

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**  
**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**

**FACULTE DES SCIENCES `**  
**NATURE ET DE LA VIE**  
**DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE**  
**ET MICROBIOLOGIE FILIERE :**



**DOMAINE : SCIENCES DE LA**  
**SCIENCES ALIMENTAIRES**

N° :.....

**OPTION : NUTRITION ET SCIENCE**  
**DES ALIMENTS**

**Mémoire présenté pour l'obtention du**  
**diplôme de Master Académique**

Par **SEGHIOUR Amina**

**Intitulé**

**Essai de valorisation de pain rassis par l'incorporation de sa  
poudre et de son amidon dans la fabrication de la crème  
dessert au chocolat dans l'unité de HODNA-LAIT**

**Soutenu devant le jury composé de:**

Dr. AOUN Omar	Université de M'sila	Président
Dr. BELBAHI Amine	Université de M'sila	Rapporteur
Dr. BOUAOUDIA-MADI Nadia	Université de M'sila	Examinatrice

**Année universitaire : 2020 /2021**

---

## *Remerciement*

*Nous remercions Dieu Tout Puissant de nous avoir donné la santé, la force, la patience et le savoir de Pouvoir poursuivre nos études et de réaliser ce travail.*

*Je tiens à remercier :*

*Mon enseignant et encadreur, Dr. BELBAHI. A, qui ma a aidé, orienté et soutenu, et pour ses conseils pertinents, m'a permis de mener à terme ce travail.*

*J'adresse mes vifs et sincères remerciements au juré d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.*

*Un grand merci à pour à l'équipe de l'laboratoire de La SARL HODNA LaitM'sila ainsi que l'ensemble de son personnel pour avoir accueilli et permis d'effectuer les travaux nécessaires à la réalisation de ce travail.*

*Finalement, je remercie tous ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce mémoire*

*Amina SEGHIOUR*

---

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail à :*

*À mes très chers parents, Pour toutes les peines et les sacrifices qu'ils s'ont  
donnés pour me voir réussir dans la vie.*

*À ma chère famille, en particulier ma sœur Hanan et mes frères Antar et  
Mohamed.*

*A Tous mes amis sans exceptions*

*Et à tous ceux qui me sont chères, Je dédie ce travail..*

*Amina SEGHIOUR*



## RÉSUMÉ

L'objectif de ce travail était d'explorer l'incorporation de poudre de pain rassis dans la fabrication de crème dessert au chocolat comme une source valorisable riche en amidon, les préparations s'effectués par l'ajoute de différent pourcentage de poudre de pain rassis en (100%, 50% et 25%) ainsi que par l'ajoute de (100%) d'amidon extraite de poudre de pains rassis. Ces essais ont été réalisés au niveau de la laiterie (HODNA-LAIT-M'SILA), au sien de laboratoire de la minoterie (HODNA-Agro-Div) et les laboratoires de l'université de M'sila. Les résultats des analyses physicochimiques et microbiologiques obtenus sont conformes aux normes fixées. Avec ces résultats encourageants, nous espérons de poursuivre cette étude par l'évaluation des caractéristiques sensoriels surtout pour étudier et améliorer la texture et la viscosité des produits finis. Les résultats obtenus avaient montré que les crèmes desserts préparés par l'incorporation de 100% de (PPR et APR) ont été montrés des résultats plus appréciables que pour les autres crèmes desserts préparés par l'ajoute avec l'amidon natif.

---

**Mots clés:** Valorisation ; Pain rassis, Amidon, PPR, APR, Crème dessert, Ultrason.

**ABSTRACT**

The objective of this work was to explore the incorporation of stale (aged) bread powder in the production of chocolate dairy dessert as a valuable source rich in starch, the preparations are carried out by the addition of different percentage of stale bread powder in (100%, 50% and 25%) as well as the addition of (100%) starch extracted from the powder of stale breads. These tests were carried out at the dairy (HODNA-LAIT-M'SILA), at the laboratory of the grain mills (HODNA-Agro-Div) and at the laboratories of the University of M'sila. The results of the physicochemical and microbiological analyses obtained comply with the standards laid down. With these encouraging results, we hope to continue this study by evaluating sensory characteristics especially to study and improve the texture and viscosity of chocolate dairy dessert products. The results obtained showed that chocolate dairy dessert prepared by the incorporation of 100% of (PPR and APR) were shown to have more appreciable results than for other chocolate dairy dessert prepared by the addition with native starch.

---

**Keywords:** Valorization; Stale Bread; Starch; PPR; APR; Dairy dessert; Ultrasound.

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو استكشاف ادماج مسحوق الخبز المتبقي كمصدر معاد تدويره غني بالنشاء في تصنيع الحلوى القشدية بالشكولاتة، حيث يتم تصنيعها عن طريق إضافة من مسحوق الخبز المتبقي بنسب مئوية متفاوتة ( 50% , 25% و 100% )، وأيضاً بإضافة نسبة (100%) من النشاء المستخرج من مسحوق الخبز المتبقي. لقد أجريت هذه الاختبارات في مصنع الالبان ( HODNA LAIT M'SILA) وفي مختبر مطاحن الحبوب (HODNA-AGRO-DIV)، أيضاً في مختبرات جامعة المسيلة. نتائج التحاليل الفيزيائية الكيميائية والتحليل الميكروبيولوجية التي تم الحصول عليها كانت متوافقة مع المعايير المحددة. وبهذه النتائج المشجعة، نامل ان نواصل هذه الدراسة عن طريق تقييم الخصائص الحسية للأغذية و خاصة لدراسة و تحسين نسيج و لزوجة المنتجات الكاملة الصنع. و أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها ان الحلوى القشدية بالشكولاتة التي تم تحضيرها من خلال إضافة نسبة 100 % من ( APR و PPR ) ، وقد اثبتت انها حققت نتائج اكثر أهمية من غيرها من الحلوى القشدية بالشكولاتة التي تم تحضيرها بواسطة إضافة نسب من ( APR و PPR ) مع النشاء.

**الكلمات المفتاحية:** إعادة تئمين ، الخبز المتبقي ، النشاء، حلوى قشديه بالشكولاتة، APR ، PPR ، الموجات فوق الصوتية

## SOMMAIRE

<b>RÉSUMÉ</b> .....	I
<b>ABSTRACT</b> .....	I
I	
ملخص.....	II
I	
<b>SOMMAIRE</b> .....	IV
.....	<b>i</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I. ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Pain rassis</b> .....	<b>3</b>
1.1. Composition de pain rassis.....	3
1.2. Mécanisme de rassissement de pain.....	3
1.2.1. Composants de la farine de blé.....	5
1.2.2. Rétrogradation de l'amidon et rôle d'amylose.....	6
1.2.3. Rétrogradation de l'amylopectine.....	7
1.3. Valorisation du pain rassis.....	8
1.4. Coproduits et domaines d'utilisation de pain rassis.....	8
1.4.1. Chapelure, miettes et pain trempé.....	8
1.4.2. Préparation du levain.....	9
1.4.3. Aliment pour animaux.....	9
1.5. Valorisation Biotechnologique.....	9
1.5.1. Production de Bioéthanol.....	10
1.5.2. Valorisation des pains à HMF, AL et FDCA.....	11
1.5.3. Production d'enzymes.....	11
1.5.4. Production de composés aromatiques.....	11
1.5.5. Production d'acide lactique et d'acide succinique.....	12
1.5.6. Production biohydrogène et de la gomme xanthane.....	13
<b>2. L'Amidon dans les produits de boulangerie</b> .....	<b>14</b>
2.1. Définition de l'amidon.....	14
2.2. Composition et structure primaire de l'amidon.....	14

2.2.1. Fraction Glucidique .....	15
2.2.2. Fraction non glucidique .....	16
2.3. Rôle et utilisations de l'amidon .....	16
<b>3. Les crèmes Desserts.....</b>	<b>17</b>
3.1. Définition.....	17
3.2. Composition .....	17
3.3. Fabrication .....	17
3.4. Additifs alimentaires de la crème dessert .....	18
<b>CHAPITRE II. MATÉRIEL ET MÉTHODES .....</b>	<b>20</b>
<b>1. Lieux de stage .....</b>	<b>20</b>
<b>2. Matériel végétal .....</b>	<b>20</b>
2.1.1. Préparation de la poudre de pain rassis .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.1.2. Extraction de l'amidon .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>3. Incorporation des PPR et des ARP dans la préparation d'une crème dessert ....</b>	<b>Erreur !</b>
Signet non défini.	
3.1. Fabrication de crème dessert .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.2. Étapes de fabrication .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.2.1. Reconstitution et homogénéisation.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.2.2. Traitement thermique et conditionnement.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.2.3. Refroidissement et stockage .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>4. Analyses physico-chimiques .....</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.1. Test granulométrique de PPR.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.2. Taux d'humidité .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.3. Détermination des pH.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.4. Détermination du taux d'extrait sec total .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.5. Détermination de la teneur en matière grasse (MG).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.6. Test de gélification .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>5. Analyses microbiologique .....</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
5.1. Échantillonnage .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
5.2. Dénombrement de la flore totale mésophile.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
5.3. Dénombrement des entérobactéries.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

