'une sensibilité de 2,5 mm ne détecte pas une longueur inférieure à 5,5 cm. Un tableau des correspondances permet d'attribuer, pour une sensibilité donnée, une longueur minimale détectable pour chaque type de métal (voir tableau 5). Cet exemple est pris dans le cas où le morceau de métal est orienté de la façon la moins favorable.

10.3.3.1.2.les facteurs de variation de la sensibilité du détecteur

La capacité de détection du détecteur varie en fonction de facteurs propres au détecteur et en fonction de facteurs externes. Cela rend d'autant plus complexe son utilisation.

10.3.3.1.2.1.les facteurs internes relatifs au détecteur

En raison de son mode de fonctionnement (champ électromagnétique), le détecteur de métaux présente quelques particularités d'utilisation.

Ainsi, la position et l'orientation du corps étranger quand il passe dans le détecteur conditionnent l'efficacité de détection de celui-ci.

<i>Sensibilité en diamètre de sphère</i>	<i>Agrafe de bureau 0.95mm de dia.</i>	<i>Fil de cuivre étamé 0.91mm de dia.</i>	<i>Fil de cuivre 1.37mm de dia.</i>	<i>Acier inoxydable EN58E 304L 1.60mm de dia.</i>
• 1.2mm	■ 1.5mm Long	— 3.5mm Long		
● 1.5mm	— 3.0mm	— 9.0mm	— 3.0mm Long	— 8.0mm Long
● 2.0mm	— 6.0mm	— 26.0mm	— 8.0mm	— 24.0mm
● 2.5mm	— 11.0mm	— 55.0mm	— 18.0mm	— 64.0mm

TABLEAU 5 : TABLEAU DE CORRESPONDANCE DIAMETRE DE SPHERE/LONGUEUR DU CORPS ETRANGER POUR UN DETECTEUR DE METAL (D'APRES [19])

Une sensibilité sphérique permet de détecter des corps linéaires de longueur variable en fonction de leur diamètre et de leur nature. Ainsi, dans le cas d'un corps étranger linéaire de section 0,95 mm, un détecteur d'une sensibilité de 2,5 mm ne détecte pas une longueur inférieure à 5,5 cm.

L'intensité de détection est minimale au centre géométrique du détecteur (voir figure 28). Ainsi, un corps métallique sera mieux détecté s'il est positionné en périphérie du tapis convoyeur que s'il est situé en son centre.

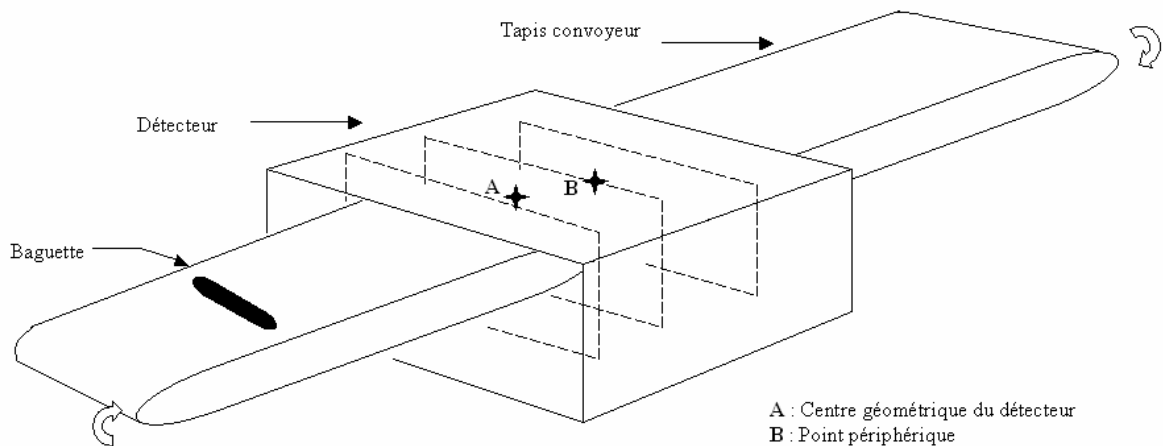


FIGURE 28 : VARIATION DE LA CAPACITE DE DETECTION DU DETECTEUR DE METAL EN FONCTION DE LA POSITION DU CORPS ETRANGER SUR LE TAPIS CONVOYEUR (D'APRES [19])

L'intensité de détection est minimale au centre géométrique du détecteur. Ainsi, un corps métallique sera mieux détecté s'il est positionné en périphérie du tapis convoyeur (point B : détection maximale) que s'il est situé en son centre (point A : détection minimale)

De plus, un fil de fer passé parallèlement à l'axe de défilement du tapis, et donc perpendiculairement à l'axe du détecteur sera détecté facilement alors que un fil non ferreux le sera très difficilement (voir figure 29). Inversement, un fil ferreux disposé perpendiculairement à l'axe du tapis (ou parallèlement à l'axe du détecteur) sera détecté difficilement alors qu'un fil non ferreux le sera très facilement.

10.3.3.1.2.2.les facteurs externes inhérents au produit testé

L'humidité du produit testé conditionne l'efficacité du détecteur : plus le produit est humide, comme c'est le cas pour le pain, plus cela perturbera le détecteur et aura tendance à le faire sonner. Il faut tenir compte de cet impératif lors du nettoyage et veiller à ce que les tapis convoyeurs soient bien secs avant la reprise de la production.

De même, l'épaisseur du produit diminue la capacité de détection et il faut alors augmenter la sensibilité du détecteur, au risque de provoquer des faux positifs. Par ailleurs, le réglage du détecteur se fait pour des pains posés côte à côte sur le tapis. Il est donc important, lors du défilement des produits, qu'il n'y ait pas de superposition des pains, de façon à ne pas diminuer la sensibilité du détecteur.

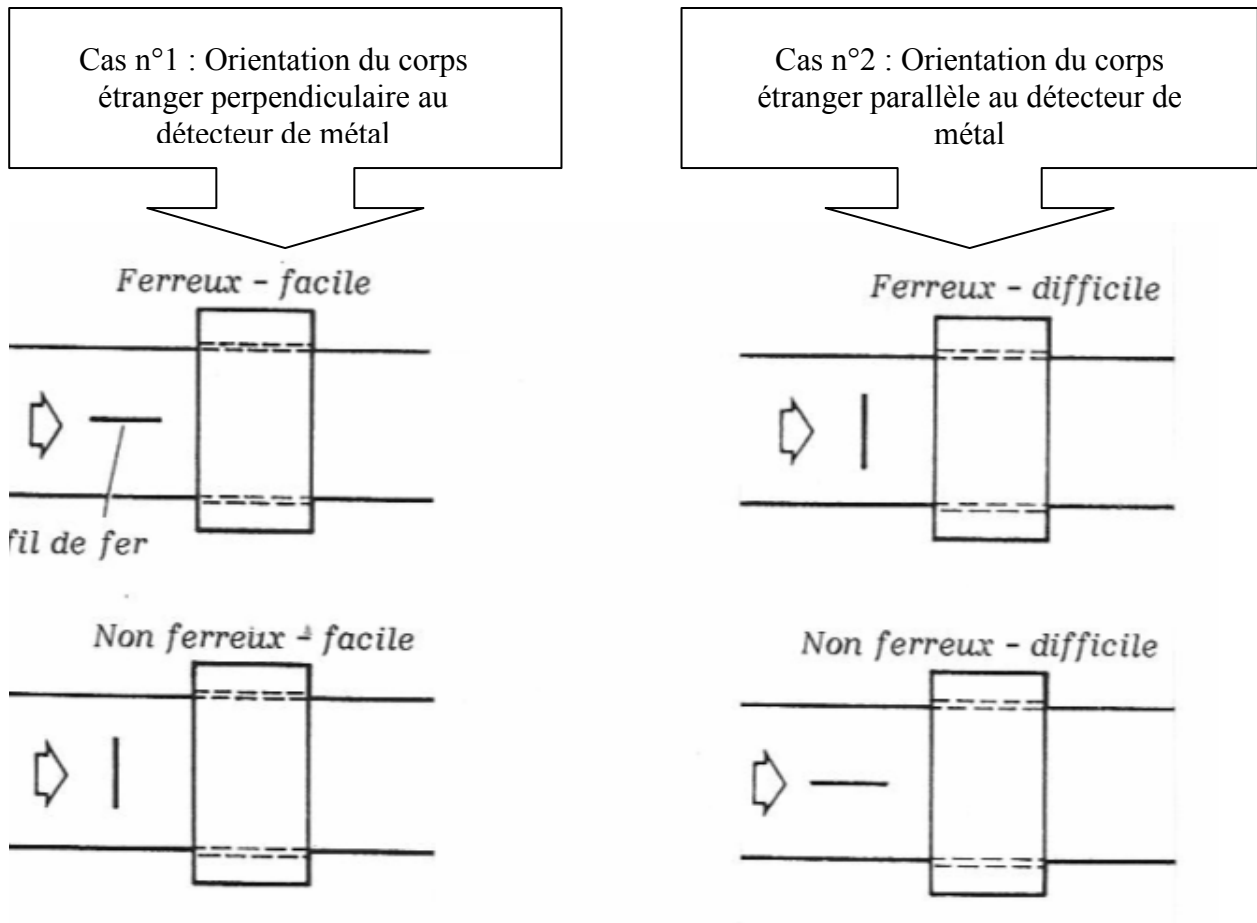


FIGURE 29 : VARIATION DE LA CAPACITE DE DETECTION DU DETECTEUR DE METAL SELON L'ORIENTATION DU CORPS ETRANGER ET DE LA NATURE DU METAL (D'APRES [19])

