

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

Mr. MESSALTI LAKHDAR

Mr. HASSEN HOUSSAM NADIR

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES ALIMENTAIRES

**Spécialité: Technologie agroalimentaire et contrôle de
qualité**

THEME

Élaboration et caractérisation d'un bio plastique
biodégradable à base d'amidon et de maïs renforcé par
une organo Argile.

Soutenue publiquement le 11/06/2024

DEVANT LE JURY :

Présidente	Mme TABET AOUL Faiza	MCA U. Mostaganem
Encadreur	Mr ZABOURI Younes	MCA U. Mostaganem
Examineur	Mme ALACHAHER Fatima Zohra	MCB U. Mostaganem

Année universitaire : 2023-2024

Dédicaces

Remerciement

C'est avec un réel plaisir que nous réservons ces lignes en signe de gratitude et de profondeur connaissance à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation et à l'aboutissement de ce travail et toutes les personnes qui sont présentes autour de nous en ce moment

*Nous tenons à exprimer d'abord tout nous sincère remerciement et notre grand respect à **Mr ZABOURI Younes** pour nous avoir encadré, orienté pour toutes a patience et ses précieux conseils qu'i ou sa donnés.*

*Nous exprimons notre sincère gratitude à **Mme TABET AOUL Faiza** et nous le remercions pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury.*

*Nos remerciements vont également à **Mme ALACHAHER Fatima Zohra**. A pour accepté d'examiner ce travail et bien voulue faire partie des membres du jury.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à **Mme MOKHTARIA** et **Mme HAMMOU** et l'ensemble du personnel du laboratoire de biochimie 2 pour leurs aides, soutiens et les bons moments passés qui ne pourront que rester inoubliables pour nous.*

Enfin, on tient à remercier l'ensemble des enseignants du département des sciences alimentaires qui ont participés à notre formation.

Dédicaces

Je remercie tout d'abord, Allah de m'avoir donné la puissance, la volonté et le courage pour pouvoir réaliser ce modeste travail.

Je dédie ce manuscrit

A mes chers parents en reconnaissance de tous leurs sacrifices et leur soutien en toutes circonstances

À Mr ZABOURI qui doit voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis

A mes familles pour leur encouragement et leur bénédiction pour moi, A tous ceux qui me sont chers.

À mon collègue et mon binôme « Houssam » pour tout le moment de stress et de fatigue que j'ai partagée avec toi.

À tous les professeurs qui m'ont enseigné durant mon parcours académique et universitaire

À tous mes amis et la classe d'ACQ Master 2 merci pour votre aide. Je vous souhaite la réussite dans vos parcours académiques, professionnels et personnels.

LAKHDAR

À mes plus chers au monde, à mes parents.

Que Dieu leur donne de la santé et les protège pour nous.

À mon frère « ZAKARIA ». Pour son appui et encouragement. Je ne te souhaite que du succès et du bonheur. Que Dieu te protège pour nous.

À Mr ZABOURI qui doit voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.

À mon collègue et mon binôme « LAKHDAR » pour tout le moment de stress et de fatigue que j'ai partagée avec toi.

À mes amis, merci pour votre aide. Je vous souhaite la réussite dans vos parcours académiques, professionnels et personnels.

HOUSSAM

Liste des abréviations :

Mh : Matière humide

Ms : Matière sèche

TS : Taux de solubilité

BP : Le bioplastique

BP r : Le bioplastique renforcé par l'argile

PHA : Polyhydroxyalkanoates

PHB : Polyhydroxybutyrate

PLA : Acide poly (lactique)

Liste des tableaux :

Tableau 01 : Teneur en amidon des principaux aliments riches en amidon pour 100 g d'aliment.

Tableau 02 : Comparaison de la composition en acides aminés des gélatines de type A, de type B et du collagène ; exprimées en résidus pour 1000 résidus d'acides aminés.

Tableau 03 : Rôle des réactifs intervenants dans la synthèse de bioplastique.

Tableau 04 : La qualité organoleptique des fraises après 5 jours de conservation.

Liste des figures :

- Figure01** : Grains de différents amidons observés en microscopie électronique à balayage MEB (Grossissement×280).
- Figure02** : Structure et ultra structure d'un grain d'amidon.
- Figure03** : Structure de l'amylose.
- Figure04** : (a) Structure de l'amylopectine (b) classification des chaines et organisation en grappes de l'amylopectine.
- Figure05** : Des définitions de l'argile dans des différents domaines.
- Figure06** : Les différents types d'argile.
- Figure07** : Matrice de bioplastique.
- Figure08** : Schéma simplifié du processus de biodégradation d'un bioplastique.
- Figure09** : Structure de polymère.
- Figure10** : Classification des biopolymères biodégradable.
- Figure11** : Les étapes expérimentales de préparation des différents films.
- Figure12** : Organigramme de préparation des bioplastiques renforcés par argile.
- Figure13** : Le bioplastique dans la boîte pétrie avant le séchage à l'air libre.
- Figure14** : Les étapes de l'extraction de la gélatine à base des pattes de poulet.
- Figure15** : Les étapes du test de conservation.
- Figure16** : Un pied à coulisse.
- Figure 17** : Bioplastique fabriqué à base d'amidon de maïs.
- Figure 18** : Bioplastique à base d'amidon de maïs renforcé par l'organo argile.
- Figure 19** : Les étapes d'extraction d'amidon et le résultat de cette extraction.
- Figure 20** : Bioplastique à base d'amidon de pomme de terre.
- Figure 21** : Bioplastiques à base d'amidon de maïs.
- Figure 22** : La gélatine extraite à partir des pattes de poulet avant séchage.
- Figure 23** : Bioplastique fabriqué à base d'amidon de maïs renforcé par la gélatine.
- Figure 24** : L'état des fraises après 3 jours de conservation à l'air libre.
- Figure 25** : L'état des fraises après 3 jours de conservation à 4C°.
- Figure 26** : L'état des fraises après 3 jours de conservation à 40C°.
- Figure 27** : L'état des fraises après 5 jours de conservation à l'air libre.
- Figure 28** : L'état des fraises après 5 jours de conservation à 4C°.
- Figure 29** : L'état des fraises après 5 jours de conservation à 40C°.
- Figure 30** : L'état des fraises qui contiennent le bioplastique à base de maïs renforcé par l'argile et bioplastique à base de riz à l'air libre après 5 jours de conservation.
- Figure 31** : L'état de bioplastique à base d'amidon de maïs et bioplastique à base d'amidon de maïs renforcé par l'argile au début et à la fin du test de biodégradabilité.
- Figure 32** : Des échantillons de bioplastique à base d'amidon de maïs renforcé par l'argile et non renforcé avant de mettre dans l'étuve.
- Figure 33** : Le résultat d'opacité du bioplastique d'amidon de maïs renforcé par gélatine dans le spectrophotomètre.
- Figure 34** : Schéma explicatif du pourcentage de solubilité des différents bioplastiques dans l'eau.
- Figure 35** : Des échantillons de bioplastique à base d'amidon de maïs renforcé par l'argile et non renforcé avant de mettre dans l'étuve.

Résumé

L'élaboration et la caractérisation d'un bio plastique biodégradable à base d'amidon de maïs renforcé par une organo argile est une recherche qui vise à développer des matériaux respectueux de l'environnement, qui peuvent remplacer les plastiques conventionnels issus du pétrole. L'amidon et le maïs sont des ressources renouvelables, qui peuvent être dégradés par des enzymes naturelles. L'organo argile est une charge minérale qui améliore les propriétés mécaniques, thermiques et de barrière du bio plastique. Le procédé de fabrication consiste à mélanger l'amidon de maïs ou l'amidon de pomme de terre ou l'amidon de riz, le glycérol (comme plastifiant) et l'organo argile, puis à former un film par extrusion ou coulage. Le bio plastique obtenu est ensuite caractérisé par différentes techniques, comme la conservation, la biodégradabilité, l'analyse thermique, l'épaisseur, opacité, l'humidité, solubilité dans l'eau. Les résultats montrent que le bio plastique à base d'amidon et de maïs renforcé par une organo argile présente des performances comparables ou supérieures à celles des plastiques conventionnels, tout en étant plus écologique, Avec une préférence pour les bioplastiques à base d'amidon de maïs par rapport au plastique à base d'amidon de maïs renforcé par l'organo argile dans les essais de conservation

Mots clés: bio plastique, amidon, organo argile, biodégradable.

ملخص

إن تطوير وتوصيف البلاستيك الحيوي القابل للتحلل الحيوي المعتمد على نشا الذرة المعزز بالطين العضوي هو بحث يهدف إلى تطوير مواد صديقة للبيئة، والتي يمكن أن تحل محل المواد البلاستيكية التقليدية المشتقة من النفط. النشا والذرة من الموارد المتجددة، والتي يمكن تفكيكها بواسطة الإنزيمات الطبيعية. الطين العضوي عبارة عن حشو معدني يعمل على تحسين الخصائص الميكانيكية والحرارية والحاجزية للبلاستيك الحيوي. تتكون عملية التصنيع من خلط نشا الذرة أو نشا البطاطس أو نشا الأرز و الجلوسرين (كمادة ملدنة) والصلصال العضوي، ثم تشكيل طبقة عن طريق البثق أو الصب. يتم بعد ذلك تمييز البلاستيك الحيوي الذي يتم الحصول عليه بتقنيات مختلفة، مثل الحفظ، وقابلية التحلل الحيوي، والتحليل الحراري، والسبك، والعتامة، والرطوبة، والذوبان في الماء. تظهر النتائج أن البلاستيك الحيوي المبني على النشا والذرة المعزز بالطين العضوي يقدم أداءً مشابهًا أو متفوقًا على أداء البلاستيك التقليدي، مع أفضلية للبلاستيك الحيوي المصنوع من نشاء الذرة على البلاستيك المصنوع من نشاء الذرة المعزز بالطين في اختبار الحفظ.

الكلمات المفتاحية: البلاستيك الحيوي، النشا، الطين العضوي، القابل للتحلل

Abstract

The development and characterization of a biodegradable bioplastic based on corn starch reinforced with an organoclay is research which aims to develop environmentally friendly materials, which can replace conventional plastics derived from petroleum. Starch and corn are renewable resources, which can be broken down by natural enzymes. Organo clay is a mineral filler that improves the mechanical, thermal and barrier properties of bio plastic. The manufacturing process consists of mixing corn starch or potato starch or rice starch, glycerol (as a plasticizer) and organoclay, then forming a film by extrusion or casting. The bio plastic obtained is then characterized by different techniques, such as conservation, biodegradability, thermal analysis, thickness, opacity, humidity, solubility in water. The results show that bio plastic based on starch and corn reinforced with organoclay presents performances comparable or superior to those of conventional plastics, while being more ecological, with a preference for bioplastics based on corn starch. corn versus corn starch plastic reinforced with organoclay in conservation trials.

Keywords: bioplastic, starch, organoclay, biodegradable.