---

5.4. Dénombrement des levures et moisissures .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
5.5. Dénombrement des Staphylocoques aureus .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>6. Évaluation de l'aspect générale des essais .....</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSIONS .....</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>1. Évaluation des analyses physico-chimiques .....</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.1. Test granulométrique .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.2. Taux d'humidité de PPR et EPR .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.3. Mise en évidence de l'amidon .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.4. pH .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.5. Extrait sec total .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.6. Taux de matière grasse .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>2. Évaluation des analyses microbiologiques .....</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>3. Évaluation de l'aspect générale des essais.....</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>IX</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>38</b>
<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>44</b>

**LISTE DES ABREVIATIONS**

AL	Acide Lévulinique
APR	Amidon extraite de pain rassis
FAO	Organisation des nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FDCA	Acide 2,5-Furane Dicarboxylique
HMF	5-Hydroxy Méthyl Furfural
MS	Matière Sèche
SSF	Solid Stat Fermentation
UFC	Unité Formant Colonies
PPR	Poudre de pain rassis

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1. Composition d'une seule tranche de pain rassis blanc (Mehmet et Colin, 2013)..... 3

Tableau 2. États des composants critiques à différentes étapes de la vie du pain a (Gray et Bemiller, 2003) ..... 4

Tableau 3. Composition des différentes catégories de desserts lactés frais (Oqali, 2013). ..... 16

Tableau 4. Fonctions des agents de texture (Branger et Madeleine, 2009). ..... 18

Tableau 5. Caractéristiques de certains agents de texture (Branger et Madeleine, 2009) ..... 18

Tableau 6. Différentes formulations des essais de préparation de la crème dessert. .... 24

Tableau 7. Résultats des analyses microbiologiques. .... 38

Tableau 8. Résumé de différents aspects qui ont été remarqué pour les quatre essais comparativement au témoin ..... 40

**LISTE DES FIGURES**

Figure 1. Détérioration du pain par les champignons filamenteux -----  
8

Figure 2. Produits valorisables de déchets de pain. -----  
9

Figure 3. Schéma de production de l'éthanol par *S. cerevisiae*. -----  
9

Figure 4. Schéma d'un bioprocédé de fermentation de pain résiduaire pour la production  
d'enzymes (Melikoglu, 2008). -----  
10

Figure 5. Schéma de production des composé aromatiques par fermentation des déchets de  
pain -----  
11

Figure 6. Production d'acide lactique à partir de la croûte de pain -----  
- 11

Figure 7. Bioprocédés par fermentation ; activités mylolytiques et protéolytiques (Leung et  
al., 2012) -----  
- 12

Figure 8. Schéma simplifié du cycle du carbone lié à la production de Biohydrogène -----  
-- 12

Figure 9. Résumé des étapes de production de xanthane par *Xanthomonas campestris* ----- 13

Figure 10. Fracturions et structure Chimique de l'amidon -----  
14

Figure 11. Schéma de fabrication des principaux desserts lactés frais (Lubrano-Lavaderaa, et  
al., 2014). -----  
- 17

Figure 12. Moulin de café utilisé (A) et la poudre de pain rassis obtenue (B). -----  
--- 20

Figure 13. Traitement de la suspension de poudre PPR par une sonde à ultrasons.----- 21

Figure 14. Suspension de la poudre PPR avant centrifugation (A) après centrifugation (B) -- 21

Figure 15. Séchage de la phase solide de la centrifugation (amidon) dans l'étuve ventilée. -- 22

Figure 16. Poudre d'amidon de pain rassis (B) obtenue à partir de la pâte solide séchée. ----- 22

---

Figure 17. Diagramme de préparation des essais E1, E2, E3 et E4 d'un crème dessert au chocolat. -----	
23 Figure 18. Reconstitution des ingrédients à l'aide d'un agitateur a plaque chauffante -----	
- 25	
Figure 19. Photographie de Plansichter de laboratoire. -----	
26	
<b>Figure 20 : Distributions granulométriques de PPR. -----</b>	
33	
Figure 21. Mise en évidence de l'amidon-----	
34	
Figure 22. Évaluation de pH des essais et de témoin de crème dessert préparés -----	35
Figure 23. Résultats de l'EST des essais préparés. -----	
36	
Figure 24. Taux de matière grasse de témoin et des essais -----	
36	
<b>LISTE DES FIGURES</b>	
Figure 25. Photographie des boites pétri des analyses microbiologiques de PPR -----	37
Figure 26. Apparence de la gélification des produits des quatre essais -----	38
Figure 27. Comparaison visuelle des textures des quatre produits par rapport au témoin -----	39

## INTRODUCTION

Le gaspillage alimentaire est défini par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) comme les aliments perdus vers la fin de la chaîne alimentaire associés aux comportements des consommateurs et des détaillants (**Parfitt et al., 2010**). Selon la FAO, environ 1,3 milliard de tonnes, un tiers des denrées alimentaires produites dans le monde pour la consommation humaine chaque année, sont perdues ou gaspillées tout au long de la chaîne d'approvisionnement alimentaire, de la production agricole initiale à la consommation finale des ménages (**Demirci et Palabiyik, 2016**). Le gaspillage estimé pour les produits de boulangerie se situe entre 7 et 10 % de sa production totale, compte tenu de la production annuelle mondiale estimée de pain qui est d'environ 100 millions de tonnes ; la quantité de déchets générés peut atteindre même 10 millions de tonnes par an dans le monde (**Mehmet et Colin, 2013**).

Bien qu'il ait été étudié pendant plus d'un siècle et demi, le rassissement de pain n'a pas été éliminé et reste responsable d'énormes pertes économiques à la fois pour l'industrie de boulangerie et le consommateur. **Bechtel et al. (1953)** ont défini le rassissement comme « un terme qui indique une diminution de l'acceptation par le consommateur des produits de boulangerie causés par des changements dans les miettes autres que celles résultant de l'action des organismes de détérioration » (**Gray et Bemiller, 2003**).

En raison des préoccupations environnementales, la valorisation des pertes alimentaires a pris une ampleur considérable au cours de la dernière décennie en raison du volume énorme de déchets créés. Le meilleur scénario est de convertir les déchets alimentaires en produits chimiques de grande valeur. Les Déchets alimentaires sont riches en glucides, et son pourcentage varie de 35,5% à 69%. Contrairement aux bioraffineries de deuxième génération à base de lignocellulose, qui nécessitent des prétraitements thermomécaniques et chimiques rigoureux, les bioraffineries de déchets alimentaires utilisent de la biomasse riche en amidon et en protéines. (**Trivedi, J., et al.,2020**).

La grande majorité du pain est traditionnellement produite à partir de farine de blé. À part l'amidon qui est son constituant majeur, la farine de blé contient également de nombreux autres types de substances dont le gluten, les polysaccharides non amylacés ainsi que les lipides, sont

---

les plus importants en termes d'impact sur la transformation de la matière première et en termes de qualité des produits finaux (**Goesaert, H et al., 2005**) INTRODUCTION

L'amidon est un polysaccharide stocké dans les organes de réserve des végétaux tels que les céréales (30 à 70% MS), les tubercules (60 à 90 % MS) et les légumineuses (25 à 50 % MS) est l'une des matières premières largement utilisée dans l'industrie agroalimentaire comme épaississant, agent de texture ou gélifiant (**Wertz, 2011**). Ce composé apporte de nombreuses fonctionnalités essentielles aux produits laitiers transformés y compris aux yaourts, desserts et préparations aux fruits. L'amidon peut apporter de la viscosité et améliorer la texture, accroître l'onctuosité, et assurer la stabilité pendant la durée de conservation, d'une façon économique (**Fredot, 2005**).

En Algérie plus de 1 million de tonne de pain gaspillé en 2019, selon les déclarations des entreprises de nettoyage et de récupération des déchets. L'attitude de gaspillage des consommateurs et la mauvaise gestion par les autorités des quantités astronomiques du pain jeté concernés affecte l'économie du pays ainsi que l'environnement d'une manière considérable. Ce constat, nous oblige à trouver des solutions efficaces et rentables tels que la valorisation.

L'objectif de ce présent travail est de réaliser des essais d'incorporation d'une poudre de pain rassis ainsi que son amidon extrait dans la formulation du crème dessert au chocolat en remplacement à l'amidon brut industriel.

## Chapitre I. ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

### 1. Pain rassis

Le pain est un aliment de base préparé à partir de la pâte de farine et de l'eau. En plus des protéines, des minéraux et des fibres alimentaires, son composant principal est l'amidon rapidement digestible (Osuji, 2006). Le rassissement est le terme général qui décrit la perte temporelle de la qualité, de la saveur et de la texture du pain. Les changements de texture affectent à la fois la croûte et la mie comme les deux phases de masse bien distinctes. La croûte est relativement sèche, croustillante et cassante à l'état frais en raison de l'état vitreux des deux principaux texturogènes, l'amidon et les protéines (Le-Bail et al., 2018).