La nature et l'orientation du corps étranger influent sur l'efficacité de détection du détecteur de métaux. Ainsi, un fil de fer passé parallèlement à l'axe de défilement du tapis, et donc perpendiculairement à l'axe du détecteur sera détecté facilement alors que un fil non ferreux le sera très difficilement). Inversement, un fil ferreux disposé perpendiculairement à l'axe du tapis (ou parallèlement à l'axe du détecteur) sera détecté difficilement alors qu'un fil non ferreux le sera très facilement.

10.3.3.1.2.3.les facteurs externes issus du milieu extérieur

Une humidité ambiante élevée ainsi que le mouvement ou les vibrations d'une machine à proximité peuvent activer l'alarme du détecteur et provoquer des réactions faussement positives. Or, dans la salle de conditionnement, on est en permanence confronté à ces deux phénomènes. En effet, la salle de conditionnement est en communication directe avec le surgélateur par le biais de la rampe d'éjection des produits, ce qui provoque une humidité importante dans la salle. Par ailleurs, le râtelier d'éjection des pains, les machines d'encartonnage et la compteur de pains sont des machines aux mouvements particulièrement saccadés, qui provoquent de nombreuses vibrations autour du détecteur.

Le réglage du détecteur est donc un compromis entre la nécessité d'avoir une sensibilité maximale de façon à détecter un objet le plus petit possible et le problème du déclenchement intempestif du détecteur par une interférence parasite.

10.3.3.2.le contrôle visuel

La fiabilité imparfaite du détecteur de métaux et son inefficacité à repérer des corps non métalliques rendent d'autant plus important le contrôle visuel des produits par un opérateur. Néanmoins, ce procédé de surveillance n'est efficace que pour les corps étrangers présents à la surface du pain. Un corps étranger logé en profondeur peut passer parfaitement inaperçu. De plus, les cadences de défilement des produits et le positionnement des pains sur le tapis de convoyage ne facilitent pas la détection des corps étrangers, notamment s'ils sont de petite taille.

Ainsi, la surveillance visuelle n'est pas un outil totalement fiable. Elle est complémentaire du détecteur de métaux mais ces deux techniques ne garantissent pas à 100% l'absence de corps étranger dans le pain.

10.3.4.les mesures correctives adoptées

En cas de détection d'un corps étranger dans un pain, le produit est immédiatement mis de côté. L'anomalie doit être rapidement signalée au Responsable Production, au Responsable Qualité et/ou au Chef de Fabrication, afin de mettre en place les actions correctives nécessaires. Ce peut être une vérification de certaines machines ou de l'ensemble des lames de scarification, en fonction de la nature du corps étranger, ainsi que le blocage d'un lot de produits. L'anomalie est enregistrée sur le dossier d'emballage, sous la responsabilité du Surveillant de Ligne.

11. L'ETABLISSEMENT DES PROCEDURES DE VERIFICATION

C'est l'ultime étape de la démarche : il s'agit de vérifier que toutes les mesures mises en place sont opérationnelles et fonctionnelles.

Dans un premier temps, il faut effectuer un suivi de toutes les modifications engendrées par l'étude HACCP et s'assurer qu'elles ont bien été effectuées. Ce suivi est enregistré sur un tableau de bord, et en général effectué par le Responsable Qualité. Il s'agit de vérifier régulièrement le degré d'avancement des modifications ou des nouvelles mesures mises en place et de le noter sur le tableau de bord.

Dans un deuxième temps, des audits HACCP sont réalisés régulièrement afin de vérifier l'efficacité des mesures mises en place. L'audit HACCP se divise en deux parties.

La première partie consiste à vérifier par l'intermédiaire d'une grille d'audit que les infrastructures, les différents services de l'entreprise, les prestataires de service et le système documentaire fonctionnent conformément aux principes fondamentaux d'hygiène de

l'HACCP. Il s'agit par exemple de vérifier l'état de propreté des locaux, le respect de la marche en avant, la conduite d'une réception de matières premières, etc.

La deuxième partie consiste à simuler un état de crise et de vérifier, pour un problème choisi au hasard, que le système mis en place fonctionne bien et chaque intervenant connaît son rôle et les actions à effectuer. On peut ainsi simuler la perte d'une lame de scarification au niveau du four par un Chef de Fabrication et voir quelles sont les actions correctives mises place (recherche de la lame dans le refroidisseur, surveillance accrue à l'emballage, vérification du fonctionnement du détecteur, etc.).

12. LE SUIVI DE LA DEMARCHE

Il est parfois nécessaire de modifier ou d'actualiser certains protocoles de surveillance ou d'actions correctives, en raison d'une modification d'une partie du process de fabrication, du changement d'une machine, de la modification d'un poste. C'est pourquoi la démarche HACCP est évolutive et c'est pourquoi il faut faire un suivi régulier. Les audits de contrôle sont prévus dans ce but.

13. DISCUSSION SUR LA MISE EN PLACE DE LA DEMARCHE HACCP

13.1. Le contenu de la démarche HACCP

13.1.1. le choix des dangers à étudier

Comme cela a été évoqué précédemment, l'étude a volontairement été restreinte aux dangers « classiques » : biologiques, physiques, chimiques et génétiques.

Il aurait été intéressant de traiter le sujet de la traçabilité, à savoir de s'assurer que, tout au long du process, l'on est capable de suivre et d'identifier précisément un produit ou ingrédient. Cela implique d'être capable de dire à quels numéros de lots « matières premières » correspond un numéro de lot « produit fini » donné et inversement d'être capable de retrouver dans quel lot de produit fini est présent tel lot de matière première. C'est le principe de la traçabilité amont et de la traçabilité aval.

De même, il aurait été intéressant d'envisager le danger technologique, c'est à dire de définir les points du process qui sont primordiaux pour l'obtention d'un produit fini de qualité visuelle et organoleptique satisfaisante et constante, quels sont ceux qui sont encore mal maîtrisés et qui entraînent des pertes en quantité importante. Ce peut être, par exemple, le problème de l'utilisation de la pâte présente dans les pétrins après un arrêt long (suite à une

panne, par exemple)⁷⁵, ou encore la gestion d'une longue panne au niveau du four ou du surgélateur.

13.1.2. le budget attribué à la démarche HACCP

La mise en place de la démarche implique des investissements financiers parfois lourds et il est parfois très difficile de les faire accepter par la direction. Ainsi, la réfection totale d'un local de stockage des matières premières désuet, la construction d'un local fermé pour abriter les filets, la mise en place d'un système d'aspiration de la farine performant sont des mesures correctives indispensables mais très coûteuses.

L'entreprise est souvent amenée à faire des choix pour ne financer que les transformations de nécessité majeure. Dans tous les cas, des priorités sont à établir de façon éventuellement à répartir les travaux sur plusieurs années.

Parfois, de petites modifications, nécessitant peu de temps et d'argent, permettent des améliorations efficaces, comme par exemple la mise en place de protections métalliques sur certaines machines (pour éviter la contamination des produits par des pièces détachées), la mise en place d'un système de remplissage automatique de l'autolaveuse (pour garantir un dosage correct des détergents et pour éviter la contamination des produits par le contenu de bidons qui « traînent » en salle de production), le rebouchage de trous dans les cloisons dans le cadre de la lutte anti-rongeurs.

13.2. La formation et la sensibilisation du personnel

Comme cela a été évoqué précédemment, l'implication de tout le personnel, et notamment des opérateurs, dans la démarche HACCP est indispensable.

De plus, avec l'apparition de la nouvelle réglementation européenne « Paquet Hygiène », la formation du personnel fait partie des obligations de l'industriel [37]. Elle est également un point clé de la norme ISO 22000.