Remerciements	
Liste des abréviations	
Liste de tableaux	
Liste des figures	
Résumé	
Table des matières	
Introduction.....	1

Partie bibliographique

Chapitre1 : Amidon

1. Introduction	3
1.1 Définition de l'amidon de maïs	3
1.2 Importance dans l'industrie alimentaire et non alimentaire	3
2 Structure et composition de l'amidon de maïs	3
2.1 Classification de l'amidon.....	3
2.2 Composition physiques de l'amidon	4
2.3 Composition chimique de l'amidon	4
2.3.1 L'amylose.....	5
2.3.2 L'amylopectine.....	5
3. Propriétés physico-chimiques de l'amidon de maïs.....	6
3.1 Propriétés physique	6
3.2 Propriétés chimique	7
4. Les propriétés nutritionnelles de l'amidon de maïs.....	7
4.1 Valeur énergétique et leur rôle dans l'alimentation.....	7
4.2 L'effets de l'amidon sur la santé.....	8
5. Etapes d'extraction et purification de l'amidon.....	8

Chapitre 2 : Organo Argile

1. Introduction	10
2. Définition	10
3. Les types des argiles.....	11
3.1 L'argile verte	11
3.2. L'argile rouge.....	11
3.3 Le rhassoul	12
3.4. L'argile jaune	12
3.5 L'argile blanche.....	12
3.6. L'argile rose.....	12
3.7 L'argile bleue	12

3.8 L'argile violette et son apaisant	13
4 Argile et environnement.....	13
5. Organo argile.....	13

Chapitre 3 : Bioplastique

1. Introduction	15
1.1 Définition De bioplastique et Leur rôle dans la réduction des Impact environnementaux	15
1.2 Historique de bioplastique.....	16
2. Contexte mondiale de la crise des plastiques traditionnels	16
3. Bioplastiques biodégradable	16
4. Bioplastique compostables	17
5. Bioplastique biosources.....	18
6. Polymères.....	18
6.1 Définition	18
6.2 Types de polymères.....	18
7. Les avantages et les inconvénients de bioplastique	19
7.1 Les avantages	19
7.2 Les inconvénients	20
8. Bioplastique à base d'amidon	20
8.1 Importance de l'amidon dans la formulation de bioplastique	20
8.2 Techniques de modification de l'amidon	21
9. La gélatine	21
9.1 Définition de la gélatine	21
9.2 Types de gélatine.....	21
9.3 La structure et la composition de la gélatine	22
9.4 Le collagène	23
9.5 La transformation du collagène en gélatine	23
9.6 Propriétés technologiques	23
10. Durabilité et Impact environnemental.....	24
10.1 Evaluation de l'empreinte environnemental des bioplastiques par rapport aux plastiques conventionnels.....	24
11.2 Discussion sur les aspects de recyclage et de biodégradabilité.....	24

Partie Expérimentale

Chapitre I : Matériels et méthodes

1. Introduction	27
2. Objectif.....	27
3. Matériels et réactifs	27
3.1 Produits utilisées et sont rôles	27

4. Préparation d'un bioplastique.....	28
4.1 Mode opératoire	28
4.1.1 Mode opératoire 1 : Préparation d'un bioplastique a base amidon de mais.....	28
4.1.2 La fabrication d'un bioplastique à base d'amidon de riz	29
4.1.3 Mode opératoire 2 : Préparation d'un bioplastique a base amidon de mais renforcé par l'argile	30
4.1.4 Bioplastique a base d'un amidon de pomme de terre.....	31
4.1.4.1 Extraction d'amidon de pomme de terre	31
4.1.4.2 La fabrication d'un bioplastique a base d'amidon de pomme de terre	31
4.1.4.3 La fabrication d'un bioplastique a base d'amidon de mais	31
4.1.5 La fabrication d'un bioplastique a base d'amidon de mais renforcé par la gélatine	31
4.1.5.1 Extraction de la gélatine	31
4.1.5.2 Fabrication de bioplastique	32
5. Technique de caractérisation d'un bioplastique	33
5.1 Le teste de conservation et ou même temps un test thermique de bioplastique.....	33
5.2 Le teste de biodégradabilité.....	34
5.3 Le teste de l'épaisseur	34
5.4 Le teste d'opacité	34
5.5 Le teste de taux d'humidité	35
5.6 Le teste de la solubilité des films dans l'eau	35
5.7 Le teste de thermo résistance	35

Chapitre II : Résultats et discussion

1. Les résultats des déférente bioplastique fabriqué	37
1.1 Bioplastique à base d'amidon de mais (protocole opératoire 1).....	37
1.2 Bioplastique à base d'amidon de riz	37
1.3 Bioplastique à base d'amidon de mais renforcé par l'organo argile.....	37
1.4 Bioplastique à base d'amidon de pomme de terre	38
1.4.1 Extraction d'amidon de pomme de terre	38
1.4.2 La fabrication d'un bioplastique a base d'amidon de pomme de terre	39
1.5 La fabrication d'un bioplastique a base d'amidon de mais	40
1.6 La fabrication d'un bioplastique a base d'amidon de mais renforcé par la gélatine..	40
1.6.1 Extraction de la gélatine	40
1.6.2 La fabrication de bioplastique.....	41
2. Les résultats des techniques de caractérisation des bioplastiques	42
2.1 Le test de conservation et en même temps un test thermique	42
2.1.1 Le test de conservation par le bioplastique à base d'amidon de mais	42
2.1.2 La qualité organoleptique des fraises	45
2.1.3 Le test de conservation par l'organo argile et le bioplastique à base d'amidon de riz	46
2.2 Le test de biodégradabilité	46
2.3 Le test de l'épaisseur	47

2.4 Le test l'opacité	48
2.5 Le test d'humidité	49
2.6 Le test Solubilité des bioplastiques dans l'eau	50
2.7 Le test de traitement thermique.....	51
Conclusion.....	53
Références bibliographiques	54

INTRODUCTION

Les plastiques sont des matériaux synthétiques (**Blaga., 1975**) qui présentent de nombreux avantages, comme leur légèreté, leur résistance, leur flexibilité et leur faible coût. Cependant, ils posent aussi de graves problèmes environnementaux, car ils sont fabriqués à partir de ressources fossiles non renouvelables, ils sont difficiles à recycler et ils mettent des centaines d'années à se dégrader dans la nature. Ainsi, ils contribuent à l'épuisement des ressources naturelles, à la pollution des sols, de l'eau et de l'air, et à la menace sur la biodiversité.

Depuis quelques années, les bioplastiques suscitent un intérêt croissant et sont souvent présentés comme des alternatives plus respectueuses de l'environnement. (**Panda et al ., 2010**)

L'élaboration et l'amélioration des bioplastiques demeurent des sujets de grande importance pour la communauté scientifique, et parmi les matières premières biologiques utilisées pour fabriquer des bioplastiques, l'amidon est une des plus prometteuses. L'amidon est un polymère naturel qui est présent dans de nombreuses plantes, comme le maïs, le blé, la pomme de terre, etc. Il est abondant, bon marché et facile à extraire. (**Touait et Rachedi., 2019**)

Ce travail vise à développer des matériaux bioplastiques à partir d'amidon de maïs renforcé avec de l'argile, l'ensemble des résultats de cette étude est présenté dans ce mémoire subdivisé en trois chapitres.

Le premier chapitre aborde une synthèse bibliographique essentiellement sur l'amidon, l'argile et les bioplastiques, les matériaux étudiés, les techniques expérimentales utilisées pour la caractérisation du bioplastiques l'élaboration sont présentés dans le deuxième chapitre.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation des résultats et leur discussion. Et enfin le mémoire se termine par une conclusion et les perspectives qui en découlent.

Partie bibliographique

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I: Amidon

1. Introduction :

1.1 Définition de l'amidon de maïs :

L'amidon est un polysaccharide d'origine végétale. C'est la principale substance glucidique de réserve des végétaux supérieurs. Il représente une fraction pondérale importante dans un grand nombre de matière première agricole telle que les céréales (30 à 70 %), les tubercules (60 à 90 %) et les légumineuses (25 à 50 %). C'est un une source naturelle et énergétique indispensable à l'alimentation des êtres vivants, en particulier à celle de l'homme. (Boursier, 2005)

1.2 Importance dans l'industrie alimentaire et non alimentaire :

Des sodas aux soupes en brique, l'amidon est largement utilisé dans l'industrie agroalimentaire. Mais pas seulement ! Ses propriétés liantes en font un composant incontournable dans l'industrie non alimentaire comme l'industrie du papier, de la pharmacie et de la cosmétique, cosmétique et textile. Sans oublier les plastiques, qui puisent dans ce carbone vert de vraies vertus environnementales. (Baudart, 2005).

2. Structure et composition de l'amidon de maïs :

2.1 Classifications des amidons :

A l'état natif, l'amidon se présente sous forme de granule. L'origine botanique détermine la taille (1 à 100 μm), la morphologie (sphérique, lenticulaire...), la composition (amylose/amylopectine) et la position du hile (départ de croissance du grain) des granules d'amidon. (figure 01) (Fabien, 2011)

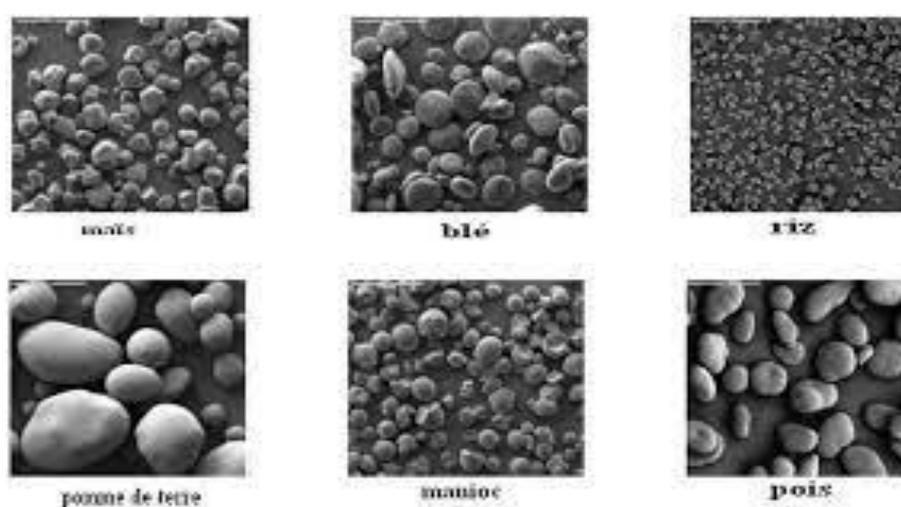


Figure 01: Grains de différents amidons observés en microscopie électronique à balayage MEB (Grossissement $\times 280$). (Boursier, 2005)

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

2.2 Composition physiques de l'amidon :

Il se présente sous la forme de grains formés de zones concentriques alternativement Claires et sombres, entourant un centre plus foncé appelé « hile ». La grosseur, la forme et la Structure de ces grains sont variables avec la plante dont provient l'amidon. Il n'existe donc Pas un seul mais plusieurs amidons ayant des propriétés voisines, mais légèrement différentes Selon leur origine (figure I.2). (Henri, Malwiak., 1992).