#### 1.1. Composition de pain rassis

L'un des aspects importants et des principaux avantages de l'utilisation des déchets de pain est qu'il s'agit d'une source complète de nutriments et qu'il peut donc être utilisé sans supplémentation. La composition typique des tranches de pain blanc résidu est présentée au tableau 1 (Mehmet. M., et Colin W., 2013).

**Tableau 1.** Composition d'une seule tranche de pain rassis blanc (Mehmet et Colin, 2013)

Composants	Poids (g)
Eau	28.67
Amidon	45.34
Nitrogène (N)	1,61
Protéine (N35,7)	9,18
Phosphore	0,10
Cendres	2,26

#### 1.2. Mécanisme de rassissement de pain

Lors du rassissement, l'eau migre de la miette vers la croûte et conduit à une transition verreaoutchouc des deux composants. En conséquence, la croûte devient molle et coriace. La mie est mieux décrite comme un matériau poreux avec des parois cellulaires élastiques flexibles. La fermeté de la mie de pain fraîche, telle que déterminée par des tests de compression, est

---

faible car l'amidon et les protéines sont présents à l'état caoutchouteux en raison des niveaux élevés d'eau comme plastifiant. Une augmentation de la fermeté et de la friabilité est observée

comme des changements typiques de la mie au cours du vieillissement. Les facteurs affectant le rassissement du pain ont été largement étudiés, ce qui est également reflété par un certain nombre d'examen complets sur le mécanisme de rassissement et ses implications pour la technologie de cuisson (**Hug-Iten et al., 2003**).

### 1.2.1. Composants de la farine de blé

La farine de blé se compose principalement de gluten, d'amidon et de « pentosans », qui contribuent de manière importante aux caractéristiques du processus et du produit final ; ses lipides jouent un rôle important dans la fabrication du pain. La farine de blé a une activité  $\alpha$ -amylase considérable et une faible quantité  $\alpha$ -amylase. Les états de l'amidon, du gluten et des lipides polaires dans les trois principaux stades de la vie du pain rassis sont décrits dans le tableau 2 (**Gray et Bemiller, 2003**).

**Tableau 2.** États des composants critiques à différentes étapes de la vie du pain a (**Gray et Bemiller, 2003**)

Étape	Amidon	Gluten	Lipide polaire
<b>Pâte</b>	Granulés hydratés, intacts. Ap <sup>(b)</sup> partiellement cristallin. Am <sup>(b)</sup> amorphes	- Hydraté. - Sous forme de fibrilles avec amidon adhérent granulés en réseau continu.	- Libérer. - Peut-être certaines interactions protéine-lipide.
<b>Pain cuit frais, mais refroidi</b>	- Granules dans un spectre d'états. Le plus gélatinisé <sup>(c)</sup> et déformé / effondré. - Interactions amidon-amidon à l'intérieur et entre les granules. - Structure en double hélice d'Ap. - Certains Am sont partiellement ou complètement lessivés des granulés, en mettant une partie en phase continue, où il est en grande partie insoluble. Certains se sont complexés avec des molécules lipidiques polaires.	-Dénaturé. Réticulé. Possible formation d'associations amidon-gluten (Fibrilles amidongluten) pendant la cuisson	- Certains complexés avec Am (à l'intérieur et à l'extérieur des granulés). - Certains libérés. - Interactions possibles protéines-lipides
<b>Pain rassis</b>	- Ap rétrogradé gélatinisé à l'intérieur des granules. - Peut-être certains en dehors des granules. - Am rétrogradé, certains complexés avec des lipides. Probablement peu changé par rapport au pain frais.	- Perte d'eau d'hydratation due au gluten réseau via transfert vers amidon <sup>d</sup> , qui permet la cristallisation de Ap	Inchangé par rapport au pain frais

<sup>a</sup> Basé sur les meilleures preuves disponibles. <sup>b</sup> Ap = amylopectine, Am = amylose

<sup>c</sup> La gélatinisation est la perturbation de l'ordre moléculaire dans les granules d'amidon lorsqu'ils sont chauffés en présence d'eau (Atwell et al. 1988).<sup>d</sup> La redistribution macro- et microscopique de l'eau se produit au cours du vieillissement

La farine de blé composée principalement de (**Gray et Bemiller, 2003**) :

- a. Protéines :** Le gluten hydraté est la phase continue des pâtes de farine de blé. Pendant la cuisson, le gluten est dénaturé et la réticulation protéine-protéine se produit via la formation de liaisons disulfure. Le réseau résultant, combiné à des granules d'amidon partiellement gélatinisés, est très certainement responsable de la structure semi-rigide des produits de boulangerie.
- b. Polysaccharides non amylacés :** Les arabinoxylanes et les arabinogalactanes (arabinogalactane-protéines) sont les «pentosanes » de la farine de blé. Les arabinoxylanes sont divisés en 2 classes (hydrosolubles et insolubles dans l'eau) et ont été beaucoup plus étudiés que les arabinogalactanes, car ils sont présents en plus grandes concentrations et sont censés jouer un rôle plus important à la fois dans la préparation et la durée de conservation des produits de boulangerie. Leur influence sur la panification et la qualité du pain est encore débattue.
- c. Amidon :** La farine de blé contient 84 à 88% d'amidon. Lors de la cuisson de la pâte à pain, les granules d'amidon sont généralement gélatinisés (Tableau 1, note de bas c), mais rien d'autre qu'un gonflement restreint suivi d'un effondrement leur arrive en raison de la quantité limitée d'eau présente dans le système de pâte, ainsi, des granules d'amidon de blé déformés peuvent être isolés de la mie. Lorsque les granules d'amidon sont chauffés dans un excès d'eau, les granules gonflent et une partie de l'amylose diffuse des granules, se concentre dans l'eau interstitielle entre les granules et subit une rétrogradation. Tout amylose interstitielle aura rétrogradé (c'est-à-dire devenu insoluble) et il est donc peu probable qu'il joue un rôle majeur dans les événements de rassissement ultérieurs. Par conséquent, le pain fraîchement cuit et refroidi est un système élastique contenant des granules d'amidon de blé gonflés qui sont encore en grande partie intacts, mais peuvent être déformés.

### **1.2.2. Rétrogradation de l'amidon et rôle d'amylose**

Les réarrangements dans la fraction d'amidon présentent un socle important de rassissement. Ces transformations de l'amidon comprennent la gélification et la cristallisation et sont appelées rétrogradation. Les cinétiques de rétrogradation de l'amidon des deux

polymères d'amidon amylose et amylopectine diffèrent considérablement. Les solutions d'amylose pure gélifient en quelques heures, alors que la gélification des solutions d'amylopectine nécessite plusieurs jours. Étant donné que le raffermissement du pain se développe également sur plusieurs jours, la plupart des modèles de rassissement considèrent les changements dans la fraction d'amylopectine comme la principale cause du raffermissement du pain (**Hug-Iten et al., 2003**).

La nature multi-composants et multi-phases du pain doit être prise en compte pour comprendre la texture du pain. Le pain peut être considéré comme un matériau composite où l'amylose, l'amylopectine et la protéine forment des phases séparées en raison de l'immiscibilité thermodynamique des polymères. Les composites se caractérisent par des propriétés mécaniques qui ne peuvent pas être obtenues avec les composants individuels seuls, mais dépendent de l'interface entre les composants. La microscopie confocale laser à balayage et la microscopie optique du pain montrent que l'amidon forme une phase continue dans la mie de pain. Les granules d'amidon sont gonflés et allongés, et dans les granules d'amidon, l'amylose et l'amylopectine forment deux phases distinctes (**Hug-Iten et al., 2003**).

### **1.2.3. Rétrogradation de l'amylopectine**

Les chaînes latérales de l'amylopectine forment des structures à double hélice entassées dans des régions cristallines. La formation d'un réseau dans la matrice du pain par des liaisons croisées entre l'amylose et les granules d'amidon restants peut être plus importante que le degré de recristallisation de l'amidon. Outre l'ordre moléculaire de l'amidon, la fermeté du pain dépend du degré de plastification du réseau, l'eau étant le plastifiant le plus important dans les aliments. Une absorption accrue d'eau pendant la cuisson peut améliorer la douceur initiale et diminuer le raffermissement du pain. Même si la perte d'humidité du pain est évitée, la redistribution de l'eau a lieu entre la mie et la croûte ainsi qu'entre le gluten et l'amidon. Cependant, il a été estimé que seulement 3% de l'eau totale est redistribuée au cours du vieillissement. L'ajout de plastifiants autres que l'eau, par exemple le glycérol, réduit le taux de raffermissement de la mie de pain malgré une recristallisation importante de l'amylopectine (**Hug-Iten et al., 2003**).

La réorganisation de l'amylose et de l'amylopectine au cours du vieillissement aboutit à des zones biréfringentes clairement détectables. La fraction continue d'amidon est entrelacée par une matrice protéique continue, qui présente un autre élément structurant important de la mie de pain (**Hug-Iten et al., 2003**).