Le programme de formation a deux objectifs : réapprendre les notions essentielles d'hygiène et initier à la démarche HACCP. Ainsi, la formation se déroule en trois temps :

- premier temps : sensibilisation des opérateurs à l'hygiène et (ré-)apprentissage des notions d'hygiène fondamentales. Sont ainsi développés des grands thèmes comme le nettoyage (produits à utiliser, méthode), l'hygiène du personnel, les microbes, la lutte contre les nuisibles.

⁷⁵ La pâte évolue rapidement à cause de l'activité des levures : sa souplesse, sa machinabilité peuvent être altérées si elle reste trop longtemps sans être travaillée.

- deuxième temps : explications sur la signification et sur le principe de la démarche HACCP et sur les raisons de son existence dans l'industrie agro-alimentaire
- troisième temps : initiation aux principes de la démarche HACCP en présentant les différents types de dangers (microbiologique, physique, chimique) susceptibles de contaminer l'aliment, les causes possibles de l'apparition de ces dangers (méthodes des 5M), ainsi que quelques exemples de mesures préventives et d'actions correctives mises en place.

Il est important d'adapter la formation à l'entreprise et au secteur d'activité concerné : il ne faut développer par exemple que les germes susceptibles d'être présents dans le pain, et prendre des exemples présents au quotidien dans l'usine afin d'impliquer les gens.

Un film vidéo, tourné sur les lignes de fabrication est montrant les fautes d'hygiène commises par le personnel peut idéalement servir de support à la formation. Un récapitulatif des réclamations internes (détectées en cours de production) et des réclamations externes (effectuées par les clients) de l'année en cours permet également de bien illustrer la théorie et de marquer les esprits.

13.3. Les aspects pratiques de la mise en place de la démarche HACCP

13.3.1. l'application de la démarche HACCP à une PME

Contrairement aux multinationales qui accordent des budgets importants et du temps à ce type de démarche, les PME ne voient pas toujours l'intérêt d'un tel investissement. Elles mettent en place la démarche HACCP parce que c'est une obligation réglementaire et qu'elles craignent une sanction administrative. L'objectif fondamental de l'entreprise reste la production, c'est une question de survie.

L'atout commercial que peut représenter la mise en place de l'HACCP face à la concurrence et l'image de marque qu'elle peut apporter à l'entreprise peuvent alors n'apparaître que secondaires. Cela est regrettable car, dans le contexte actuel de crise sanitaire des aliments, les consommateurs et par conséquent les entreprises s'enquièrent de plus en plus de ces marques de qualité et de sécurité. Dans cette étude, l'entreprise n'a-t-elle pas elle-même sélectionné ses fournisseurs en fonction de leur certification ISO ou HACCP ?

13.3.2. comment associer la démarche qualité aux impératifs de la production

Une des difficultés de l'HACCP consiste à savoir accorder la démarche qualité avec les impératifs de la production. En effet, le système qualité est considéré comme un système contraignant, fastidieux, générateur de perte de temps et apportant peu d'intérêt. « On n'a pas

le temps » est une réponse qui revient fréquemment, lorsqu'on recherche une information ou lorsqu'il s'agit de mettre en place une consigne de travail ou d'attribuer une nouvelle responsabilité à quelqu'un.

Pourtant le fait de structurer le travail de chacun mène imperceptiblement à faciliter le fonctionnement général de l'entreprise et donc à gagner du temps.

Il faut donc garder à l'esprit que le système qualité doit être fonctionnel : il faut rédiger des consignes de travail simples et facilement applicables au quotidien.

13.3.3.les avantages et les inconvénients du travail en équipe

Le travail en équipe est un mode de travail très enrichissant et très productif : les idées progressent beaucoup plus rapidement car chacun rebondit sur les suggestions des autres. Cela permet souvent de trouver des solutions à des problèmes qui paraissaient auparavant inextricables.

Inversement, il est parfois difficile d'obtenir l'unanimité sur un sujet donné et d'accorder tout le monde lors des prises de décision. C'est là que doivent intervenir les qualités de manager du chef de projet.

C'est par ailleurs un véritable challenge que de réussir à trouver une date et un horaire pour réunir tout le monde, en raison des emplois du temps de chacun.

13.3.4.la durée de la démarche

La durée de la mise en place de la démarche HACCP est variable selon le type de produit étudié, la complexité du process, la taille de l'entreprise. Il faut néanmoins prévoir au minimum un délai d'un an à un an et demi.

L'étude devant s'adapter aux impératifs de la production, cela entraîne parfois des ralentissements quant au déroulement de la mise en place.

Essayer de réduire cette durée implique inmanquablement de bâcler certains points de la démarche et fait perdre toute cohérence, tout bien fondé et toute crédibilité à la démarche.

CONCLUSION

Rendue obligatoire depuis 1993 par la directive 93/43/CE, la démarche HACCP est fondée sur la responsabilisation de l'industriel, en lui laissant une grande liberté dans ses choix et dans les moyens mis en oeuvre. C'est une démarche très complète, qui fait intervenir tous les services de l'entreprise et même plus, car elle implique les fournisseurs et les prestataires de service.

L'HACCP n'est pas une méthode figée : le groupe de travail doit adapter la démarche aux besoins et aux capacités de l'entreprise. Il ne s'agit pas de mettre en place des consignes de travail inexploitable. Mais il ne faut pas pour autant sous-estimer ou négliger un problème par souci de facilité ou d'économie. C'est de plus une démarche évolutive qui doit continuer à s'adapter après sa mise en place.

Par ailleurs, par sa nature exhaustive, elle permet de mettre en évidence des problèmes a priori annexes pour l'étude mais qui peuvent s'avérer importants pour l'entreprise. Ainsi, l'étape de pondération des risques permet notamment de mettre l'accent sur des points qui ne sont pas forcément des CCP, mais que le groupe de travail peut considérer comme importants et méritant un investissement de l'entreprise.

L'HACCP ne fonctionne que si le personnel est suffisamment impliqué dans la démarche. Pour cela, il faut assurer une sensibilisation efficace du personnel, par le biais d'une formation adaptée. Il faut également maintenir un échange entre le personnel d'encadrement et les opérateurs. Cela peut sembler une évidence, la communication est un point clé du bon fonctionnement de l'HACCP.

Le process du pain n'est pas un process « à risque » au niveau microbiologique, hormis le danger des mycotoxines. Le danger majeur est le corps étranger, tel que les pièces de machine, les lames de scarification ou encore le silicone des filets de cuisson. Une attention particulière y a donc été portée au cours de l'étude HACCP et dans cet ouvrage.

Les points critiques identifiés au cours de l'étude se situent au niveau des étapes d'élaboration du cahier des charges des fournisseurs, de réception des matières premières, de dépose, de cuisson, de détection des métaux et du nettoyage. Les cahiers des charges matières premières et les consignes de travail ont été remaniés, de façon à y intégrer les actions préventives ou correctives des dangers identifiés. Le personnel a suivi une formation et une sensibilisation à l'hygiène, indispensable pour l'efficacité de la démarche HACCP.

Le secteur de la boulangerie est un secteur où il est difficile d'imposer une qualité sanitaire irréprochable car, partant du principe que le pain n'est pas un produit à risque et qu'il n'existe pas d'impératif réglementaire, les professionnels ont tendance à négliger l'hygiène de fabrication.

La démarche HACCP a été utilisée dans le cadre d'une amélioration sanitaire des produits alimentaires. On peut également l'envisager dans un but technologique, afin d'améliorer et de mieux maîtriser le process de fabrication. Il s'agirait alors de repérer tous les points primordiaux du process, à maîtriser absolument de façon à obtenir au final un produit à la qualité satisfaisante et constante.