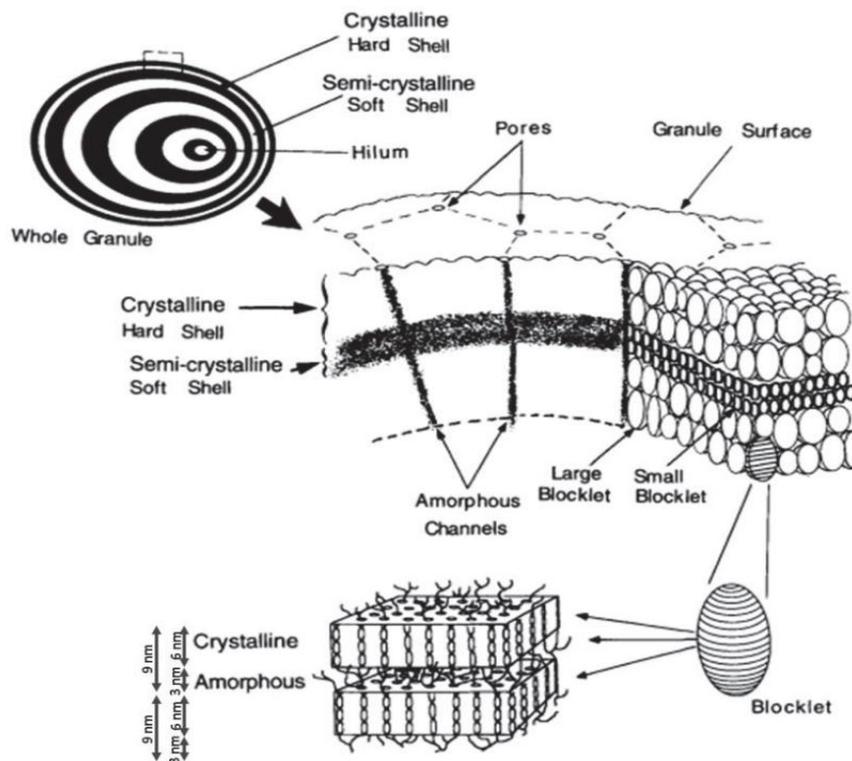
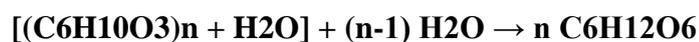


Figure 02 : Structure et ultra structure d'un grain d'amidon. (Gallant *et al.*, 1997).

2.3 Composition chimique de l'amidon :

L'amidon est une molécule de poids moléculaire élevé. Sa formule brute est suivante : $(C_6H_{10}O_5)_n$, son hydrolyse acide complète libère de 98 à 99 % de D-glucose liées entre elles par élimination de molécules d'eau.

La réaction d'hydrolyse se résumer par l'équation bilan suivante :



PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

L'amidon est constitué principalement d'une fraction glucidique (98 à 99%) et d'une fraction non glucidique mineure (1 à 2%). Cette dernière modifie les propriétés fonctionnelles, en particulier la présence des lipides. (Bahrani, 2012).

Le D-glucose se trouve dans sa conformation chaise la plus stable (C1), Son unités monomères sont liées majoritairement (95 à 96 %) par des liaisons de type par des liaisons de type α -(1-4) et dans une moindre mesure par des liaisons de type α -(1-6) (4-5 %).

Les amidons sont constitués d'un mélange d'amylose (liaison 1-4) et d'amylopectine (liaison 1-6) qui permettent de réaliser des ramifications de l'arbre de l'amidon et autres constituants glucidiques. (Bahrani, 2012).

2.3.1 L'amylose :

L'amylose est une macromolécule essentiellement linéaire constituée d'unités D-anhydroglucopyranose liées par les liaisons de type α (1,4) (figure 03). L'amylose représente 20 à 30 % de l'amidon.

C'est une molécule formée d'environ 600 à 1000 molécules de glucose en chaînes linéaires lié à la présence quasi-exclusive de liaisons α -(1-4) et des degrés de polymérisation (DPn) de 300-5000.(Avérous *et al.*, 2012).

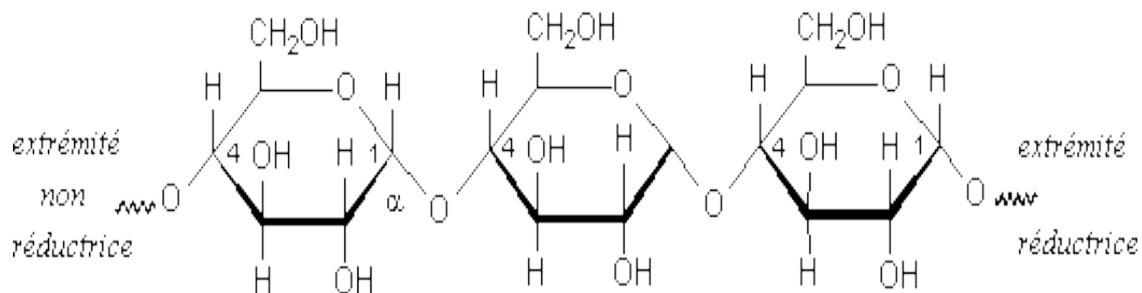


Figure 03 : Structure de l'amylose.

2.3.2 L'amylopectine :

L'amylopectine est un polymère hautement ramifié constitué de centaines de chaînes d'unité de glucose, principalement reliés entre eux par des liaisons α (1,4) et par 5 à 6 % de liaisons α (1,6), responsables des ramifications (figure 04a). Il est le constituant principal de la plupart des amidons (70 à 100 %).

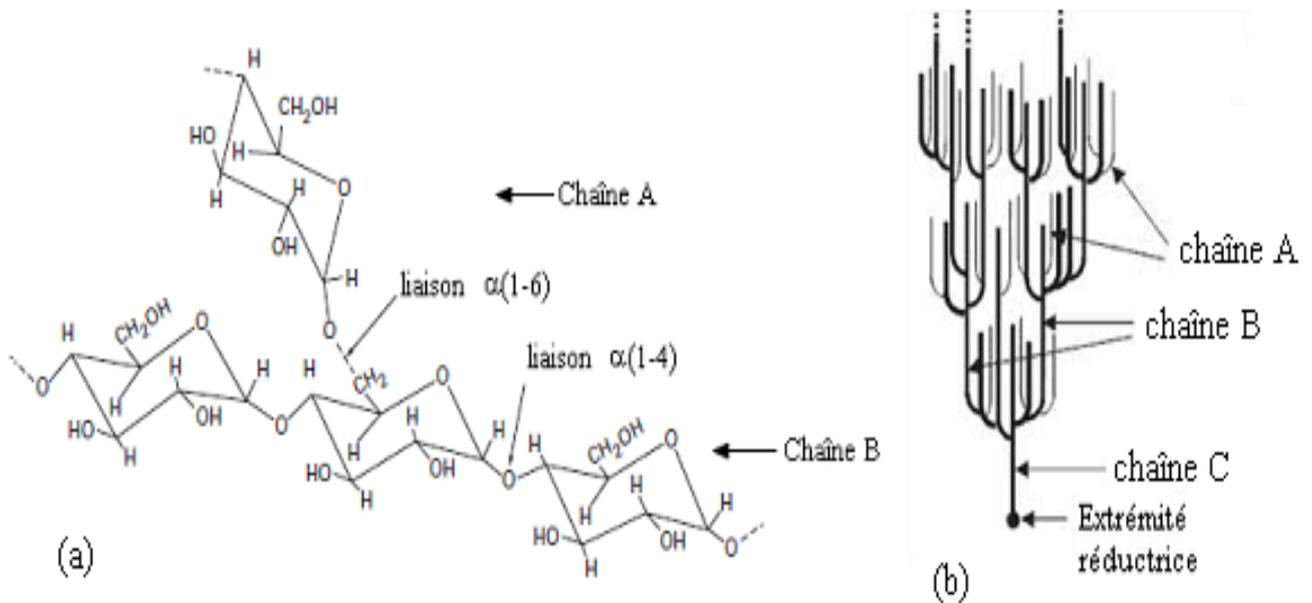


Figure 04 : (a) Structure de l'amylopectine (b) classification des chaînes et organisation en grappes de l'amylopectine (Boursier, 2005) (Pereira *et al.*, 2012)

L'amylopectine est constituée d'un ensemble de grappes de chaînes généralement classifiées A, B ou C.

Les chaînes A, portées par les chaînes B, sont liées à la structure par des liaisons $\alpha(1,6)$ et sont les plus courtes avec un degré de polymérisation compris entre 12 et 20. Les chaînes B, sont reliées à l'unique chaîne C d'une macromolécule d'amylopectine qui porte l'unique extrémité réductrice, par des liaisons $\alpha(1,6)$. Les chaînes B portent une ou plusieurs chaînes A et/ou B (Figure 04b). (Buchard et Thurn, 1985) (Zobel, 1988b) (Gallant *et al.*, 1997) (Boursier, 2005).

Les chaînes B les plus internes sont constituées par des enchaînements de l'ordre de 40 à 45 résidus de glucose.

Les chaînes A qui viennent se greffer sur les chaînes B sont plus courtes et renferment de l'ordre de 15 à 20 résidus de glucose.

3. Les propriétés physico-chimiques de l'amidon :

3.1 Propriétés physiques : L'amidon a ses propres propriétés physiques . Plusieurs facteurs entrent en jeu :

- **Influence la température :** L'amidon ne se dissout pas dans l'eau. Cependant, lorsqu'elle est chaude (70°C) il forme une solution colloïdale qui épaisse en donnant un gel communément appelé empois.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

- **Température de gélification** : la gélification commence graduellement à partir de 50°C mais est effective ensuite à une température dépendante de l'agitation moléculaire, la grosseur des grains, la nature de l'amidon, l'eau employée et la concentration en amidon. (Henri, Malwiak., 1992).

3.2 Propriétés chimique : Les amidons sont influencés par trois types d'action : thermique, chimique, enzymatique (Regiant, 1998).

- **Actions thermique** : la couleur et le goût de l'amidon sont modifiés par dextrinisation.

- **Actions chimique et enzymatique** : les acides provoquent une hydrolyse partielle de l'amidon entraînant la formation de dextrines. L'amidon peut également être affecté par des enzymes telles que les enzymes végétales.

4. Les propriétés nutritionnelles de l'amidon de maïs :

4.1 Valeur énergétique de l'amidon et leur rôle dans l'alimentation :

L'amidon est un glucide complexe, car il est constitué d'une chaîne de sucres. Il est notamment présent dans les pommes de terre, le maïs, certains légumes, le pain, les pâtes et dans les céréales. Il constitue l'une des principales sources d'énergie pour le corps humain. (Jennifer *et al.*, 2006)

Tableaux 1: Teneur en amidon des principaux aliments riches en amidon pour 100 g d'aliment ; ANSES 2013 (Agence nationale de sécurité sanitaire alimentation, environnement, travail).

Aliments (pour 100 g)	Teneur en amidon (g)
Riz soufflé nature	77
Vermicelle de soja, sec	77
Pétales de maïs nature	74.5
Pain grillé au froment	68.5
Semoule de maïs	68
Pâtes alimentaires au blé complet, crues	65.1
Farine de blé tendre T100	64.2

L'amidon fournit quatre calories par gramme. Il est digéré dans l'intestin grêle et transformé en glucose, qui est ensuite utilisé comme source d'énergie par les cellules du corps. L'amidon fournit une énergie durable et constante, ce qui en fait un élément essentiel d'une alimentation équilibrée.

L'amidon n'a pas de goût sucré. Il est absorbé plus lentement que les glucides simples et ne fait donc pas augmenter le taux de sucre dans le sang aussi rapidement : son index glycémique est moins élevé que celui des sucres simples. (Jennifer *et al.*, 2006)

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

4.2 L'effet de l'amidon sur la santé :

L'amidon a plusieurs effets positifs sur la santé, notamment :

Fournit de l'énergie : l'amidon est une source d'énergie essentielle pour le corps. Il est décomposé en glucose, qui est utilisé par les cellules comme carburant.