### 1.3. Valorisation du pain rassis

Dans l'industrie de la boulangerie, plusieurs alternatives à la réutilisation des déchets ont été développées. Les déchets de boulangerie ont été décrits comme étant un substrat approprié pour la conversion en bio-hydrogène (**Adessi et al., 2018**), en bioéthanol (**Haroon et al., 2016**) et en biogaz (**Dubrovskis et Plume, 2017**), ou comme aliments directs pour le bétail (**Immonen et al., 2020**). De plus, plusieurs procédés en aval ont été proposés pour le pain résiduaire afin de dériver des produits chimiques à valeur ajoutée à usage industriel (**Haroon et al., 2016**).

Certains déchets peuvent être transformés en chapelure, en remplacement d'une partie de la farine dans la préparation du levain (**Pietrzak et Kawa-Rygielska, 2014**) l'utilisation du pain comme ingrédient de brasserie (**Immonen et al., 2020**) ou comme aliment pour animaux. Les possibilités de retraitement des déchets de pain dans les boulangeries sont limitées, Mais il permet d'économiser les matières premières, d'améliorer la saveur du pain et d'augmenter la fraîcheur du pain pendant le stockage (**Hamburg, 2011**).

Cependant, en raison de la détérioration souvent microbienne, son utilisation pour la nutrition humaine et animale pourrait être risquée pour la santé des consommateurs. Ces problèmes sont la raison pour laquelle les déchets de pain sont le plus souvent laissés dans des décharges ou utilisés comme combustible pour la combustion (**Pietrzak et Kawa-Rygielska, 2014**). Mais Les solutions futures doivent toutefois être axées sur des solutions de rechange qui conservent ou recyclent les déchets de boulangerie de qualité alimentaire pour l'usage humain. (**Immonen et al., 2020**)

### 1.4. Coproduits et domaines d'utilisation de pain rassis

#### 1.4.1. Chapelure, miettes et pain trempé

Dans l'industrie de la boulangerie, Le pain non conforme aux normes et les déchets de pain provenant du réseau de distribution peuvent être transformés en chapelure, en miettes et en produit semi-fini spécial (pain trempé). La chapelure est également vendue sur le marché pour la cuisson à domicile. (**Savkina et al., 2020**).

Par conséquent, le remplacement d'une partie de la farine par de la chapelure entraîne une détérioration du pain. Cependant, lorsque les composés chimiques de la chapelure étaient fermentés dans le levain, elle a eu un effet favorable sur la qualité du pain (**Savkina et al., 2020**).

### 1.4.2. Préparation du levain

La fermentation du pain en nouveau levain a déjà été présentée par **Gélinas et al. (1999)**. Des méthodes ont été mises au point pour la préparation du levain à l'aide de pain rassis. La société allemande IsernHäger a développé le levain de seigle liquide IBF à base de fermentation du pain. Le pain rassis est utilisé dans une quantité de 15-50% de la quantité totale de levain. Ferment a une capacité d'autoconservation et conserve ses propriétés dans les 144 heures (**Savkina et al., 2020**).

### 1.4.3. Aliment pour animaux

D'après **Vandermeersch et al., (2014)** ils ont observé que la valorisation en aliments pour animaux donnait de meilleurs résultats en raison de la teneur élevée en matière sèche des déchets de pain. La valorisation de la fraction des déchets de pain dans un aliment pour animaux, peut apporter plus de gains environnementaux que la valorisation de la production de l'électricité, de la chaleur et du digestat).

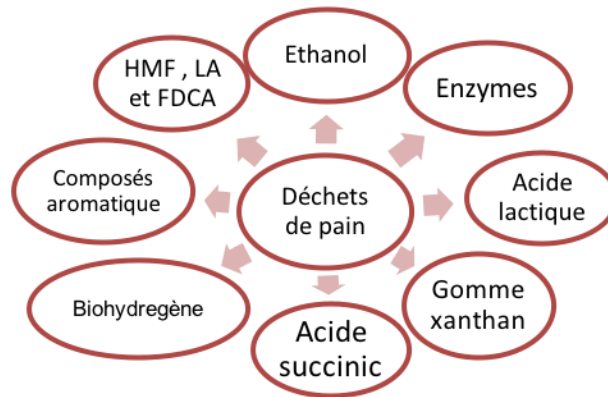
## 1.5. Valorisation Biotechnologique

Comme pour tous les produits céréaliers, le pain est beaucoup moins stable que le grain non transformé dont il est produit et, une fois éliminé, il se détériore rapidement. Sa dégradation est presque toujours biologique et consiste généralement en une fermentation à l'état solide impliquant par des champignons filamenteux, souvent des espèces d'*Aspergillus* (Figure 1).



**Figure 1.** Détérioration du pain par les champignons filamenteux

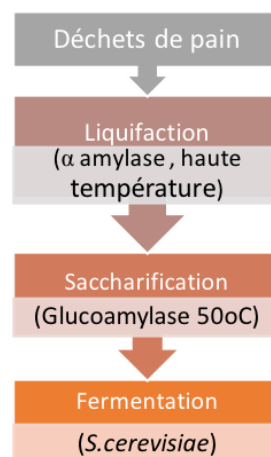
Par conséquent il devrait être possible d'exploiter ce processus de fermentation naturelle pour produire des produits potentiellement précieux (**Figure 2**) plutôt que de laisser le pain être transformé en émissions de gaz à effet de serre sous forme de dioxyde de carbone ou, pire encore, de méthane (**Mehmet et Colin, 2013**).



**Figure 2.** Produits valorisables de déchets de pain.

### 1.5.1. Production de Bioéthanol

**Kawa-Rygielska et Pietrzak (2011)** ont étudié la possibilité d'utiliser des déchets de boulangerie (pâte, pain, gâteaux) comme matières premières pour la fermentation de l'éthanol par *Saccharomyces cerevisiae*. Le pain gaspillé contient une quantité importante d'amidon facilement hydrolysé en sucres monomériques à l'aide d'*amylases* (Figure 3). La quantité d'amidon et de sucres simples dans le pain se situe entre 500 et 750 et 3 à 50 g /kg respectivement. De plus, le pain contient de 100 à 150 g/kg de protéines qui, après hydrolyse des peptides et des acides aminés, sont essentielles à la croissance de la levure et à la fermentation accélérée (**Dewettinc et al., 2008**).



**Figure 3.** Schéma de production de l'éthanol par *S. cerevisiae*.

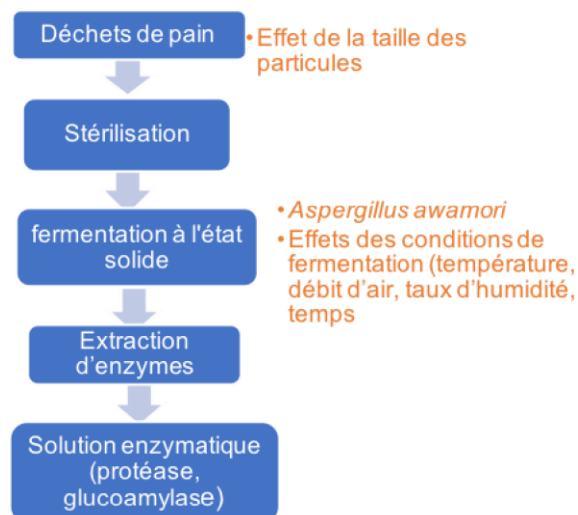
### 1.5.2. Valorisation des pains à HMF, AL et FDCA

**Cao et al., 2018**) ont signalé la production de HMF (5-Hydroxy-Méthyl-Furfural) à partir de déchets alimentaires riches en amidon comme le pain. Après l'optimisation des conditions de réaction, le rendement du HMF était de 30,4 C mol % (c.-à-d. 22 % en poids des déchets de pain) lorsque le mélange de sulfoxyde de diméthyle (DMSO)/eau dés-ionisée à 180°C a été utilisé pendant 20 minutes. Le HMF dérivé de la biomasse est devenu une importante plateforme chimique pour la production de (**Trivedi et al., 2020 ; Rosatella et al., 2011**) :

- ✓ Combustibles à valeur ajoutée
- ✓ Polymères dans les industries chimiques, pharmaceutiques et alimentaires et l'emballage, à cause de sa structure chimique.
- ✓ Biocarburant diméthylfuran (DMF), ✓ Comme molécule précurseur d'acide lévulinique (AL) et d'acide 2,5-furane dicarboxylique (FDCA).

### 1.5.3. Production d'enzymes

**Melikoglu (2008)** a rapporté que la production d'une solution multi-enzymatique, riche en glucoamylase et en protéase, à partir d'environ 20 mm de morceaux de pain usagés à l'aide du champignon *Aspergillus awamori*, a été optimisée. La température moyenne, la taille de l'inoculum, le pH, la taille des particules, la teneur en humidité initiale et la durée, comptent parmi les paramètres de procédé les plus importants dans le cas des SSF simples (Figure 4).