AGREMENT ADMINISTRATIF

Je soussigné, A. MILON, Directeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, certifie que

Mlle SAJOT ép. DENEUVILLE, Diane, Marine, Sybille

a été admis(e) sur concours en : 1992

a obtenu son certificat de fin de scolarité le : 26 Septembre 1997

n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

Je soussigné, Monsieur Hubert BRUGERE, Maître de Conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, autorise la soutenance de la thèse de :

Mlle SAJOT ép. DENEUVILLE, Diane, Marine, Sybille


intitulée :

« Contribution à la mise en place de la démarche H.A.C.C.P. pour la fabrication de pain blanc précuit surgelé. »

**Le Professeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Docteur Hubert BRUGERE**



**Vu :
Le Directeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Professeur Alain MILON**



**Vu :
Le Président de la thèse :
Professeur Nicole MARTY**



**Vu le : 29/05/08
Le Président
de l'Université Paul Sabatier
Professeur Gilles FOURTANIER**



Titre : Pain Blanc		Version n° : 1
Responsable : Responsable Qualité		Lieu d'archivage : Service Qualité Durée d'archivage :
MATIERES PREMIERES		
<p>NOM : FARINE TYPE 55 US</p> <p>FOURNISSEUR :</p> <p>DESCRIPTION : Produit pulvérulent résultant de la mouture du grain de blé tendre destiné à la fabrication du pain</p> <p>COMPOSITION : Farine de blé tendre sans acide ascorbique ni farine de fèves, éventuellement supplémentée en gluten de blé et/ou amylases fongiques et/ou malt.</p> <p>CONDITIONNEMENT : Vrac</p> <p>TRANSPORT : Camion citerne à usage alimentaire</p> <p>TRAITEMENT fournisseur : Tamisage, étuvage, repos (6 jours).</p> <p>TRAITEMENT sur site : Transfert en trémie tampon puis tamisage (2 mm) et approvisionnement au pétrissage.</p> <p>Pourcentage mis en oeuvre dans le produit : 70%</p>		
CARACTERISTIQUES	VALEURS MOYENNES	REGLEMENTATION
<u>Organoleptiques</u> :		
Couleur	Blanche	Couleurs de référence :
Odeur	Aucune	Taux de piqûres < témoin
Aspect	Gras au toucher	Taux de cendres < 0,6
<u>Physico-chimiques</u> :		
Humidité	≤ 15%	
Protéines	≥ 10 %	
Cendres	0,55% + ou - 0,05	
Hagberg	250 à 340 secondes	
<u>Alvéogramme</u> :		
W	200 à 230	
G	22 + ou - 2	
P/L	0,6 + ou - 0,2	
Filth test	< 50 fragments dans 50 grammes de produit	FDA < 50 fragments (>30 µm) dans 50 g de farine
Acide ascorbique	< 10 mg / kg	Réglementation (LD 431-55): < 300 mg/kg
OGM et produits dérivés d'OGM	Absence	Règlement n° 1829/2003 modifié : < 1 % [38]
<u>Métaux lourds</u> :		
Plomb	< 0,2 mg/kg	Règlement n° 466/2001 modifié [41]
Cadmium	< 0,1 mg/kg	Pb : < 0,2 mg/kg
Mercurure	< 0,03 mg/kg	Cd : < 0,2 mg/kg
		Recommandations CSHPF (08/09/92) sur les céréales et produits céréaliers:
		Cd : 0,1 mg/kg (=100 µg/kg)
		Hg : 0,03 mg/kg (=30 µg/kg)
<u>Pesticides (Organochlorés et Organophosphorés)</u> :		
Plus de 20 molécules mesurées	Conformes à la réglementation en vigueur (Arrêté du 10/02/89 modifié et Directive 99/71/CE)	Arrêté du 10/02/89 modifié [45] Directive 99/71/CE [42] Règlement n°396/2005 consolidé et modifié [34]

<u>Mycotoxines :</u> Aflatoxine B1 Aflatoxine B2 Aflatoxine G1 Aflatoxine G2 Ochratoxine A Zéaralénone DON (toxine Fusarium) Fumonisine	B1 2µg/kg B1 + B2 + G1 + G2 4 µg/kg 5 µg/kg 100 µg/kg 1250 µg/kg	Règlements n° 1881/2006 modifié et n° 466/2001 modifié [30] Règlement n° 472/2002 [39] Règlement n° 466/2001 [41] Règlement n° 856/2005 [32]
<u>Microbiologiques :</u> Flore aérobie mésophile Coliformes thermotolérants <i>S. aureus</i> Salmonelles <i>E. Coli</i>	< 2.10 ⁵ UFC / gramme < 10 UFC / gramme < 100 UFC / gramme Absence / gramme < 10 UFC / gramme	Il n'existe pas de seuils réglementaires français
ANALYSES PAR LE FOURNISSEUR		FREQUENCE
Alvéogramme Humidité, Protéines, Cendres, Hagberg, Acide Ascorbique Analyse microbiologique Filth test Pesticides Métaux lourds Mycotoxines	un par mouture un par semaine une par trimestre un par trimestre un par trimestre un par semestre un par semestre	
PLAN DE SURVEILLANCE : voir Consignes Réception Farine Contrôle du Bon de livraison Contrôle du plombage et du lavage de la citerne (demander le Bon de Lavage) Gestion des silos Maîtrise de l'ouverture des silos Contrôle des conditions d'hygiène lors du dépotage (pas de tuyau par terre) Pression de dépotage : 0,7 bar maximum Mise à la terre obligatoire Contrôle de la citerne en fin de vidange Contrôle de la pesée avant et après déchargement de la citerne Prélèvement d'échantillon dans un sac identifié (nom du fournisseur, date, n° de silo) Contrôle des bulletins d'analyses pour chaque lot de 100 tonnes : analyses alvéographiques Test de farine en production sur 20 pétrins avant l'utilisation du silo : contrôle de la machinabilité de la pâte, contrôle de la qualité du produit fini		
<u>A mettre en place :</u> Audit Fournisseurs (1/an) Contrôle de la couleur Analyses microbiologiques complémentaires de celles du fournisseur Analyses Métaux Lourds et Pesticides complémentaires de celles du fournisseur Traitement des silos : nettoyage, désinsectisation ACTIONS CORRECTIVES : Informé le fournisseur de tout dépassement par rapport au cahier des charges Possibilité de renvoi du produit si dépassement du seuil critique Informé la production de toute non conformité du cahier des charges		

DLUO : 6 mois

STOCKAGE : Silo 30 tonnes. Livraison de 25 tonnes.

CONDITIONS DE STOCKAGE : A conserver à l'abri de l'humidité et de la chaleur

INSTRUCTIONS D'UTILISATION :

ASSURANCE QUALITE : Certification ISO 9001, BRC, ISO 22000

TRACABILITE :

Système d'identification : nom farine, n° de silo, date de fabrication

ANNEXE 1 : FICHE TECHNIQUE MATIERE PREMIERE FARINE EN VRAC

La fiche technique récapitule toutes les caractéristiques physicochimiques de ingrédients ou du produit fini, les critères microbiologiques, les teneurs en contaminants (métaux lourds, pesticides, mycotoxines) ainsi que les textes réglementaires auxquels il est soumis. Ces caractéristiques correspondent à celles décrites sur les cahier des charges des ingrédients et des produits finis.

Titre : Pain blanc	Référence documentaire :	Version n° : 1
PRODUIT FINI		
<p>NOM : Baguette 250 g précuite surgelée</p> <p>CARACTERISTIQUES GENERALES : Pain coagulé surgelé.</p> <p>COMPOSITION / FORMULE : Farine de froment type 55, eau, levure, sel, levain en poudre désactivé, acide ascorbique, amylases fongiques.</p> <p>TRAITEMENTS : Coagulation, Refroidissement, Surgélation</p>		
CARACTERISTIQUES	VALEURS	ECARTS CONSTATS
<u>Organoleptiques et Physiques Précuit :</u> Couleur précuit Nombre de coups de lame Dimensions précuit Niveau de coagulation Façonnage	Blanc cassé brillant 5 à 6 Longueur précuit : 57 cm Circonférence précuit : 15,5 à 17 cm Poids minimum précuit: 250 g Mie homogène sans élément de pâte non cuite, alvéolage fin Droit et régulier	Référentiel photos Référentiel photos + ou - 2 275 g maximum Référentiel photos
<u>Organoleptiques et Physiques Cuit :</u> Couleur cuit Goût cuit Croustillant de la croûte Grigne Nombre de coups de lame Dimensions cuit Test de vieillissement à température ambiante	Fruitée, fermentée Pas de décroûtage, craquant au toucher et en bouche Jetée sans déchirure 5 à 6 Longueur cuit : 54 cm Circonférence cuit : 15 à 16,5 cm Poids minimum cuit: 200 g Volume cuit : 800 à 950 cm ³ 24 heures jusqu'à la fin de la DLUO	Référentiel photos prévoir feuille test baguette pour le personnel Référentiel photos Référentiel photos + ou - 2
<u>Physico-chimiques :</u> pH aw <u>Valeurs nutritionnelles :</u> Lipides Glucides Protides Fibres Calories Acide ascorbique Métaux lourds	1 % 52 % 7 % 0 % 243 kcal / 100 g de produit Absence Pb : 389 µg/kg Cd : 13 µg/kg Hg : 56 µg/kg As < 100 µg/kg	Quantum satis (directive 95/02/CE consolidée et arrêté 02/10/97 modifié) [43, 44] Recommandations CSHPF (08/09/92) sur les céréales et produits céréaliers: Pb : 0,5 mg/kg (= 500 µg/kg) Cd : 0,1 mg/kg (=100 µg/kg) Hg : 0,03 mg/kg (=30 µg/kg)