Contrôle de la glycémie : l'amidon est digéré lentement, ce qui signifie qu'il a un impact plus faible sur la glycémie par rapport aux sucres simples. Cela peut être bénéfique pour les personnes atteintes de diabète ou de prédiabète.

Favorise la santé digestive : l'amidon est une forme de fibres alimentaires non digestibles appelées amidon résistant. Ces fibres alimentaires peuvent favoriser la santé digestive en nourrissant les bactéries bénéfiques dans l'intestin et en favorisant la régularité intestinale.

Favorise la satiété : les aliments riches en amidon, tels que les céréales complètes, les légumineuses et les légumes, ont tendance à être plus rassasiants. Cela peut aider à contrôler l'appétit et à prévenir la suralimentation.

Cependant, il est important de noter que la surconsommation d'amidon peut entraîner une prise de poids et des problèmes de santé, notamment des troubles métaboliques tels que l'obésité et le diabète de type 2. Il est donc conseillé de consommer de l'amidon dans le cadre d'une alimentation équilibrée et variée.

5. Etapes d'extraction et purification de l'amidon : L'extraction et la purification de l'amidon peuvent être effectuées en suivant les étapes suivantes :

Récolte et lavage des matières premières : les sources les plus courantes d'amidon sont les pommes de terre, le maïs et le blé. Les matières premières sont d'abord récoltées, nettoyées et lavées pour éliminer les impuretés.

Broyage et fragmentation : les matières premières sont ensuite broyées pour libérer l'amidon contenu à l'intérieur. Ce processus peut être effectué mécaniquement ou chimiquement, en fonction de la nature des matières premières.

Séparation de l'amidon : une fois broyées, les matières premières sont mélangées avec de l'eau pour former une suspension. L'amidon est ensuite séparé du reste des composants, tels que les fibres, les protéines et les graisses, en utilisant différentes méthodes de filtration et de centrifugation.

Lavage et purification : l'amidon extrait est ensuite lavé à plusieurs reprises pour éliminer les impuretés restantes, telles que les protéines et les graisses. Ce processus de purification peut être réalisé en utilisant des produits chimiques ou des méthodes physiques.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Séchage : une fois l'amidon purifié, il est séché pour éliminer l'excès d'humidité et obtenir un produit sec et en poudre. (Delrue *et al.*, 2008)

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre II : Organo Argile

1. Introduction :

L'argile, une substance dont l'usage remonte à l'Antiquité la plus lointaine, a été essentielle pour façonner non seulement les récipients essentiels à la vie quotidienne, mais aussi les représentations artistiques telles que les statuettes. Ce matériau polyvalent, également désigné sous les termes de matériaux argileux, substrat argileux ou roches argileuses, est présent dans des gisements naturels ainsi que dans divers sols et sédiments, offrant une ressource inestimable depuis des millénaires." (Keddam, 2019)

"L'argile, originaire des roches sédimentaires, revêt une importance multifacette qui varie selon les domaines d'étude (Meroufel, 2015). Le terme lui-même, dérivé du grec argilo et du latin argilla, semble avoir été inspiré par la teinte blanchâtre caractéristique de ce matériau utilisé notamment en céramique (Bou chicha, 2010). Cette substance naturelle suscite un intérêt à la fois scientifique et artistique, reflétant sa polyvalence et son histoire riche en évolution."

2. Définition :

L'argile brute se caractérise par la présence de particules élémentaires, dont le diamètre des grains est généralement inférieur à 2 micromètres ($<2\mu\text{m}$), constituées des minéraux argileux. Ces minéraux, tels que la montmorillonite, la kaolinite, et d'autres, confèrent à l'argile ses propriétés distinctives telles que le gonflement, la plasticité et ses capacités d'adsorption (Chauvel, Monnier., 1967). En plus de son composant minéral de base, l'argile brute comporte diverses impuretés, notamment des oxydes et hydroxydes de silicium, des minéraux ferrifères, des carbonates, des oxydes et hydroxydes d'aluminium, ainsi que de la matière organique. Cette composition complexe en fait un matériau aux applications variées et souvent essentielles dans de nombreux domaines."

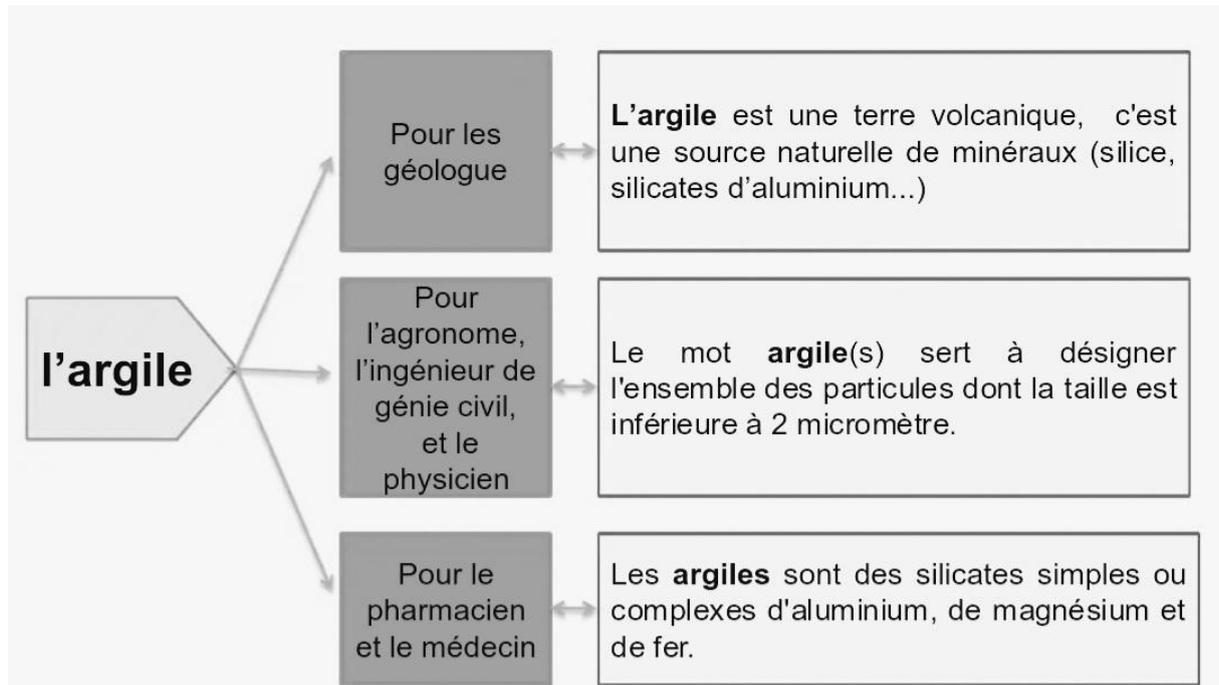


Figure 05 : Des définitions de l'argile dans des différents domaines.

3. Les types des argiles :

Il existe différents types d'argiles que l'on distingue par leur couleur. Chacune à des bienfaits différents, et dans cet article nous allons voir en détail les différentes argiles et leurs propriétés (Léa, 2021).

3.1 L'Argile verte : pour un effet purificateur :

L'argile verte, une roche volcanique riche en minéraux et hautement absorbante, est renommée en cosmétique pour sa capacité à réguler le sébum, éliminer les impuretés, et revitaliser la peau. En plus de ses vertus cosmétiques, elle possède des propriétés curatives bénéfiques pour traiter divers maux tels que les brûlures, les escarres, les problèmes digestifs et les rhumatismes. Appliquée sur le visage, elle convient particulièrement aux peaux normales à grasses, voire mixtes, en aidant à assécher les boutons et à équilibrer la production de sébum.

3.2 L'argile Rouge : contre les rougeurs et irritation :

La palette d'avantages de l'argile rouge s'étend à apaiser et à revitaliser les peaux sensibles, réactives, et fragiles. Sa composition riche en oligo-éléments et en minéraux tels que la silice, le magnésium, le phosphore, le zinc et le cuivre en font une alliée précieuse. En plus d'atténuer les

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

rougeurs et les irritations cutanées, elle purifie, nettoie, et adoucit la peau tout en lui redonnant éclat et vitalité.

3.3 Le rhassoul : l'argile qui lave :

Cette argile volcanique naturelle, abondante en magnésium et en lithium, tire son nom de l'arabe, signifiant littéralement « se laver ». Souvent appelée « terre qui lave », elle se distingue par ses propriétés absorbantes qui piègent les excès de sébum et ses vertus nettoyantes exceptionnelles. Prisée pour ses grains plus épais que ceux des autres argiles, elle est largement utilisée dans les gommages.

Particulièrement adaptée aux peaux mixtes à grasses, elle régule la production de sébum tout en purifiant la peau et en atténuant les imperfections.

Le Rhassoul, dépourvu de tensioactifs, préserve l'équilibre hydrolipidique de la peau et des cheveux, tout en évitant d'irriter les glandes sébacées. Grâce à sa richesse en fer, en potassium, en calcium, ainsi qu'en saponine, il est un ingrédient de choix dans les rituels des hammams.

3.4 L'argile Jaune : le remède des peaux ternes et acnéiques :

La teinte distinctive de l'argile jaune provient de sa concentration élevée en ions et oxydes ferriques. Ses vertus purifiantes et désincrustantes en font un allié précieux pour débarrasser les pores des impuretés et éliminer les toxines. Enrichie en oligo-éléments et en minéraux, elle favorise également la régénération cellulaire, contribuant ainsi à la santé et à la vitalité de la peau.

3.5 L'argile Blanche : Pour les peaux Sensibles :

L'argile blanche, aussi connue sous le nom de kaolin, tire sa richesse en silice. Son appellation provient de la ville chinoise de Kao-Ling, lieu de sa découverte originelle. Naturellement gorgée de sels minéraux tels que le fer, le zinc, le silicium, le magnésium, le potassium et le calcium, elle se distingue par sa douceur, en faisant ainsi un choix privilégié pour apaiser les peaux irritées, fragiles et sensibles.

3.6 Argile Rose : effet bonne mine pour peaux Sensibles :

L'argile rose, fusion d'argiles rouges et blanches, offre une purification efficace pour une peau nette et saine. Grâce à ses propriétés absorbantes, elle combat l'excès de sébum, laissant la peau matifiée. Sa richesse en oligo-éléments en fait un allié précieux. Cette synergie d'argiles combine les bienfaits pour offrir un soin purifiant illuminant tout en étant doux pour les peaux sensibles et réactives.

3.7 Argile Bleu : Élixir de jeunesse :

L'argile bleue, grâce à sa rareté et à sa richesse en silice, se distingue des autres variétés. Ses vertus régénérantes, purifiantes et oxygénantes illuminent la peau, régulant le sébum, favorisant la cicatrisation et éliminant les impuretés. Bien que moins riche en sels minéraux que d'autres

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

argiles, elle demeure un allié efficace pour obtenir un teint radieux et débarrasser la peau de ses impuretés.

3.8 L'argile Violette et son pouvoir apaisant :

L'argile violette, issue d'un mélange d'argile blanche et de violet de manganèse, est parfaite pour détoxifier, cicatriser et adoucir la peau, notamment les peaux sensibles et sèches. Ses pigments naturels ravivent l'éclat des teints ternes, et sa couleur apaise l'esprit et favorise la spiritualité. De plus, elle agit comme un excellent anti-inflammatoire, soulageant les démangeaisons cutanées.