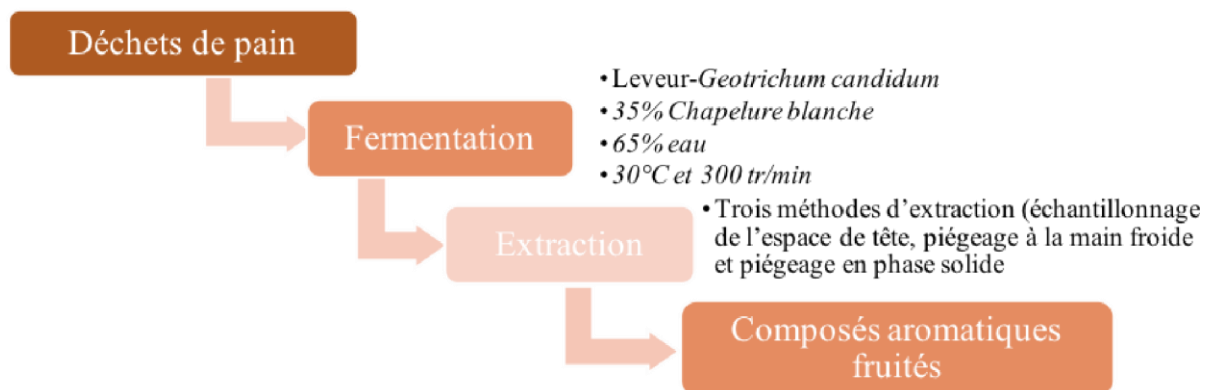


**Figure 4.** Schéma d'un bioprocédé de fermentation de pain résiduaire pour la production d'enzymes (**Melikoglu, 2008**).

### 1.5.4. Production de composés aromatiques

**Daigle et al. (1999)** ont également procédé à des fermentations sur des déchets de chapelure de pain, mais pour la production de composés aromatiques. Les fermentations ont été effectuées

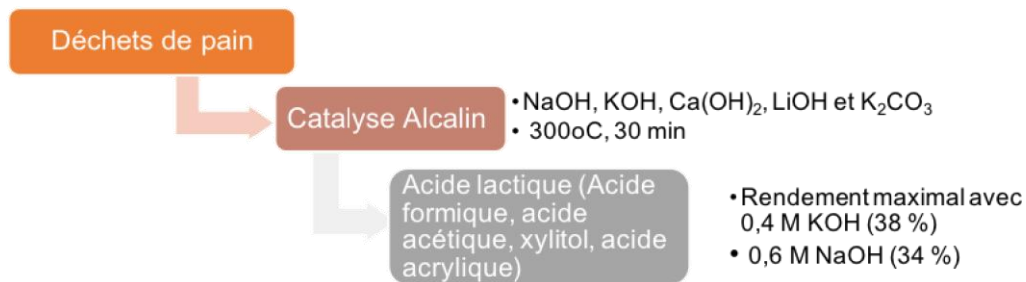
avec 35 % de chapelure blanche et 65 % d'eau, à l'aide du *Geotrichum candidum* ATCC 62217 dans des fioles Erlenmeyer à 30°C et à 300 tr/min (Figure 5).



**Figure 5.** Schéma de production des composé aromatiques par fermentation des déchets de pain

### 1.5.5. Production d'acide lactique et d'acide succinique

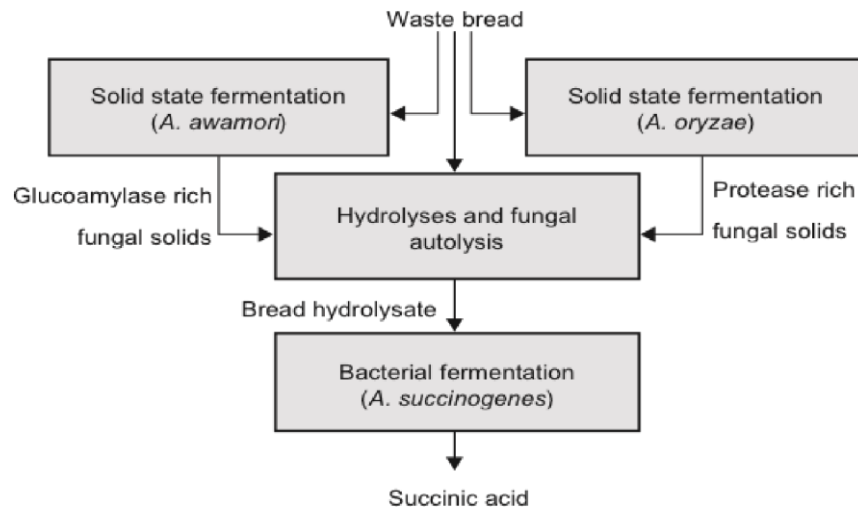
**Oda et al., (1997)** ont tenté d'optimiser la production d'acide lactique à partir de la croûte de pain (**Figure 6**), et l'application du filtrat de culture obtenu à partir de la fermentation lactique a été utilisée dans le processus de panification comme méthode économique de recyclage des déchets de boulangerie.



**Figure 6.** Production d'acide lactique à partir de la croûte de pain

**Leung et al., (2012)** ont signalé une production réussie d'acide succinique par fermentation de morceaux de pain résiduaire (Figure 8). L'acide succinique a un marché chimique unique pour la production de revêtements, de surfactants, de colorants, de détergents, de solvants verts, de plastiques biodégradables et d'ingrédients stimulant la croissance animale et végétale. En 2016, Reverdia (Pays-Bas) a conclu un partenariat stratégique avec Hangzhou Xinfu Science & Technology (Chine) et De Zhou Xin Huarun Technologie (Chine) pour promouvoir la production de biosuccinate destiné à polymères/copolymères à base biologique pour l'industrie

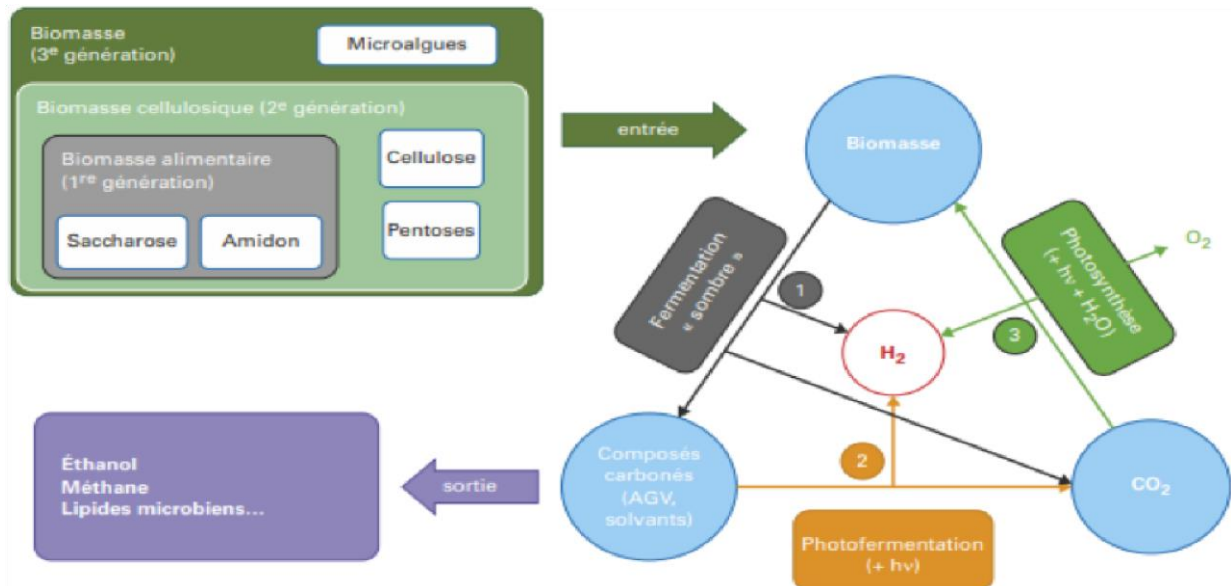
de l'emballage et micro-cellulaire mousses de polyuréthane pour l'industrie de la chaussure, respectivement (Trivedi et al.,2020).



**Figure 7.** Bioprocédés par fermentation ; activités mycolytiques et protéolytiques (Leung et al., 2012)

### 1.5.6. Production biohydrogène et de la gomme xanthane

Doi et al. (2009) ont étudié la faisabilité de produire du biohydrogène à partir de pain résiduaire à l'aide de microorganismes isolés du riz. Ils ont montré qu'à une température du réacteur de 35 °C, avec un temps de rétention hydraulique de 12 à 36 h, ils pouvaient produire jusqu'à 1,30 molH<sub>2</sub>/mol-hexose consommé.



**Figure 8.** Schéma simplifié du cycle du carbone lié à la production de Biohydrogène

La gomme xanthane est le polysaccharide microbien le plus important du point de vue commercial, avec une production mondiale d'environ 30000 tonnes/an. Il a des applications

commerciales répandues en tant qu'amplificateur de viscosité et stabilisateur dans les industries alimentaires, pharmaceutiques et pétrochimiques (**Papagianni et al., 2001**).