<u>Mycotoxines :</u> Aflatoxines Zéaralénone Ochratoxine A DON (toxine Fusarium) <u>Pesticides :</u> chlorpyriphosméthyle pyrimiphosméthyle	B1 : < 2 µg/kg B1 + B2 + G1 + G2 : < 4 µg/kg < 50 µg/kg < 3 µg/kg < 500 µg/kg 0,2 mg/kg 0,2 mg/kg	Règlement n°466/2001 modifié [41] Règlement n° 466/2001 modifié [41] Règlement n° 472/2002 [39] Règlement n° 856/2005 [32] Arrêté du 10/02/89 modifié [45]
<u>Microbiologiques Précuit :</u> Coliformes thermotolérants Coliformes 30°C Staphylocoques coagulase + Bactéries anaérobies sulfite-réductrices à 46°C Micro-organismes aérobies à 30°C Salmonelles	<10 / gramme <10 / gramme <10 / gramme <10 / gramme <10 / gramme Absence dans 25 grammes	
ANALYSES EFFECTUEES	FREQUENCE	
Analyses microbiologiques	A la demande du client	
<p>CONDITIONNEMENT : 45 produits protégés par un sac thermoscellé mis dans un carton. Poids net carton : 11,25 kgs. Format carton : 59x18x105 cm Sacs et films avec un certificat d'alimentarité). Cartons non alimentaires. Scotch Etiquettes Mentions particulières : « Fragile », logos: « Ne pas stocker au soleil », « Cassant », « Haut / Bas » Palettisation : 24 cartons par palette, en 6 couches de 4 cartons. Hauteur palette : 2,05 m. Palette type 80x120 cm ou 100x120 cm</p>		
<p>INSTRUCTIONS DE CONSERVATION : Température : - 18 °C DLUO : 9 mois sacs fermés</p>		
<p>ETIQUETAGE : Nom du produit Code article du client quand nécessaire Ingrédients : Farine de froment type 55, eau, levure, sel, levain en poudre désactivé, acide ascorbique, amylases fongiques Quantité : 45 produits minimum /carton Poids net : 11,250 kg minimum DLUO : 9 mois N° Lot : Date de surgélation + Ligne + n° d'équipe Code Emballeur (facultatif) Mode d'emploi (facultatif) Instructions d'utilisation : Ne jamais recongeler un produit décongelé Conservation à -18°C Adresse du fabricant ou du revendeur</p>		
<p>CONSOMMATEUR CIBLE : Personnes n'ayant aucune contre-indication particulière, notamment liée à la consommation de gluten.</p>		

DELAI ACCEPTABLE D'UTILISATION DU PRODUIT PRECUIT :
24 heures à température ambiante (jusqu'à la fin de la DLUO)
9 mois à – 18 °C

DELAI ACCEPTABLE D'UTILISATION DU PRODUIT CUIT :
Qualité optimale dans les 2 heures suivant la cuisson. Qualité garantie jusqu'à 12 heures après la cuisson.

INSTRUCTIONS DE MISE EN ŒUVRE DU PRODUIT PRECUIT:

Produit utilisé directement à l'état congelé :

Température du four : 180 °C

Durée de cuisson : 20 à 23 minutes

Produit utilisé préalablement décongelé :

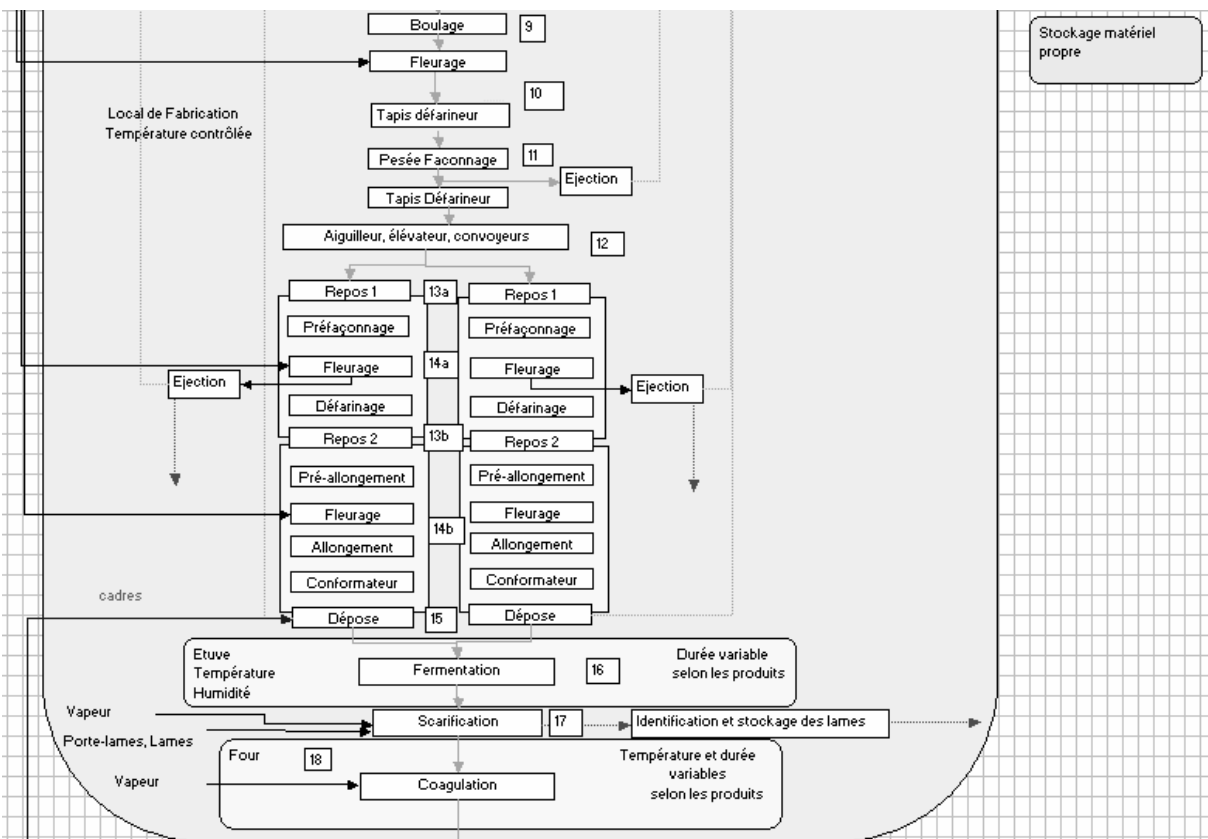
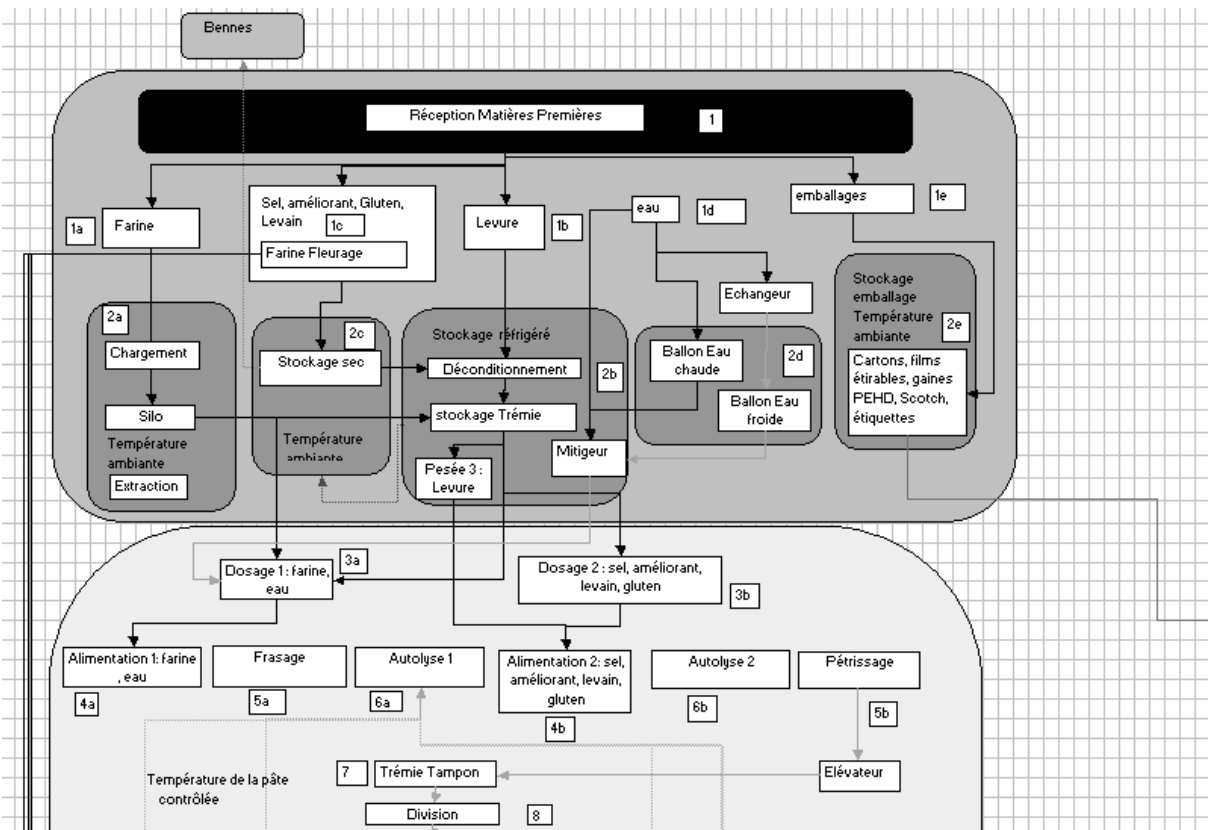
Température du four : 180 °C