Figure 06 : Les différents types d'argile (Léa, 2021)

4. Argile et environnement :

Dans le domaine environnemental, les argiles jouent un rôle crucial dans divers problèmes tels que le transport des isotopes radioactifs dans les sols contaminés, la rétention du ^{137}Cs après des incidents tels que l'accident de Tchernobyl, l'interaction avec les pesticides et les éléments métalliques dans les sols, ainsi que la création de barrières d'étanchéité dans les décharges. De plus, grâce à leurs propriétés d'adsorption et à leur capacité à former des complexes organominéraux, les argiles contribuent à l'élimination des polluants dans les eaux naturelles et les sols. Cependant, l'efficacité de ce processus dépend de divers facteurs environnementaux et des propriétés spécifiques des polluants et des argiles en question. (Meroufel, 2015)

5. Organo Argile :

L'organo argile est une argile modifiée chimiquement qui peut former un gel dans des solvants organiques. Il est utilisé comme additif rhéologique dans diverses industries comme le revêtement, la peinture, l'encre, le pétrole, etc. Il est fabriqué à partir de la bentonite, une argile naturelle riche en montmorillonite, qui est traitée avec des agents organiques. Il a des avantages par rapport aux

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

autres additifs rhéologiques, tels que le coût, la stabilité et l'écologie. Il peut aussi adsorber des polluants dans l'eau.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre III: Bioplastique

1. Introduction :

1.1 Définition de bioplastique et Leur rôle dans la réduction des Impact environnementaux :

Les bioplastiques peuvent être définis comme les matériaux qui sont bio-sourcés et/ ou biodégradables. (Tonuk *et al.*, 2016).

Les bioplastiques sont des polymères d'origine végétale, animale ou bactérienne, offrant une alternative écologique aux plastiques traditionnels dérivés du pétrole. Leur production vise à réduire l'empreinte carbone et la dépendance aux ressources non renouvelables. Ces matériaux biodégradables ou compostables jouent un rôle croissant dans la quête de solutions durables pour atténuer les impacts environnementaux liés à la pollution plastique.

Généralement les bioplastique sont fabriqué a partir de ressources renouvelables tels que le maïs les sucres , pomme de terre etc..

Il convient de rappeler que les plastiques biosourcés ne sont pas toujours biodégradables et les plastiques biodégradables ne sont pas toujours biosourcés. (Ashter, 2016).

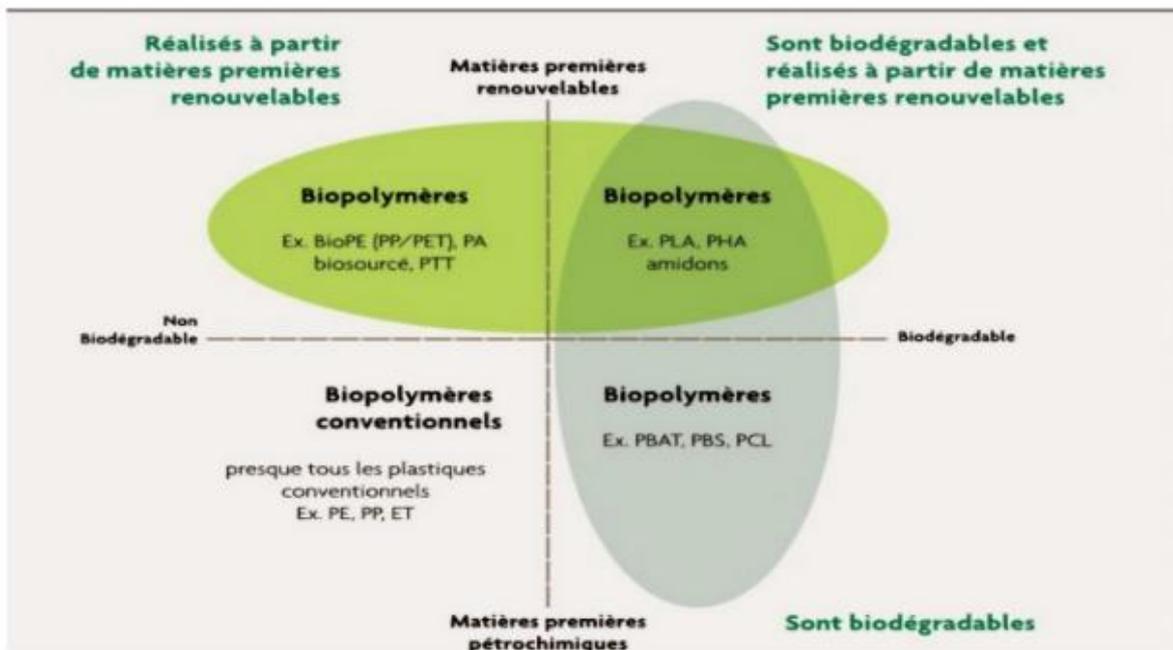


Figure 07 : Matrice de bioplastique (Preventpack, 2012)

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1.2 Historique de bioplastique :

L'histoire de bioplastique a été écrite comme suite : (**Rajendran *et al.*, 2012**)

- **En 1941 : Henry Ford**, a fabriqué le plastique à partir de fèves de soja durant la seconde guerre mondiale qui a joué un rôle important dans le développement de bioplastique.
- **En 1992** : une société MetaboliX, biosciences a fourni des solutions aux besoins des mondes pour les matières plastiques, les produits chimiques et de l'énergie.
- **En 2000** : la société MetaboliX a lancé les programmes de recherche pour le développement des cultures industrielles ingénierie pour la production de Bioplastique.
- **En 2005** : Toyota a commencé à réaliser une usine pilote dans la ville de Toyota Hiros (Japon) pour tester la facilité de production de Bioplastique.
- **En 2006** : LONDON-NEC corporation a mis au point un matériau bioplastique renforcé par les fibres, pour réduire l'impact environnemental des téléphones mobiles.
- **En 2010** : Cardia Bioplastique CBMM fabrication (Malaisie) a développé la fabrication de produits bioplastiques.

2. Contexte mondiale de la crise des plastiques traditionnels :

La crise des plastiques traditionnels est devenue un problème mondial majeur en raison de l'ampleur croissante de la production et de la consommation de plastiques dérivés du pétrole. Ces plastiques posent des défis environnementaux considérables, notamment la pollution des océans, la dégradation des écosystèmes, et la menace pour la faune marine.

La persistance des plastiques dans l'environnement pendant des siècles, combinée à la lenteur de leur décomposition, a conduit à une accumulation massive de déchets plastiques. Les microplastiques, issus de la fragmentation des plastiques plus grands, contaminent désormais les sols, l'eau et l'air, présentant des risques potentiels pour la santé humaine.

Face à ces enjeux, le besoin d'alternatives durables comme les bioplastiques émerge comme une réponse critique pour atténuer la crise des plastiques traditionnels et promouvoir une gestion plus responsable des ressources plastiques à l'échelle mondiale.

3. Bioplastiques biodégradables :

Les bioplastiques ont la propriété d'être biodégradables par des micro-organismes qui peuvent les décomposer en matière organique naturellement dans des conditions de température et d'humidité et d'oxygène adéquates, le résultat de cette dégradation est la formation d'eau et CO₂, et/ou CH₄ et éventuellement, des sous-produits (résidus, nouvelles biomasses) non toxiques pour l'environnement (**Lukhachanet Pillai., 2011**) (**Castelan., 2010**) (**Jarroux., 2010**)

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

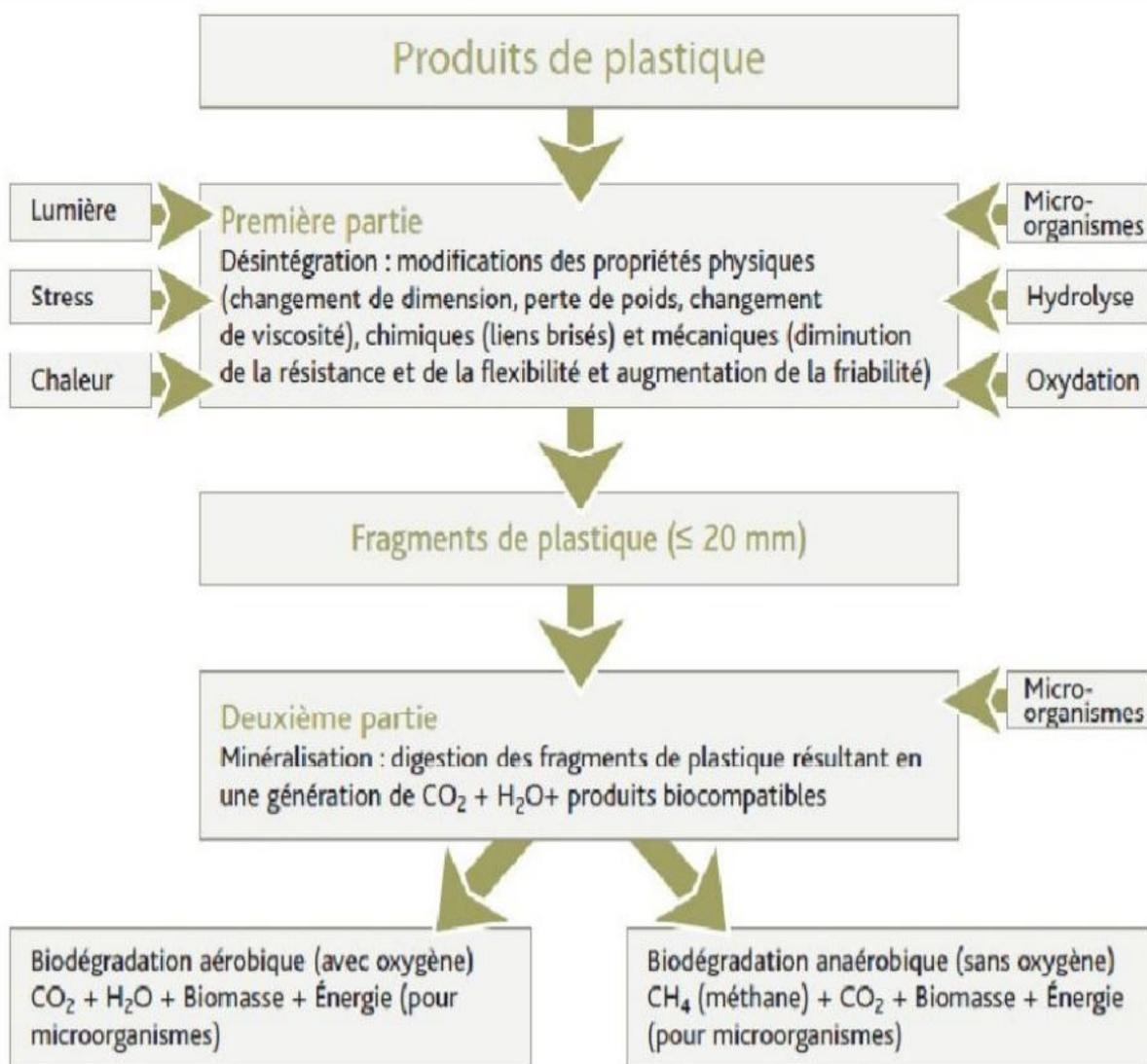


Figure 08 : Schéma simplifié du processus de biodégradation d'un bioplastique (Krzan *et al.*, 2006)

4. Bioplastique compostables :

•Selon la norm ASTM D6400, un bioplastique compostables :

« Se dit d'un bioplastique qui subit une dégradation par un processus biologique pendant le compostage, produise du CO_2 , de l'eau, des composés inorganiques et de la biomasse à un rythme comparable à celui d'autres matières compostables connus, et ne générant aucune résidu toxiques, visible et reconnaissable ». (Recyc-Québec, 2005)

•Un bioplastique biodégradable n'est donc pas nécessairement toujours compostables.