**Stredansky et Conti (1999)** ont proposé l'utilisation de la SSF comme stratégie de rechange pour la production de xanthane par *Xanthomonas campestris*, (Figure 9) puisque les substrats solides reproduisent l'habitat naturel de cette bactérie phytopathogène. Cette technique permet de résoudre les problèmes liés à la viscosité du bouillon et, en outre, utilise des substrats moins chers.



**Figure 9.** Résumé des étapes de production de xanthane par *Xanthomonas campestris*

## 2. L'Amidon dans les produits de boulangerie

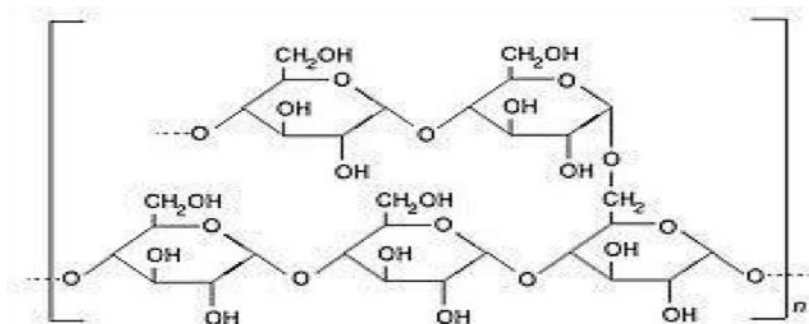
Les produits de boulangerie restent l'application prédominante de l'amidon de blé. La farine de blé est l'ingrédient majeur autour duquel les formules et les procédés de boulangerie ont été développés (**Le-Bail et al., 2018**).

### 2.1. Définition de l'amidon

L'amidon est un polymère du glucose présent sous forme de granules dans certaines espèces végétales, notamment les graines (céréales, légumineuses, maïs, blé, riz, pois) et les racines (tapioca, pomme de terre, etc.). Le polymère est formé de molécules de glucose anhydro- $\alpha$ -D- liées. L'amidon est séparé par des procédés différents selon les espèces d'origine (**Alimentarius, 2015**).

### 2.2. Composition et structure primaire de l'amidon

L'amidon est présent à l'état natif sous forme de grains dont la taille varie du micron à la centaine de microns selon l'origine botanique. L'amidon est constitué de deux fractions (**Figure 10**) : une fraction glucidique représentant 98% et 99% et une fraction non glucidique (0,1% et 2%). (**Le-Bail et al., 2018**).



**Figure 10.** Fracturions et structure Chimique de l'amidon

### 2.2.1. Fraction Glucidique

L'amidon est principalement composé d'un mélange de deux polymères : l'amylopectine et l'amylose, dans des proportions variables selon l'origine de l'amidon. Ce sont des polymères d' $\alpha$ -D-glucopyranosyle. Les monomères sont sous la forme la plus stable, c'est-à-dire la conformation chaise  ${}^4C_1$  ; ils sont interconnectés par une liaison  $\alpha$ -(1,4) et à une moindre mesure (4%e5%) de liaisons  $\alpha$ -(1,6). Chaque polymère a une extrémité réductrice libre. Même si l'unité de base est la même pour les deux polymères, ils sont très différents en taille et en degré de ramification (**Le-Bail et al., 2018**).

#### a. Amylopectine

Le plus souvent, l'amylopectine représente 70 à 80 % de la fraction glucidique, et 99 % pour les variétés dites waxy (maïs, sorgho, riz et orge). Les unités glucose amylopectine sont essentiellement liées par le type  $\alpha$ -(1,4), mais 5%e6% des liaisons  $\alpha$ -(1,6) confèrent à l'amylopectine une structure très ramifiée. Les premiers modèles structuraux de l'amylopectine présentaient une molécule ramifiée homogène (**Le-Bail et al., 2018**). La structure en cluster confère à l'amylopectine des propriétés physico-chimiques particulières (**Le-Bail et al., 2018**) :

- ✓ Faible capacité à lier l'iode, moins de 1 mg/100 mg d'amylopectine avec un maximum d'absorption  $\lambda_{\text{max}} = 540$  nm.
- ✓ Une viscosité intrinsèque très faible de l'ordre de 120-190 mL/g (à 22,5° C dans KOH 1 mol/L), compte tenu de son poids moléculaire très élevé (107-108 g/mol)

#### b. Amylose

L'amylose représente environ 20 à 30 % de la partie glucosidique des amidons. L'amylose est une molécule essentiellement linéaire, composée de 500-6000 unités d' $\alpha$ -D-glucopyranosyle, réparties sur 1-20 chaînes différentes avec un DP moyen de 500. **Banks et Greenwood (1975)**

ont montré que le nombre de liaison  $\alpha$ -(1,6) est faible et distribué au hasard. Cependant, il semble qu'ils soient fréquemment situés près de l'extrémité réductrice. Le caractère ramifié de l'amylose a été mis en évidence par l'action de la  $\beta$ -amylase, qui hydrolyse les liaisons  $\alpha$ -(1,4) pour former du maltose. Lors de cette hydrolyse, seuls 70 % à 80 % de l'amylose sont dégradés du fait de la présence de liaisons  $\alpha$ -(1,6) qui stoppent l'activité enzymatique. Le taux de connexion est encore plus important que la masse d'amylose et est important, mais il dépend aussi de l'origine botanique de l'amylose.

L'amylose a la particularité de piéger de nombreuses molécules comme les alcools et les lipides. L'amylose peut être extrait de grains d'amidon dispersés dans l'eau par reprecipitation sélective en présence d'alcool (par exemple, le butanol). Il peut également être synthétisé in vitro de manière enzymatique ou à partir d'ADP-glucose avec la 1,4- $\alpha$ -D-glucane 4- $\alpha$ -D-glucosyltransférase ou du saccharose avec une amylosaccharase recombinante, qui permet d'obtenir de l'amylose hautement cristallin (Le-Bail et al., 2018).

### 2.2.2. Fraction non glucidique

L'amidon contient également d'autres composants qui n'ont pas d'origine glucidique et représentent 0,1%-2% selon l'origine botanique. C'est à propos de (Le-Bail et al., 2018) : ✓ Une fraction lipidique, qui est la plus importante et la plus étudiée.

- ✓ Une fraction azotée, constituée d'acides aminés, de protéines et d'acides nucléiques.
- ✓ Une fraction minérale, principalement représentée par le phosphore.

### 2.3. Rôle et utilisations de l'amidon

Les propriétés de l'amidon de blé sont étroitement liées à l'apparence, la structure et la qualité de nombreux produits alimentaires. Ses principales utilisations dans les applications alimentaires sont liées à la gélatinisation, au collage et à la rétrogradation, qui sous-tendent la fonctionnalité de l'amidon. Les granules d'amidon natif sont insolubles dans l'eau froide, mais lorsque la température augmente, l'amidon perd son organisation moléculaire et subit des changements irréversibles. En effet, lors du traitement, les dispersions d'amidon sont soumises à des effets combinés de chauffage et de cisaillement qui affectent leur rhéologie et les caractéristiques finales du produit (Le-Bail et al., 2018).

### 3. Les crèmes Desserts

#### 3.1. Définition

Les crèmes desserts ou les laits gélifiés aromatisés sont préparés à partir de lait pasteurisé ou stérilisé partiellement écrémé ou écrémé ; additionné de sucre, de matières amylacées, d'arômes naturels, de stabilisateurs et de gélifiants ou d'épaississants d'origine végétale (**Hamza-Chaffai, 1990**)

#### 3.2. Composition

Les desserts lactés sont de produits laitiers ; même s'ils contiennent d'autres ingrédients que le lait (sucre, œufs, épaississants...), la part du lait reste toujours importante : plus de 75% dans la majorité des cas, jamais moins de 50% ; ils assurent un bon apport de protéines et de calcium (**Paillet, 2011**).