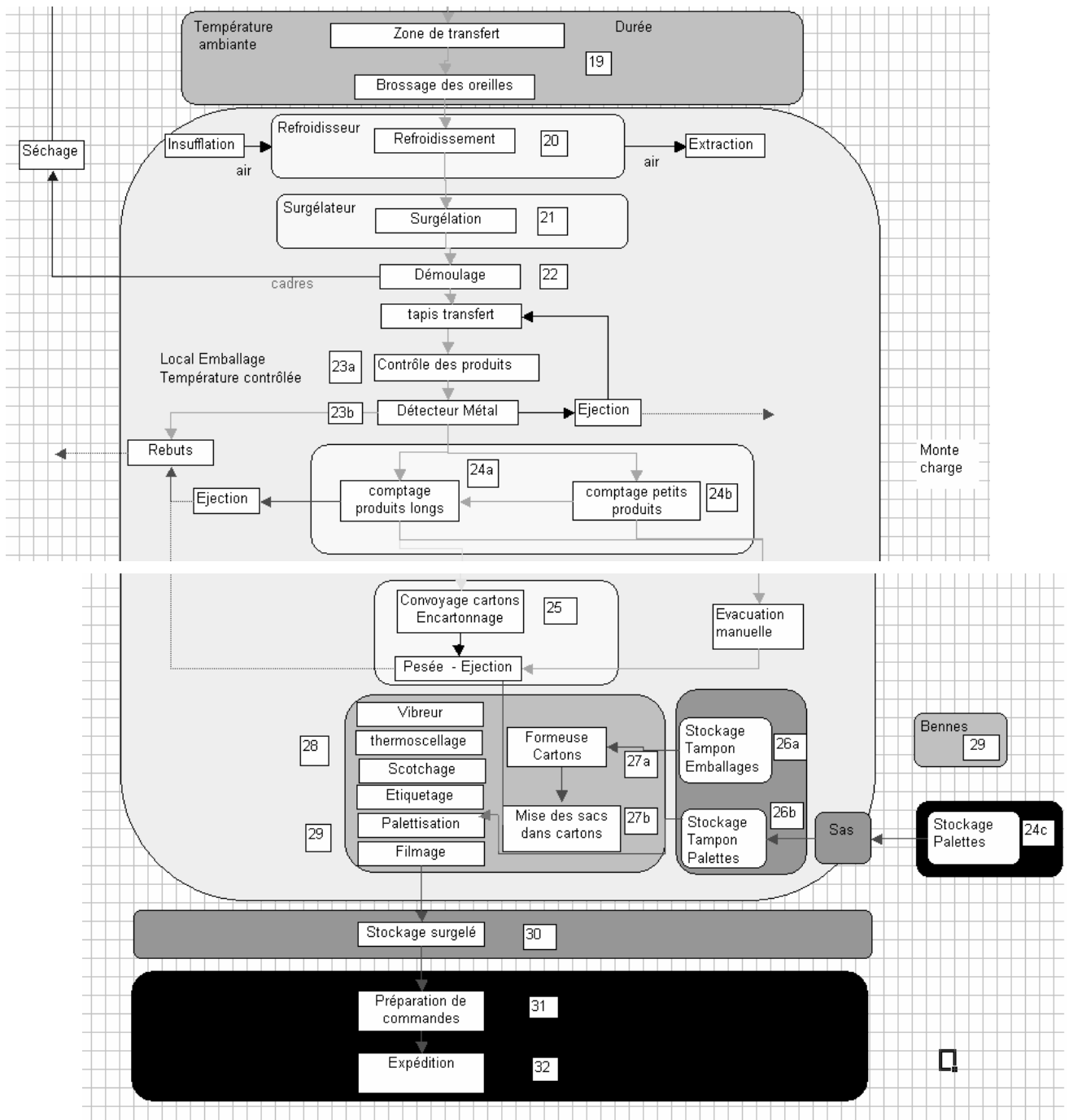
Durée de cuisson : 18 à 22 minutes

Les produits ne nécessitent pas d'apport de buée. L'appréciation de la cuisson se fait à la vue de la couleur de la croûte. L'intérieur du « coup de lame » doit aussi être doré. Chaque four ayant ses propres caractéristiques, il y a lieu de bien noter les paramètres donnant les meilleurs résultats.

ANNEXE 2: FICHE TECHNIQUE PRODUIT FINI BAGUETTE 250 G

La fiche technique récapitule toutes les caractéristiques physicochimiques de ingrédients ou du produit fini, les critères microbiologiques, les teneurs en contaminants (métaux lourds, pesticides, mycotoxines) ainsi que les textes réglementaires auxquels il est soumis. Ces caractéristiques correspondent à celles décrites sur les cahier des charges des ingrédients et des produits finis.





ANNEXE 3: DIAGRAMME DE FABRICATION D'UNE LIGNE AUTOMATISEE

Le diagramme de fabrication est la base de l'analyse des dangers. Son but est de décortiquer le process étape par étape et de fournir tous les éléments techniques indispensables.

Il doit être précis et exhaustif, de la première étape du champ d'étude, jusqu'à la dernière.

ETAPE 1A:CAHIER DES CHARGES FARINE

DANGERS	Type de danger				CAUSES	EVALUATION				CCP	VALEUR CIBLE E	LIMITES CRITIQUE S	MESURES PREVENTIVES	
	M	C	P	G		G	HD	F	TOTAL					
Contamination par le fournisseur	X				Contamination microbiologique (dont mycotoxines)	5	5	ND	75	oui	Absence	Voir cahier des charges fournisseurs	Cahier des charges fournisseurs	
		X			Contamination chimique: pesticides, métaux lourds, insecticides, détergents, citome								Fournisseurs sous HACCP	
			X		Contamination physique: corps étranger métallique, plastique, verre, bois, cailloux, débris d'insectes / déjections ou poils de souris								60	Filter meunier: diamètre 200 µm puis 4 mm et 250 µm puis 700 µm
				X	Risque OGM								75	Filter camion : diamètre 1 cm
Contamination par le transporteur	X				Camion sale (tuyau de transfert ou citome)	5	4	ND	60	oui	X	X	Cahier des charges fournisseurs:	
		X	X		Contamination croisée avec d'autres matières	2	5	ND	30	oui			Citernes agréées exclusivement alimentaires	
					Revêtement de la citerne								Filter camion : diamètre 1 cm	
													Filter silo: diamètre 4,5 mm	
													Citernes ne transportant que de la farine de blé ou nettoyage systématique de la citerne avant chaque chargement	

PLAN DE SURVEILLANCE				ACTIONS CORRECTIVES		
PROCEDURE	ENREGISTREMENT	FREQUENCE	RESPONSABILITE	PROCEDURES	ENREGISTREMENT	RESPONSABILITE
Contrôle des résultats d'analyse	Rapport d'analyse	Une fois par trimestre	Responsable Qualité	Blocage du lot de farine contaminé Repompage de la farine par le meunier	Fiche de non conformité fournisseur	Responsable Qualité
Audit	Rapport d'audit	1 fois tous les deux ans	Responsable Qualité	Destruction des lots de pains contaminés Réclamation fournisseur	Dossier d'emballage	
Contrôle du Bon de Lavage avant le dépotage	Bon de Lavage	A chaque livraison	Chef de Fabrication	Réclamation fournisseur	Bon de Lavage et Bon de Livraison	Responsable Qualité
Audit	Bon de Livraison				Fiche de non conformité fournisseur	

ANNEXE 4 : TABLEAU D'ANALYSE DES RISQUES POUR L'ETAPE D'ELABORATION DU CAHIER DES CHARGES DE LA FARINE

ANNEXE 4 : TABLEAU D'ANALYSE DES RISQUES POUR L'ETAPE D'ELABORATION DU CAHIER DES CHARGES DE LA FARINE (p.164)

Le tableau d'analyse des risques sert de base de réflexion durant les réunions HACCP. Pour chaque étape, on remplit méthodiquement le tableau. Cela permet de n'oublier aucun point. Le tableau répertorie ainsi tous les dangers identifiés à chaque étape de fabrication, les mesures préventives prises pour éviter l'apparition de ce danger, les mesures correctives adoptées en cas d'apparition du danger.