•Un bioplastique compostables est par contre toujours biodégradables.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

5. Bioplastique biosourcés :

L'European bioplastique qui associe le terme biosourcé a une proposition significative de carbone dans le bioplastique qui provient de ressources renouvelables.

Les bioplastiques sont des matériaux biosourcés qui sont fabriqués à partir de matière végétale telle que le blé, le maïs ou la pomme de terre. Autrement dit un plastique biosourcé est un plastique dont la source de carbone nécessaire à sa fabrication est en grande partie ou en totalité renouvelable (Huneault, 2011).

La norme ASTM définit un matériau biosourcé comme étant un matériau qui contient des composés carbonés dont le carbone provient de source biologique contemporaine (Non-fossiles) (ASTM., 2004)

6. Polymères :

6.1 Définition :

Les polymères sont de grandes molécules composées de répétitions de petites unités appelées monomères. Ils sont largement utilisés dans la fabrication de plastiques, caoutchoucs, fibres synthétiques et d'autres matériaux. Les propriétés des polymères varient en fonction de leur structure et de leur composition chimique. (Prix Nobel de chimie 1953).

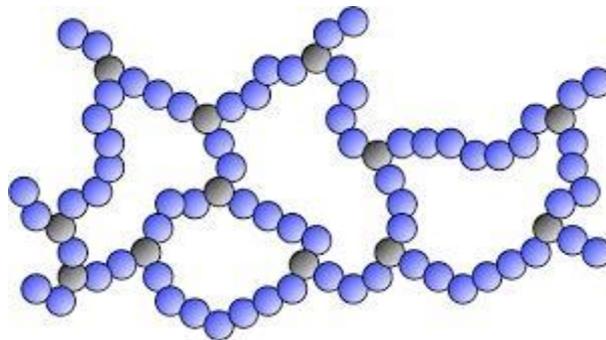


Figure 09 : Structure de polymère

6.2 Type de polymères :

Les bioplastiques d'origine biologique peuvent être classés en trois groupes (Yuet *et al.*, 2006) (Bewa, 2006) :

- 1- Polymères synthétiques par des bactéries (fermentation) tels que le polyhydroxyalcanoate (PHA) et le polyhydroxybutyrate (PHB)
- 2 Les polymères synthétiques issus de biotechnologie de monomères naturels, tels que l'acide polylactique (PLA).

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

3- Polymères naturel : Ils sont dérivés de sources naturelles et souvent d'origine biologique. L'amidon, la cellulose et la soie sont des exemples de polymères naturels. Ces polymères sont généralement renouvelables et biodégradables.

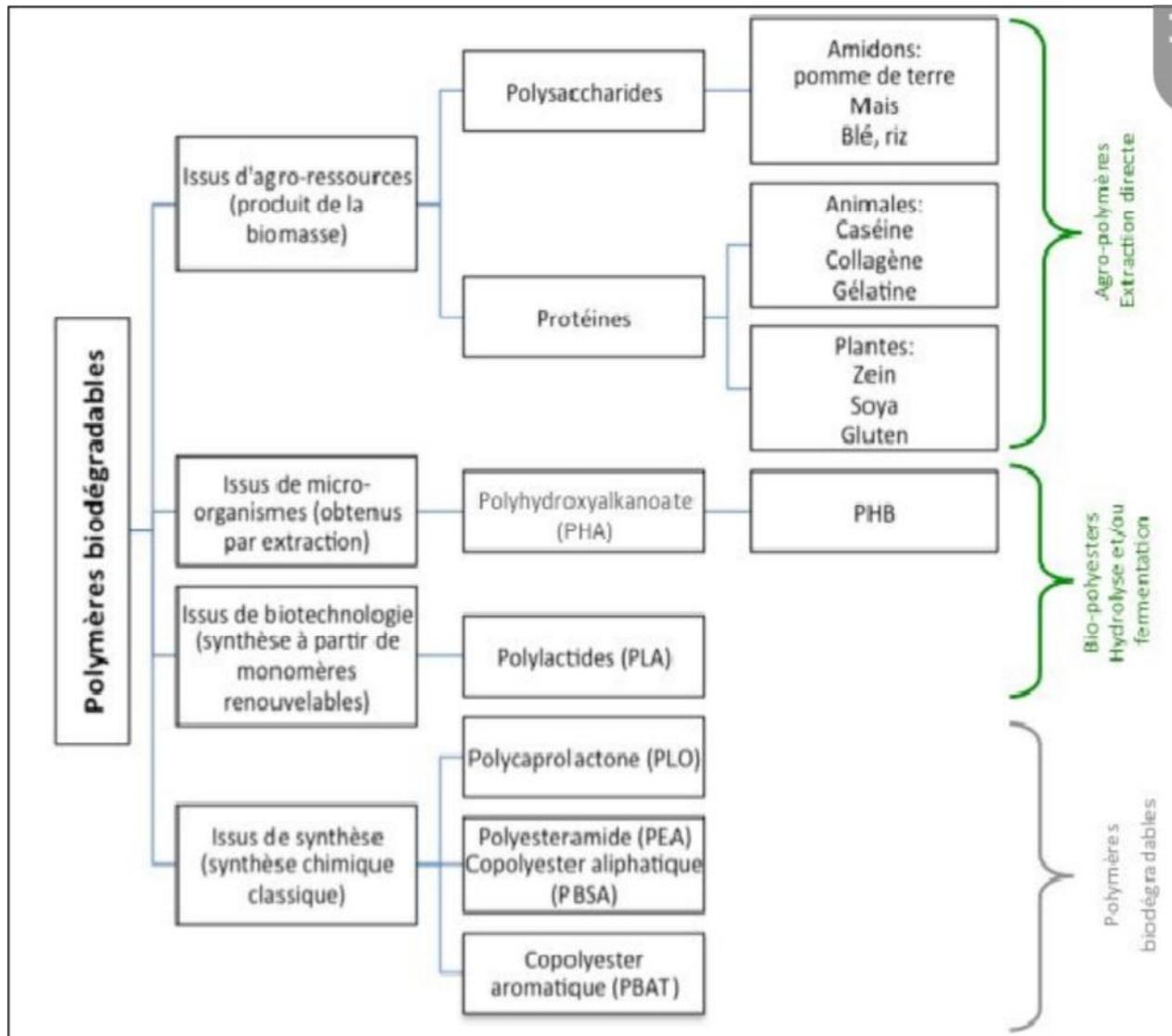


Figure 10 : Classification des biopolymères biodégradable (de Jarroux, 2010) (avèrous, 2004)

7. Les avantages et les inconvénients de bioplastique :

7.1 Les avantages :

Ils sont dégradés plus rapidement que les plastiques traditionnels.

Les bioplastiques sont renouvelables, compostables et contribué à réduire la pollution de l'environnement.

Il est génèrent moins d'émissions de gaz à effet de serre et ne contiennent pas de toxine.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Les bioplastique contribuent à l'augmentation de la fertilité des sols , la fiable accumulation de matière plastiques dans l'environnement et la réduction du coût des déchets générées (**Ashter S.A 2016, Chen Y, J 2014.**)

7.2 Les inconvénients :

Réduction de matière première : les bioplastique produits à partir de ressources renouvelables pourraient réduire les réserves de matière première, en outre afin de réduire ma consommation d'énergie lors de la production de Bioplastique et la concurrence potentiels avec les ressources agricoles pour les aliments et aussi pour fournir des sources supplémentaires de matière première, l'exploitation des sous produits alimentaire pour et également la tendance actuelle.

(**Erikan et Ozsoy ., 2015**)

Problème de recyclage : le matériau bioplastiques pourrait contaminent le processus de recyclage, par exemple en travaillant avec les rayons infrarouge en systèmes de séparation de déchets. Les bioplastiques ne peuvent être séparés, d'où ils seront contaminés en présence de matières plastiques conventionnelles.

Coût de production : le bioplastique peut être plus coûteux à produire que les plastiques traditionnels, de raison notamment de la technologie nécessaire pour la fabriquer et de l'approvisionnement en matière première.

8. Bioplastique à base d'amidon :

8.1 Importance de l'amidon dans la formulation de bioplastique :

L'amidon est un composant essentiel dans la formulation de bioplastiques en raison de ses nombreuses propriétés intéressantes. Voici quelques raisons pour lesquelles l'amidon est important dans la fabrication de bioplastiques :

Biocompatibilité : L'amidon est un polymère naturellement présent dans de nombreuses plantes, ce qui en fait un matériau biocompatible et respectueux de l'environnement.

Renouvelable : L'amidon est une ressource renouvelable, contrairement aux plastiques à base de pétrole, ce qui en fait une alternative durable et écologique.

Facilement biodégradable : Les bioplastiques à base d'amidon sont facilement biodégradables, ce qui réduit leur impact sur l'environnement après utilisation.

Propriétés mécaniques : L'amidon peut être modifié pour améliorer ses propriétés mécaniques, telles que sa résistance et sa flexibilité, ce qui en fait un matériau polyvalent pour la fabrication de bioplastiques. (**Cho et al., 2005**). (**Rhein-Knudsen et al., 2005**). (**Yu et al., 2005**).

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

8.2 Techniques de modification de l'amidon :

Il existe trois manières différentes de modifier les amidons :

- **Modification physique** : par cuisson ou torréfaction
- **Modification enzymatique** : en traitant avec des enzymes
- **Modification chimique** : par traitement avec des produits chimiques.

Il existe plusieurs techniques pour modifier l'amidon et le transformer en bioplastique, voici quelques-unes des plus couramment utilisées :

Réactifs chimiques : l'amidon peut être modifié en ajoutant des réactifs chimiques comme l'acide citrique, le glycérol ou le peroxyde d'hydrogène. Ces réactifs permettent de modifier la structure de l'amidon pour le rendre plus flexible et malléable.

Extrusion : on peut aussi modifier l'amidon en le soumettant à un processus d'extrusion, qui consiste à chauffer et malaxer l'amidon pour le rendre plus souple et facile à façonner.

Amylose et amylopectine : l'amidon est constitué de deux composants, l'amylose et l'amylopectine. En modifiant la proportion de ces composants, on peut contrôler les propriétés du bioplastique obtenu.

Recyclage : l'amidon peut également être recyclé pour en faire du bioplastique. Les déchets d'amidon provenant de l'industrie agroalimentaire peuvent être transformés en bioplastique, ce qui permet de réduire les déchets tout en produisant un matériau écologique.

En utilisant ces différentes techniques, il est possible de modifier l'amidon et de le transformer en un bioplastique aux propriétés variées et adaptées à de nombreuses applications.

9. La gélatine :

9.1 Définition de la gélatine :

La gélatine est une substance composée uniquement de protéines. elle est généralement produite par hydrolyse partielle des fibres de collagène, soit par un procédé acide (type A), soit par un procédé alcaline (type B), comme illustre dans la figure ci-dessous (Alvarez, 2014) .elle peut également résulter d'un mélange de ces deux types d'hydrolyse. (Brodsky et Persikov, 2005).