**Tableau 3.** Composition des différentes catégories de desserts lactés frais (**Oqali, 2013**).

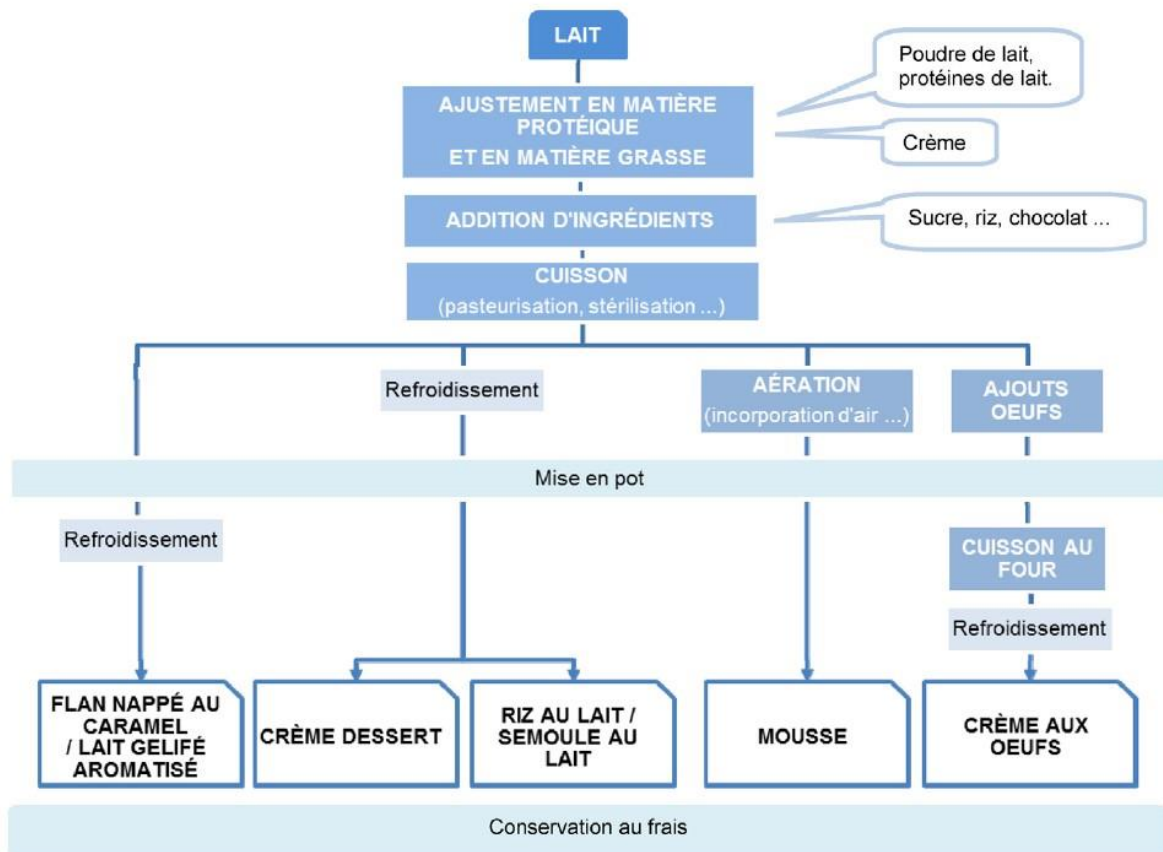
Types de DLF	Énergie (kcal)	Lipides (g)	A. gras saturés (g)	Glucides (g)	Calcium (mg)
DLF types crèmes desserts, flans, laits gélifiés et liégeois	79-210	0.5-13	0.4-6.2	13.5-28.3	120-208
Crèmes desserts seules	93-224	2.4-13.4	1.6-8.6	14.6-28.6	84-144
DLF allégés et/ou édulcorés	55-146	0.0-5.3	0.0-3.5	8.5-20	120-146
DLF à base de céréales	108-159	0.6-5,4	1.0-2.8	16.9-30.9	63-63

#### 3.3. Fabrication

D'un dessert lacté à un autre, selon la recette et la texture souhaitées, les techniques de fabrication diffèrent et sont à l'origine de la spécificité du produit (Figure. 11). Parmi les laits gélifiés les plus consommés, on cite le crème dessert au chocolat qui est préparé selon un diagramme technologique bien défini (**Hamza-Chaffai, 1990**):

- ✓ La cuisson qui consiste en une dissolution des ingrédients sous l'effet de la température, constitue l'étape la plus importante dans la préparation du lait gélifié chocolaté. L'amidon et le carraghénane sont employés pour rendre le gel moins cassant et améliorer les propriétés organoleptiques et rhéologiques de ce produit.

- ✓ Le brassage et la cuisson se font à des températures variantes entre 65 et 90 °C (généralement selon l'agent de texture utilisé).
- ✓ Le mélange est ensuite stérilisé, car les laits gélifiés n'ont pas d'acidité naturelle et de ce fait la conservation de ces produits est précaire. Lors du refroidissement, on assiste à la formation du gel.



**Figure 11.** Schéma de fabrication des principaux desserts lactés frais (Lubrano-Lavadera, et *al.*, 2014).

### 3.4. Additifs alimentaires de la crème dessert

Les additifs qui jouent un rôle important sur la stabilité physique et la texture de la crème dessert sont les agents de texture (gélifiants, émulsifiants, épaississants) ; les arômes et les colorants jouent un rôle sur le goût, la saveur et la couleur (**Guion, 1998**). Les agents de texture sont regroupés sous les termes d'épaississants, émulsifiants et gélifiants. Les fonctions de ces agents de texture sont résumés dans le tableau 4 et les caractéristiques de certains produits utilisés pour leur propriétés sont présentés dans le tableau 5.

**Tableau 4.** Fonctions des agents de texture (Branger et Madeleine, 2009).

Agent de texture	Fonction	Conséquence
<b>Émulsifiants</b>	Adsorption à l'interface entre phase aqueuse et phase lipidique, qui diminue la coalescence molécules amphi-polaires.	Stabilisation de l'émulsion
<b>Épaississants</b>	Gonflement des molécules par hydratation	Augmentation de la viscosité
<b>Gélifiants</b>	Formation d'un réseau tridimensionnel, dans les mailles au quel se logent d'autres molécules ou la phase continue (eau)	Formation d'un gel

Parmi les agents texturants mis en œuvre dans la fabrication des desserts lactés, nous pouvons citer (Jeantet et al, 2008) :

- Amidons et dérivés exploités pour leurs propriétés épaississantes.
- Gommés comme les xanthanes, caroube, guar, gomme arabique qui ont des propriétés épaississantes mais aussi gélifiantes.
- Les carraghénanes qui sont des hydro-colloïdes naturels extraits de certaines algues rouges. Ils forment un gel en milieu aqueux à des concentrations de 0,1 à 0,5 % , en présence de calcium et de potassium. En enrobant les micelles de caséines, ils freinent le mouvement de celles-ci en les empêchant de fusionner et en augmentant la viscosité du milieu.

**Tableau 5.** Caractéristiques de certains agents de texture (Branger et Madeleine, 2009)

Origine	Nom	Rôle
<b>Grains</b>	Amidon modifié	Gélifiant, épaississant
	Caroube, Guar	Gélifiant, liant
	Pectine	Liant, stabilisant
	Dérivés de cellulose	Épaississant, gélifiant
<b>Algues</b>	Alginates	Épaississant, gélifiant
	Carraghénanes	Épaississant, gélifiant
	Agar- Agar	Gel
<b>Microorganismes</b>	Xanthanes	Épaississant
<b>Origine animale</b>	Gélatine	Gélifiant
	Poudre de lait /lactose	Texturant, émulsifiant

## **Chapitre II. MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **1. Lieux de stage**

Ce travail a été réalisé en 80% au niveau du laboratoire central de la qualité dans l'entreprise HODNA-Lait, spécialisée dans la fabrication de lait et des produits laitiers. HODNA-LAIT est une société privée à responsabilité limitée, créée en 1999 et située dans la zone industrielle de la wilaya de M'sila.

Une étape de travail a nécessité la réalisation des essais (15%) au niveau du laboratoire du département de biochimie et microbiologie de la faculté des sciences de l'université Mohammed Boudiaf - M'sila.

Une petite partie de stage pratique, soit 5%, a été effectuée au niveau du laboratoire des moulins « HODNA M'SILA ». Le complexe industriel commercial « HODNA M'SILA » groupe de transformation des céréales Agro-div, est constituée d'une minoterie et d'une semoulerie. Son activité principale est la transformation de blé tendre et dur respectivement en farines et en semoules.

### **2.**

### **Conclusion**

La présente étude suggère que la grande quantité de pain gaspillés par les boulangeries peut être utilisée pour récupérer les fractions d'amidon qu'il contient. Elle a été rapportée sur l'une des utilisations de l'amidon dans l'industrie alimentaire, en l'occurrence comme épaississant pour la fabrication de crème dessert au chocolat. Des essais de préparation de la crème dessert au chocolat contenant de la poudre de pain rassis et de son extrait à deux taux d'incorporation, à savoir E1 (100% PPR), E2 (50%PPR), E3 (25%PPR), et E4 (100%APR). Un témoin de crème dessert de la laiterie HODNA-LAIT-M'SILA a été utilisé comme produit de référence.

Une évaluation de l'influence de l'incorporation de la poudre de PPR et APR sur la qualité physico-chimique, microbiologique des produits préparés ont été réalisés au niveau du laboratoire de l'entreprise HODNA-LAIT. Les propriétés physicochimiques et microbiologiques des produits ont révélé une conformité par rapport aux normes en vigueur. L'évaluation de leur aspect générale a été réalisé, et les résultats ont montré que l'E1 et E4 contenant respectivement 100% de PPR et 100% APR ont été les produits les plus appréciés.

Le présent travail reste préliminaire, cependant il démontre bien l'intérêt de valoriser cette denrée qui est sans doute la plus gaspillée dans notre pays. En perspective, la perfection de ces essais avec un peu plus de rigueur scientifique est nécessaire. L'optimisation de l'extraction de l'amidon est un axe à développer pour augmenter les taux d'extraction ainsi que la qualité de ce composé.