ETAPE 1A: RECEPTION FARINE EN SILO												
DANGERS	Type de danger			CAUSES	EVALUATION				CCP	VALEUR CIBLEE	LIMITE S CRITIQUES	MESURES PREVENTIVES
	M	C	P		G	HD	F	TOTAL				
Non respect des conditions d'hygiène lors du dépotage	X		X	Embout des tuyaux posé par terre	5	5	4	100	non			Information des transporteurs sur les consignes d'hygiène à respecter Affichage sur les silos des consignes d'hygiène à respecter Filtre silo: diamètre 4,5 mm

PLAN DE SURVEILLANCE				ACTIONS CORRECTIVES		
PROCEDURE	ENREGISTREMENT	FREQUENCE	RESPONSABILITE	PROCEDURES	ENREGISTREMENT	RESPONSABILITE
Contrôle de l'hygiène du dépotage CTR.PROD.65	Bon de Livraison	Achaque livraison	Chef de Fabrication	Réclamation fournisseur	Bon de Livraison Fiche de non conformité fournisseur	Responsable Qualité

ANNEXE 5 : TABLEAU D'ANALYSE DES RISQUES POUR L'ETAPE DE RECEPTION DE LA FARINE EN VRAC (CI-DESSUS)

Le danger principal pour cette étape se situe au niveau des conditions d'hygiène lors du dépotage. Ce peut être un danger microbiologique ou physique, dû au non respect des règles d'hygiène. Les mesures préventives à adopter sont principalement la sensibilisation du Chef de Fabrication et du chauffeur du camion, qui sont les deux seules personnes intervenant à cette étape. Un plan de surveillance est également mis en place, sous la responsabilité du Chef de Fabrication. En cas de contamination avérée, les actions correctives à mettre en œuvre sont à la charge du Responsable Qualité.

ETAPES 23 A ET 23 B : CONTROLE DES PRODUITS, DETECTEUR DE METAUX, TAPIS CONVOYEURS DES PRODUITS

DANGERS	Type de danger			CAUSES	EVALUATION				CCP	VALEUR CIBLEE	LIMITES CRITIQUES	MESURES PREVENTIVES
	M	C	P		G	IND	F	TOTAL				
Port de blouson perso au dessus de blouse		X	X		3	1	1	3				Sensibilisation du personnel Vêtements de froid
Gants sales et écharpes	X		X	Manipulation des palettes puis des produits avec les mêmes gants	5	2	3	30				Sensibilisation du personnel
Corps étranger			X	Provenant du personnel: stylo, bague, cheveux	5	2	1	10	Oui	Absence	Présence	Vêtements adaptés: poche des blouses fermées, charlotte
				Provenant des sacs lors du dosage: détachement d'un morceau de sac (kraft, plastique, ficelle)								Sensibilisation du personnel: vigilance lors du dosage et lors du nettoyage
				Oubli de petit matériel par l'opérateur lors du nettoyage de la ligne (racle, sopalin, lingette)								
				Détachement de pièces des machines								Maintenance préventive des machines

PLAN DE SURVEILLANCE				ACTIONS CORRECTIVES		
PROCEDURE	ENREGISTREMENT	FREQUENCE	RESPONSABILITE	PROCEDURES	ENREGISTREMENT	RESPONSABILITE
Contrôle visuel des produits	Dossier d'emballage	A chaque fabrication	Surveillant de Ligne ou Chef de fabrication	Isolément du corps étranger	Dossier d'emballage	Surveillant de Ligne
Détecteur de métaux				Isolément du produit contaminé		
				Alerter Chef de Fabrication ou Responsable Qualité ou Responsable Production		

ANNEXE 6: TABLEAU D'ANALYSE DES RISQUES POUR L'ETAPE DE DETECTION DU METAL

Le danger majeur pour cette étape est le corps étranger, dont l'origine peut être très diverse. Les mesures préventives à adopter concernent toutes les étapes en amont de ce point avec notamment la sensibilisation du personnel et l'entretien régulier des machines. Le plan de surveillance comprend l'utilisation du détecteur de métaux et la surveillance visuelle, le détecteur ne permettant pas de repérer un corps étranger en plastique, en carton ou en verre, par exemple. En cas de détection d'un corps étranger, les actions correctives à mettre en place sont à la charge du Surveillant de Ligne puis du Responsable Production ou du Responsable Qualité.

LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

OUVRAGES

- [1] BARBOFF, M., GRINFFIN-KREMER, C., SIGAUT, F., et al. – Meules à grains - Actes du colloque international de le Ferté-sous-Jourarre, 16-19 Mai 2002 – Paris : Ibis Press, Juin 2003 – 470p.
- [2] CONFEDERATION NATIONALE DE LA BOULANGERIE ET DE LA BOULANGERIE-PATISSERIE FRANCAISE – Guide de bonnes pratiques d'hygiène en pâtisserie. – Paris : Sotal Société Les Talmeliers, Novembre 1999. – 91 pages.
- [3] DARMON, J. – Le pain, un marché proche des 30 000 milliards de francs. – Filière Gourmande, Août Septembre 1998, **54**, 20.
- [4] DINAND, A.– Suivi du plan HACCP sur l'usine Crèmes Glacées de Beauvais (Gervais-Findus-Nestlé).– Mémoire de fin d'études Dominante Management et Gestion Industrielle de la Qualité : Massy, ENSIA : Septembre 1999. – 70 pages.
- [5] FOULD-SPRINGER et BELLAMY, M.– Levure et panification.– Paris : Nathan Communication, Avril 1996.– 75 pages. – Encyclopédie Technique Pratique : Mémento des technologies agro-alimentaires.
- [6] GUINET, R. et GODON, B.– La panification française.– Paris : Lavoisier Tec. et Doc., Février 1994.– 528 pages.
- [7] HURBIN, W., BAVAUD, M., JACOMET, S., et BERGER, U. – Le pain romain : la mouture, la cuisson, quelques recettes – Augst : Musée Romain d'Augst, 1994. – 31p.
- [8] LESAGE M.– Les améliorants de panification et leur réglementation.– Projet Dominante Qualidad : Massy, ISAA : Février 1995. – 65 pages.
- [9] MILLET, P.– Ingrédients et mix de boulangerie.– Arômes Ingrédients Additifs, Avril Mai 1999, **21**, 28-47.
- [10] MONZIE, S. – Vers une mutation de la boulangerie. – Filière Gourmande, Mars 2001, **77**, 13-16.
- [11] MORTIMORE, S. et WALLACE, C.– HACCP Guide Pratique. – Paris : Polytechnica, 1994.– 288 pages.
- [12] PILLAFORT, J. – Assurance Qualité HACCP : Guide Pratique pour les industries de boulangerie et de pâtisserie. – Paris : Syndicat National des Industries de Boulangerie et Pâtisserie (SNIBP), Octobre 1997 – 101 pages.

- [13] POITRENAUD B. – La clé du beau et du bon pain. – Filière Gourmande, Janvier Février 1999, **58**, 86-87.
- [14] RAYMONDIS, E. – GMS : tendances et évolution – Filière Gourmande, Janvier Février 1999, **58**, 40-41.
- [15] ROUSSEL, P et CHIRON, H.– Les pains français, évolution, qualité, production. – Valdoie-Belfort : Maé-Erti Editeurs, Mars 2002. – 433 pages. – Collection Science et Technologie des Métiers de Bouche.
- [16] ROZIER, J., ROZIER, F. et CHAMBERTY, P.– HACCP : de la théorie à quelques contraintes.– Cuisine Collective et Association Vétérinaire d'Hygiène Alimentaire, Avril 1995.– 80 pages.
- [17] SAGET E. – Du bon pain tout frais sorti de l'usine. – L'Expansion, 22 Janvier au 4 Février 1998, **365**, 70-71.
- [18] TERRASSON, L. et STEPHAN, C. – L'histoire du pain. – Supplément Technique INBP, Novembre 1998, **64** – 15 pages.
- [19] VALLS, G. – Guide de la détection du métal. – Oldham Manchester (Grande Bretagne) : Lock Inspection Systems Qualimatic Metalcheck, 1998. – 27 pages.
- [20] IRCE Collectif – Manuels Pratiques HACCP n° 1 à 4. – Aix-En-Provence : Institut Régional pour la Création et le Développement des Entreprises (IRCE), 1996. – 144 pages.