9.2 Types de gélatine :

Il y a deux catégories de gélatine selon le traitement initial utilisé. La gélatine de type A est issue d'un traitement acide et convient aux sources de collagène telles que les couennes de porc et la peau de poisson. En revanche, la gélatine de type B provient d'un traitement alcalin et est adaptée aux sources de collagène plus complexes comme les peaux de bovins et les os riches en calcium, nécessitant une élimination préalable de ce dernier.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

9.3 La structure et la composition de la gélatine :

La structure primaire de la gélatine ressemble à celle du collagène. L'examen de la composition en acides aminés des gélatines en fonction du traitement préliminaire (voir tableau 4) révèle que le traitement acide a peu d'impact sur la composition en acides aminés de la gélatine, tandis que le traitement alcalin convertit les résidus d'asparagine et de glutamine en acides aspartique et glutamique. La gélatine est constituée d'acides aminés hydrophobes (comme la proline et la leucine) et hydrophiles (comme la sérine et l'arginine), ce qui lui confère un caractère amphiphile. La composition en acides aminés de la gélatine influence grandement les propriétés mécaniques des films fabriqués à partir de ce biopolymère.

Tableau 02 : Comparaison de la composition en acides aminés des gélatines de type A, de type B et du collagène ; exprimées en résidus pour 1000 résidus d'acides aminés (Rose, 1987).

Classe d'acides aminés	Acides Aminés	Gélatine	Gélatine	Collagène (type I)
		type A (acide)	type B (alcalin)	
hydrophobe	Alanine	112	117	114
	Hydroxyproline	91	93	104
	Isoleucine	10	11	11
	Leucine	24	2,3	24
	Méthionine	3,6	3,9	5,7
	Phénylalanine	14	14	13
	Proline	133	124	115
	Tryptophane	-	-	-
	Valine	26	22	22
polaire non chargé	Glycine	330	335	332
	Asparagine	16	0	16
	Glutamine	25	0	25
	Sérine	35	33	35
	Thréonine	18	18	17
	Cystéine	-	-	-
	Tyrosine	2,6	1,2	4,4
chargé positivement	Arginine	49	48	51
	Histidine	4	4,2	4,4
	Hydroxylysine	6,4	4,3	5,4
	Lysine	27	28	28
chargé négativement	Acide aspartique	29	46	29
	Acide glutamique	48	72	48

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

9.4 Le collagène :

Comptant pour un tiers des protéines totales chez les mammifères, le collagène se distingue comme une protéine fibrillaire essentielle au développement des tissus. Sous forme de fibres, il offre une résistance mécanique remarquable, contribuant à la protection des muscles contre les tensions excessives. La composition chimique du collagène évolue en fonction de son origine. (Farris et al., 2009).

9.5 La transformation du collagène en gélatine :

La transformation du collagène en gélatine s'effectue en deux phases distinctes : la solubilisation du collagène, qui peut être réalisée dans un environnement acide ou basique, suivie de sa conversion en gélatine. Cette dernière résulte de la dénaturation de la structure tertiaire de la triple hélice du tropocollagène. Les chaînes se séparent pour adopter une configuration de pelotes statistiques. (Jones, 1987)

La fabrication industrielle de la gélatine consiste principalement à contrôler l'hydrolyse du collagène et à convertir le produit en un matériel soluble avec des propriétés physicochimiques souhaitées, telles que la force en gel, la viscosité, le point isoélectrique, etc.

9.6 Propriétés technologiques :

- **Pouvoir épaississant :**

La gélatine agit en tant qu'agent épaississant lorsque ses molécules ne peuvent pas se lier fortement entre elles. Leur simple présence entrave la mobilité du liquide dans lequel elles sont dispersées, entraînant ainsi une augmentation de la viscosité de la solution. Les molécules de gélatine, rigides et peu déformables, forment des structures stabilisées par des interactions faibles telles que les liaisons hydrogène et les forces de Van der Waals lorsqu'elles sont au repos.

En deçà d'une concentration critique (0,8 %), la gélatine peut être utilisée comme agent épaississant (Martini et Seiller, 2000).

- **Pouvoir filmogène :**

Lorsqu'une solution de gélatine est étalée en fine couche sur une surface et passe de l'état sol à l'état gel, elle forme un film. Cette propriété est mise à profit dans la fabrication de capsules dures et molles et en micro encapsulation des principes actifs (Ward, 1977).

- **Pouvoir émulsifiant :** La gélatine, en tant que protéine, agit en se fixant à l'interface des gouttelettes d'huile, jouant ainsi un rôle crucial dans la stabilisation des émulsions de type huile/eau. Cette stabilité est renforcée par sa capacité intrinsèque à former un gel à cette interface. Grâce à cette propriété émulsifiante, la gélatine favorise la dispersion uniforme des constituants non miscibles dans un mélange lors du brassage (Surh et Decker, 2006)

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

- **Pouvoir foisonnant :**

Le pouvoir foisonnant de la gélatine permet d'augmenter, dans de fortes proportions, le volume d'un mélange d'ingrédients, à condition qu'il comporte de l'eau. La phase gazeuse ou les bulles d'air créées par battage du mélange sont capturées dans des microbilles de gélatine et maintenues dans un état de dispersion stable (Ward, 1977).

- **Pouvoir stabilisant :**

La formation d'un gel assure la stabilité et la préservation des solutions colloïdales et des émulsions. La gélatine présente généralement un pouvoir stabilisant plus élevé que celui d'autres polymères naturels (Chène, 2000).

- **Pouvoir moussant :**

La gélatine possède également des propriétés tensioactives qui vont la conduire à s'adsorber à l'interface gaz/ eau, puis à stabiliser la mousse par gélification en surface (Chène, 2000).

10. Durabilité et Impact environnemental :

10.1 Évaluation de l'empreinte environnementale des bioplastiques par rapport aux plastiques conventionnels :

Dépendance réduite à l'égard des combustibles fossiles : les bioplastiques sont dérivés de ressources renouvelables, ce qui réduit notre dépendance à l'égard des combustibles fossiles non renouvelables. Cela permet de préserver les ressources limitées de notre planète et de réduire l'impact environnemental de la production de plastique.

Empreinte carbone réduite : La production de bioplastiques entraîne une réduction des émissions de gaz à effet de serre par rapport aux plastiques traditionnels, car le carbone libéré lors de leur dégradation est réabsorbé par les plantes au cours de la photosynthèse. Cela permet de lutter contre le changement climatique en réduisant l'empreinte carbone globale des matières plastiques.

Biodégradabilité : Certains bioplastiques sont biodégradables, ce qui signifie qu'ils peuvent être décomposés par des micro-organismes en éléments naturels. Cela permet de réduire la quantité de déchets plastiques qui s'accumulent dans l'environnement, en particulier dans les décharges et les océans.

Compostabilité : Certains bioplastiques peuvent être compostés et se transformer en un sol riche en nutriments pour les plantes. Il s'agit d'une méthode d'élimination respectueuse de l'environnement qui contribue à réduire les déchets.

10.2 Discussion sur les aspects de recyclage et de biodégradabilité :

Le recyclage et la biodégradabilité sont deux aspects essentiels du bioplastique, qui en font une alternative écologique aux plastiques traditionnels dérivés du pétrole.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Le recyclage du bioplastique permet de réduire la consommation de ressources naturelles, d'énergie et de réduire les émissions de gaz à effet de serre. En recyclant le bioplastique, il est possible de le réutiliser pour fabriquer de nouveaux produits, prolongeant ainsi sa durée de vie et réduisant la quantité de déchets plastiques dans l'environnement.

La biodégradabilité du bioplastique est également un avantage significatif, car elle permet au matériau de se décomposer naturellement dans l'environnement en un court laps de temps, réduisant ainsi les problèmes de pollution et de gestion des déchets. Certains bioplastiques sont conçus pour être compostables, ce qui signifie qu'ils peuvent être décomposés en compost pour enrichir le sol. **(Niaounakis, 2013).**

Partie expérimentale

PARTIE EXPERIMENTALE

Matériels et méthode

1. Introduction :

Après une bibliographique générale approfondie sur le thème de notre recherche, Nous allons maintenant dans cette partie détailler le procédé à fabrication de bioplastique à base d'amidon de maïs renforcés par l'argile Nous mettrons en lumière les différentes techniques de caractérisation structurale et des principales propriétés des bioplastiques obtenus.

2. Objectif :

Le but de cette expérience était d'obtenir un bioplastique à base d'amidon de maïs et la conservation des fruits dans ces bioplastique.

3. Matériels et réactifs :

- 2,5 g d'amidon de maïs
- Eau distillée
- 2 ml de glycérol
- 3 ml d'acide chlorhydrique $C= 0,1 \text{ mol/L}$
- 3 ml de soude NaOH (hydroxyde de sodium) $C=1,0 \text{ mol/L}$
- Bécher de 250ml
- Bécher de 100ml
- Balance
- Erlenmeyer de 100ml
- plaque de verre 15x15 cm
- éprouvette graduée de 10 ml
- pipette graduée
- baguette en verre
- blouse, manique gants
- Plaque chauffante
- agitateur magnétique
- thermomètre (+110°C)
- étuve

3.1 Produits utilisées et sont rôles :

Le rôle de chaque produit chimique intervenant dans la production de bioplastique est représenté sur le tableau :

PARTIE EXPERIMENTALE

Tableau 03 : Rôle des réactifs intervenants dans la synthèse de bioplastique. (Bremont *et al*)

Produits	Rôles
Amidon	Polymère de glucose qui constitue notre matière. Utilise pour la préparation de la matrice thermoplastique est ses différentes films composites est de deux types ; L'amidon de maïs et l'amidon de pomme de terre (préparer a partir de pomme de terre).
Glycérol	Plastifiant est un agent qui en augmentant l'espace entre les chaînes de polymères ; réduit leurs interactions ; facilitant ainsi leur mouvement. Cette propriété permet de réduire la chaleur nécessaire au processus. De plus ; il confère une transparence au film plastique ; ce qui le rend très utile dans diverses application. Les films fabriqués de cette manière sont entièrement biodégradables et sans danger pour l'environnement (non toxique).
L'acide chlorhydrique	Favoriser la destruction du grain d'amidon par un phénomène d'hydrolyse ménagée. on favorise alors la séparation amylose / amylopectine et le passage de l'amylose en solution.
L'hydroxyde de sodium	Déménager la viscosité de la solution
Argile	L'argile utilisée dans le présent travail ; est une organo argile utilisée comme renfort pour la fabrication des composites / nano composite.