Références

- Adessi, A., Venturi, M., Candelieri, F., Galli, V., Granchi, L., & De Philippis, R.** (2018). Bread wastes to energy: sequential lactic and photo-fermentation for hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(20), 9569-9576. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.04.053>
- Alimentarius, C.** (2015). codex Stan 192, 1995. Norme générale Codex pour les additifs alimentaires.
- Benabda, Olfa, Kasmi, Mariam, Kachouri, Faten, Hamdi, Moktar,** Valorization of the powdered bread waste hydrolysate as growth medium for baker yeast. *Food and Bioproducts Processing* <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.02.007>
- Branger A., Madeleine M., Roustel S.,** (2009). Alimentation, processus technologiques et contrôles. Edition Educagri p 60.
- Cao, L., Yu, I.K.M., Chen, S.S., Tsang, D.C.W., Wang, L., Xiong, X., Zhang, S., Ok, Y.S., Kwon, E.E., Song, H., Poon, C.S.,** Production of 5-hydroxymethylfurfural from starch-rich food waste catalyzed by sulfonated biochar, *Bioresource Technology* (2017), doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.12.098>
- Cekmecelioglu, D., Demirci, A., Graves, R.E., Davitt, N.H.,** 2005. Applicability of optimised in-vessel food waste composting for windrow systems. [scihub.st/10.1016/j.biosystemseng.2005.04.013](https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2005.04.013)
- Daigle P, Gleinas P, Leblanc D, Morin A.** Production of aroma compounds by *Geotrichum candidum* on waste bread crumb. *Food Microbiol* 1999;16:517–22. [scihub.st/10.1006/fmic.1999.0269](https://doi.org/10.1006/fmic.1999.0269)
- Debuyser ,M., L.,** (1991). Méthodes d'évaluation des microflores à incidence sanitaire: les Staphylocoques coagulase +. In : techniques d'analyse et contrôle dans les IAA, Le contrôle microbiologique, Tec. & Doc., Vol.3 : 2 ème Ed, Lavoisier. Paris
- Demirci. A Ş et Palabiyik. I.,** (2016). *Bread wastage and recycling of waste bread by producing biotechnological products. Journal of Biotechnology.*
- Dewettinck, K., Van Bockstaele, F., Kühne, B., Van de Walle, D., Courtens, T. M., & Gellynck, X.** (2008). Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. *Journal of Cereal Science*, 48(2), 243–257. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.01.003>
- Doi, T., Matsumoto, H., Abe, J., & Morita, S.** (2009). Feasibility study on the application of rhizosphere microflora of rice for the biohydrogen production from wasted bread. *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(4), 1735–1743. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2008.12.060>
- Fredot E.** 2005. Connaissance des aliments : [bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique]: Tec et Doc.
- Gélinas, P., McKinnon, C. M., & Pelletier, M.** (1999). Sourdough-type bread from waste bread crumb. *Food Microbiology*, 16(1), 37–43. <https://doi.org/10.1006/fmic.1998.0209>

- Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K., & Delcour, J. A. (2005).** Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in food science & technology*, 16(1-3), 12-30.
- Guion, Ph., (1998).** Justification technologique des additifs. Les additifs. Dossier scientifique de l'IFN (Institut français pour la Nutrition), N° 10. p17-23.- **Guiraud J-P. 1998.** La microbiologie alimentaire Doin édition Paris:562p
- Guirand, J.P., (2003).** Microbiologie Alimentaire.Edition: Dunod. Paris. Hygiène et sécurité alimentaires. In:Bourgeois C.M., Mescle J.F.,Zucca J. (Eds), Microbiologie Alimentaire, Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire :Edition:Lavoisier. Paris.pp151-160.
- Guiraud, J.P et Rosec.J-P., (2004).**Pratiques des normes en microbiologie alimentaire. Edition.AFNOR. France. p 268.
- Gray, J. A., & Bemiller, J. N. (2003).** Bread staling: molecular basis and control. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2(1), 1-21.
- Haroon, S., Vinthan, A., Negron, L., Das, S., & Berenjian, A. (2016).** *Biotechnological Approaches for Production of High Value Compounds from Bread Waste. American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 12(2), 102–109. <https://scihub.st/10.3844/ajbbsp.2016.102.109>
- Hug-Iten, S., Escher, F., & Conde-Petit, B. (2003).** Staling of bread: Role of amylose and amylopectin and influence of starch-degrading enzymes. *Cereal Chemistry*, 80(6), 654661.
- Immonen, M., et al.,** Waste bread recycling as a baking ingredient by tailored lactic acid fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, (2020),108652. [scihub.st/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108652](https://scihub.st/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108652)
- ISO 21528-2., (2004).** Microbiologie des aliments- Méthodes horizontales pour la recherche et le dénombrement des Enterobacteriaceae-Partie 2: Méthode par comptage des colonies
- Jeante ,T R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P et Brule G.,(2008).**Les produits laitiers ,2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier, 185p.
- Melcion J.P.** La granulométrie de l'aliment : principe, mesure et obtention. *Productions animales*, Institut National de la Recherche Agronomique, 2000, 13 (2), pp.81-97. hal02693862.
- JORA N°35, (1998).** Critères microbiologiques des laits et des produits laitiers. Arrêté interministériel du 24 février modifiant et complétant l'arrêtéde23 juillet 1994 relatif aux spécifications microbiologiques decertaines denrées alimentaires.
- JORA N°39, (2017).** Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires.
- Kosseva, M. R., & Webb, C. (2013).** *Food Industry Wastes: Assessment and Recuperation of Commodities.* <http://libgen.li/item/index.php?md5=FF6F136BEBFA3B1298FDDA511C82D820>
- Kosseva, M. R., & Webb, C. (Eds.). (2020).** *Food industry wastes: assessment and recuperation of commodities. Academic Press.* <http://libgen.li/item/index.php?md5=5EC4D25C1722502F8A498439317B294E>

- Le-Bail, P., Hesso, N., & Le-Bail, A. (2018).** Starch in baked products. In *Starch in food* (pp. 595-632). Woodhead Publishing.
- Leung, C. C. J., Cheung, A. S. Y., Zhang, A. Y.-Z., Lam, K. F., & Lin, C. S. K. (2012).** *Utilisation of waste bread for fermentative succinic acid production. Biochemical Engineering Journal, 65, 10–15.* <https://doi.org/10.1016/j.bej.2012.03.010>
- Lubrano-Lavadera, A.-S., Braescob, V., Chanson-Rollé A. (2014).** *Desserts lactés frais. Cahiers de Nutrition et de Diététique, 50, (2), 109-116.* <https://doi.org/10.1016/j.cnd.2014.07.009>
- Melikoglu, M., & Webb, C. (2013).** Use of Waste Bread to Produce Fermentation Products: Mehmet Melikoglu, Colin Webb. *Food Industry Wastes, 63-76.*
- NECHNECH, N. E. H., & RIBAH, S. (2019).** Impact des traitements thermiques sur la stabilité physico-chimique de la crème dessert au niveau de la laiterie HODNA-Lait, M'sila (Doctoral dissertation, Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila).
- NFEN ISO 4833., (2003).** Dénombrement des microorganismes. Méthode par comptage des colonies à 30°C (PCA). In : Besclin J (Eds). *Méthodes alternatives d'analyse pour l'agroalimentaire, performances analytiques certifiées.*
- NF ISO 6888-2., (1999).** Méthode horizontale pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (*Staphylococcus aureus* et autres espèces) - Partie 2 : technique utilisant le milieu gélosé au plasma de lapin et au fibrinogène
- Olesia Savkina, Lina Kuznetsova, Marina Lokachuk, Olga Parakhina, Elena Pavlovskaya et Natalia Lavrenteva .** The way of old bread recycling in the bread making E3S Web Conf., 161 (2020) 01082 DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016101082>.
- Oqali, (2013).** Étude de l'évolution du secteur des produits laitiers frais et assimilés entre 2009 et 2011. Disponible sur : <https://www.oqali.fr> (consulté le 01/08/2020).
- Osuji, C. M. (2006, October).** Importance and use of additives in bread making. In *A paper presented at a training workshop on the use of cassava/wheat composite flour and nonbromate additives for making bread and other confectionaries. Held at Michael Okpara University of Agriculture, Umudike.* <https://academicjournals.org/journal/AJFS/articlefull-text-pdf/CFB00523776>
- Paillet, M., (2011).** Guide pratique. Transformer les produits laitiers frais à la ferme. (Eds) Educagri. p63-76.
- Papagianni, M., Psomas, S., Batsilas, L., Paras, S., Kyriakidis, D., & Liakopoulou Kyriakides, M. (2001).** *Xanthan production by Xanthomonas campestris in batch cultures. Process Biochemistry, 37(1), 73–80.* [sci-hub.st/10.1016/S0032-9592\(01\)001741](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(01)001741)
- Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S. (2010).** Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences, 365(1554), 3065-3081*

---

ANNEXES