DOCUMENTS ELECTRONIQUES

- [21] BARBIER, L. – L'heureux temps du bon pain [en ligne] – Paris, Sorbonne département Histoire, 1996 – [consulté le 13 Avril 2008] – 69 p. – Disponible sur : <http://www.barbier-rd.nom.fr/heureuxtempsbonpain.htm>
- [22] BERCHEM J. (page consultée le 28 Février 2006). Petite histoire du pain, [en ligne]. Adresse URL : <http://www.proarcheologia.org/OnlinePaper/JBPhdp1/Pain1.html>
- [23] BRAU, J. et al (page consultée le 3 Avril 2008) – Le moulin de la Mousquère : fonctionnement du moulin, [en ligne]. Adresse URL : <http://www.pagesperso-orange.fr/moulinde lamousquere/pages/plandusite.htm>
- [24] CHIRON, H. et KAPLAN S.L. (page consultée le 28 Février 2006) – Histoire de la boulangerie,[enligne].AdresseURL :<http://www.canelle.com/CULTURE/histoireboul/histoirepre.shtml>
- [25] Commission du Codex Alimentarius. Code d'usages international recommandé : principes généraux d'hygiène alimentaire. [en ligne]. Edition 4 [Rome, Italie] : 2003 [consulté le 28 Février 2006].Disponible sur : http://www.codexalimentarius.net/web/publications_fr.jsp

[26] Groupe AFNOR, (page consultée le 26 Avril 2008). La norme ISO 22000, l'unique norme internationale [en ligne] Adresse URL : http://www.afnor.org/agro/ISO22000/agro_exigences_iso22000.htm

[27] Organisation Internationale de Normalisation, (page consultée le 26 Avril 2008). L'ISO 22000 - pour la sécurité des chaînes alimentaires. [en ligne]. Adresse URL : <http://www.iso.org/iso/fr/pressrelease.htm?refid=Ref966>

[28] Boulangerie.Net (page consultée le 28 février 2006). Les historiques du métier, [en ligne]. Adresse URL : <http://www.boulangerie.net/infopain/InfoHistoclub.html>

[29] Mairie de Saint-Clément (page consultée le 13 Avril 2008). Le four à gueulard (d'après l'Institut National de la Boulangerie), [en ligne]. Adresse URL : <http://mairie-saint-clement.planet-allier.com/besbre1/Sch%E9ma01.htm>

TEXTES REGLEMENTAIRES

[30] Règlement n°1881/2006 du 19 décembre 2006, portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires – Exemple modifié par le Règ. 1126/2007.

[31] Note de Service DGAL n°8205 du 17 Août 2005 relatif au contrôle de la traçabilité dans le cadre du Règlement n°178/2002 - Dispositions relatives aux denrées alimentaires (hors production primaire).

[32] Règlement n°856/2005 du 6 Juin 2005 modifiant le Règlement n°466/2001 en ce qui concerne les toxines du Fusarium.

[33] Avis de l'administration JORF du 15 Juin 2005 : Avis aux professionnels de l'alimentation relatif aux guides de bonnes pratiques d'hygiène et d'application des principes HACCP.

[34] Règlement n°396/2005 du 23 Février 2005 concernant les limites maximales applicables aux résidus de pesticides présents dans ou sur les denrées alimentaires et les aliments pour animaux d'origine végétale ou animale et modifiant la Directive 91/414/CE -Exemple consolidé par le Règlement n°178/2006, modifié par le Règlement n°149/2008, le Règlement n°260/2008, le Règlement n°299/2008.

[35] Note de Service DGAL-DGCCRF n°8026 du 20 Janvier 2005 relative à l'application de la traçabilité dans le cadre du Règlement n°178/2002.

[36] Note de Service DGAL n°8193 du 28 Juillet 2004, relative aux textes réglementaires constitutifs du « Paquet Hygiène ».

[37] Règlement n°852/2004 du 29 Avril 2004, relatif à l'hygiène des denrées alimentaires

[38] Règlement n°1829/2003 du 22 Septembre 2003, concernant les denrées alimentaires et les aliments pour animaux génétiquement modifiés. Exemple modifié par le Règ. 298/2008 et consolidé par le Règ. 1981/2006.

[39] Règlement n°472/2002 du 12 Mars 2002 modifiant le Règlement n°466/2001 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires.

[40] Règlement n°178/2002 du 28 Janvier 2002, établissant les principes généraux et les prescriptions générales de la législation alimentaire, instituant l'Autorité européenne de sécurité des aliments et fixant des procédures relatives à la sécurité des denrées alimentaires.

[41] Règlement n°466/2001 du 8 Mars 2001 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires – Exemple modifié par le Règ. n° 257/2002, le Règ. n° 472/2002, le Règ. n° 2174/2003, le Règ. n°683/2004, le Règ. n°78/2005, le Règ. n°123/2005, le Règ. n°856/2005.

[42] Directive 99/71/CE du 14 Juillet 1999 modifiant les annexes des Directives 86/362/CE, 86/363/CE et 90/642/CE concernant la fixation de teneurs maximales pour les résidus de pesticides sur et dans les céréales, les denrées alimentaires d'origine animale et certains produits d'origine végétale, y compris les fruits et légumes.

[43] Arrêté du 2 octobre 1997, relatif aux additifs pouvant être employés dans la fabrication des denrées destinées à l'alimentation humaine - Exemple modifié par l'Ar. du 23.07.98, l'Ar. du 22.09.99, l'Ar. du 13.07.00, l'Ar. du 19.02.01, l'Ar. du 02.05.01, l'Ar. du 31.07.01, l'Ar. du 09.10.01, l'Ar. du 15.03.02, l'Ar. du 02.07.03, l'Ar. du 19.12.03, l'Ar. du 21.07.04, l'Ar. du 30.09.04 et l'Ar. du 02.01.07.

[44] Directive 95/2 du 20 février 1995, concernant les additifs alimentaires autres que les colorants et les édulcorants - Exemple consolidé par la Dir. 96/85, la Dir. 03/52, le Règ. 03/1882 et la Dir. 06/52, modifié par la Dir.98/72 et la Dir.03/114.

[45] Arrêté du 10 février 1989, relatif aux teneurs maximales en résidus de pesticides admissibles dans et sur les céréales destinées à la consommation humaine - Exemple consolidé par l'Ar. du 10.12.90, l'Ar. du 06.08.92, l'Ar. du 16.06.94, l'Ar. du 02.07.98, l'Ar. du 10.09.98., l'Ar. du 17.12.07.

Toulouse , 2008

NOM : DENEUVILLE

PRENOM : Diane

TITRE : Contribution à la mise en place de la démarche HACCP pour la fabrication de pain blanc précuit surgelé

RESUME :

Cet ouvrage retrace l'histoire de la panification depuis sa création, décrit le process de fabrication du pain, en particulier celui du pain précuit surgelé, et se consacre à l'étude HACCP de la fabrication de pain blanc précuit surgelé sur une ligne industrielle automatisée.

Quatre types de dangers ont été retenus. Les risques microbiologiques sur le pain se sont avérés très faibles, hormis les mycotoxines. Le principal danger est le corps étranger. Les points critiques identifiés ont été peu nombreux.

Par sa nature exhaustive, la démarche HACCP a mis en évidence des dysfonctionnements ou des déficiences, qui, même sans être des CCP, ont été considérés comme suffisamment importants pour nécessiter des améliorations.

Exigence réglementaire avec le « Paquet Hygiène » et normative avec l'ISO 22000, la démarche HACCP est un outil d'amélioration globale de la qualité dans l'entreprise. Démarche évolutive, elle doit s'intégrer au fonctionnement de l'entreprise et s'adapter à ses transformations.

MOTS-CLES : HACCP – PAIN – HYGIENE ALIMENTAIRE – PAQUET HYGIENE – ISO 22000 – GUIDE DE BONNES PRATIQUES – INDUSTRIE AGROALIMENTAIRE – QUALITE

ENGLISH TITLE : Contribution to HACCP method setting on precooked white bread making

ABSTRACT :

This work recalls the bakery's history from its origin, describes the process of bread making, especially frozen precooked bread, and studies HACCP method on precooked white bread industrial making.

Four risks have been identified. The microbiological risks on bread are minimal, except mycotoxins. Foreign body is the main risk. Few critical control points have been identified in the process.

Exhaustive, the HACCP method showed dysfonctions or deficiencies, which were considered important enough to bring improvements, even if they weren't CCP.

Statutory and normative requirement with the « Food Law » and the ISO 22000, the HACCP method is a global improvement tool for quality in the factory. Evolutive, it must be integrated to the functioning of the factory and must adapt itself to its transformations.

KEY-WORDS: HACCP – BREAD – FOOD HEALTH – FOOD LAW – ISO 22000 – GOOD PRACTICES GUIDE – FOOD INDUSTRY – QUALITY