4. Préparation d'un bioplastique :

4.1 Mode Opérateur :

4.1.1 Mode opératoire 1 : Préparation d'un bioplastique a base amidon de maïs :

- Remplir à 1/3 un bécher de 250 ml d'eau distillée, le mettre à chauffer (jusqu'à ébullition) sur la plaque chauffante. Il servira de bain marie.
- Peser 2,5 g d'amidon de maïs avec une balance et mettre dans un erlenmeyer de 100 ml
- Ajouter 2 ml de glycérol dans l'erlenmeyer
- Ajouter enfin 20ml d'eau distillée et 3 ml d'acide chlorhydrique de concentration 0,1 mol/L
- Mélanger à l'aide d'une baguette en verre
- Mettre l'agitateur magnétique dans la solution et la faire chauffer en agitant au bain marie. Surveiller la température avec le thermomètre. Quand la température est à 100°C, continuer le chauffage et l'agitation pendant 15 minutes.
- Ajouter 1 à 3 ml de soude (hydroxyde de sodium) de concentration 1,0 mol/L
- Verser le mélange sur la plaque en verre, bien étaler avec la baguette de verre et laisser sécher à l'étuve à 90-100°C durant 1 heure
- Retirer la plaque de l'étuve et laisser sécher

PARTIE EXPERIMENTALE

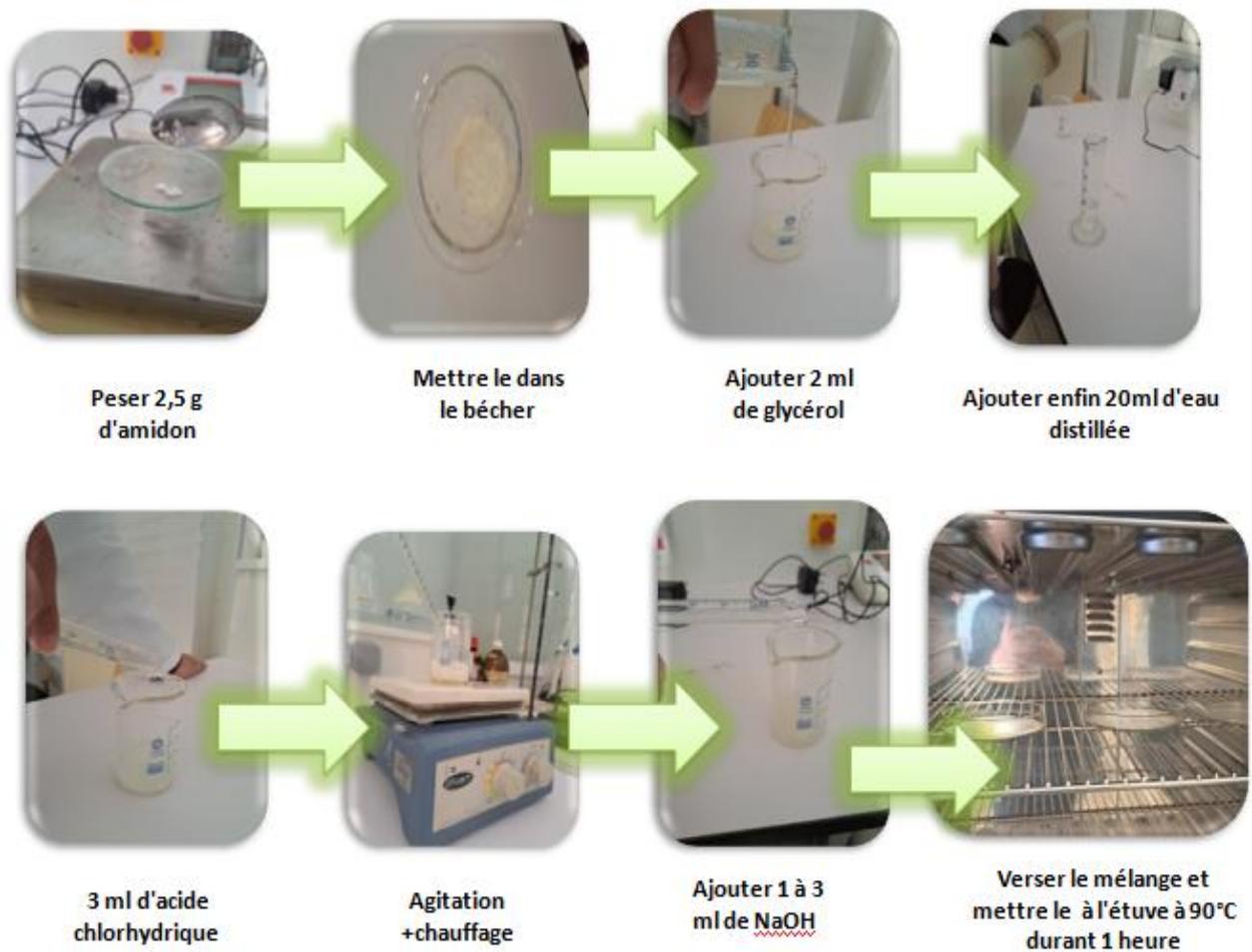


Figure 11 : Les étapes expérimentales de préparation des différents films.

4.1.2 La fabrication d'un bioplastique a base d'amidon de riz :

Nous avons suivi le même mode opératoire de maïs (Préparation d'un bioplastique a base amidon de maïs), mais en remplaçant l'amidon de maïs par l'amidon de riz.

PARTIE EXPERIMENTALE

4.1.3 Mode opératoire 2 : préparation d'un bioplastique a base amidon de maïs renforcé par l'argile :

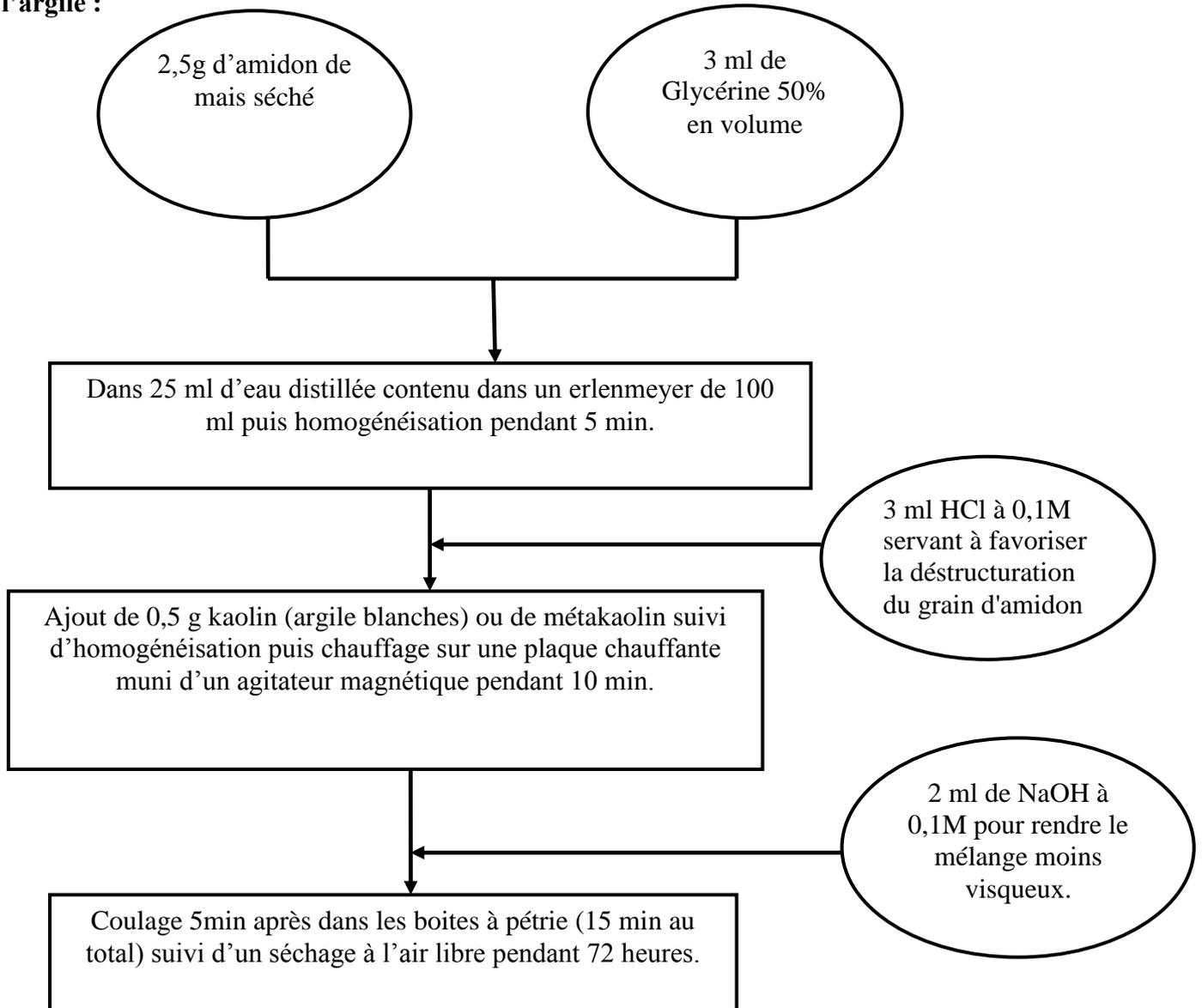


Figure 12 : Organigramme de préparation des bioplastiques renforcés par argile.



Figure 13: Le bioplastique dans la boîte pétrie avant le séchage à l'air libre.

PARTIE EXPERIMENTALE

4.1.4 Bioplastique a base d'un amidon de pomme de terre :

4.1.4.1 Extraction d'amidon de la pomme de terre :

- Nettoyer puis peler les pommes de terre à l'aide d'un économe.
- Râper les pommes de terre et récupérer la pulpe dans un récipient.
- Ajouter de l'eau à la pulpe de pomme de terre et bien mélanger avec une cuillère.
- Filtrer le mélange dans la passoire afin d'ôter les gros débris.
- Laisser décanter. L'amidon se dépose au fond du récipient.
- Enlever l'eau à l'aide d'une pipette.
- Laisser sécher à l'air libre, pendant quelques jours puis récupérer la poudre d'amidon dans un flacon.

4.1.4.2 La fabrication d'un bioplastique a base d'amidon de pomme de terre :

- Mettre 300 ml d'eau dans une casserole.
- Ajouter 6 ml de glycérine et agiter à l'aide d'une cuillère.
- Ajouter ensuite progressivement 16 g de fécule (amidon) de pomme de terre tout en continuant de remuer.
- Chauffer ce mélange jusqu'à ce qu'il devienne translucide. Lorsqu'il devient translucide, continuer de chauffer à feu doux tout en remuant pendant 10 minutes.
- Disposer le papier cuisson sur un plateau. Verser ensuite ce mélange (encore chaud et liquide) sur du papier cuisson.
- Laisser sécher à température ambiante environ une semaine.
- Une fois le film sec, il peut être facilement décollé.

4.1.4.3 La fabrication d'un bioplastique a base d'amidon de maïs :

Nous avons suivi les mêmes étapes (La fabrication d'un bioplastique a base d'amidon de pomme de terre), mais en remplaçant l'amidon de pomme de terre par l'amidon de maïs.

4.1.5 La fabrication d'un bioplastique a base d'amidon de maïs renforcé par la gélatine :

4.1.5.1 Extraction de la gélatine :

Les pattes de poulet fournies pour notre étude proviennent d'une boucherie située à Mazagran (Mostaganem) et ont été traitées selon le protocole décrit par (**Irwandi et al.,2009**). Après avoir été nettoyées à l'eau courante, les pattes ont été découpées en petits morceaux de 0,5 cm. Pour éliminer les matières non collagéniques, ces morceaux ont été immergés dans une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 0,2% (p/v) et agités pendant 40 minutes à température ambiante, cette étape étant répétée trois fois. Suite à ce traitement alcalin, la texture des pattes est devenue molle. Le collagène a été solubilisé en ajoutant un volume équivalent d'acide acétique à 0,2% (v/v) pendant 40 minutes, après quoi la solution acide a été éliminée par rinçage. La gélatine

PARTIE EXPERIMENTALE

a été extraite en utilisant de l'eau distillée dans un rapport de 1 :9 (p/v) à 70 °C pendant 90 minutes. Ensuite, l'extrait a été filtré, le gel obtenu a été séché et broyé pour obtenir de la poudre de gélatine.

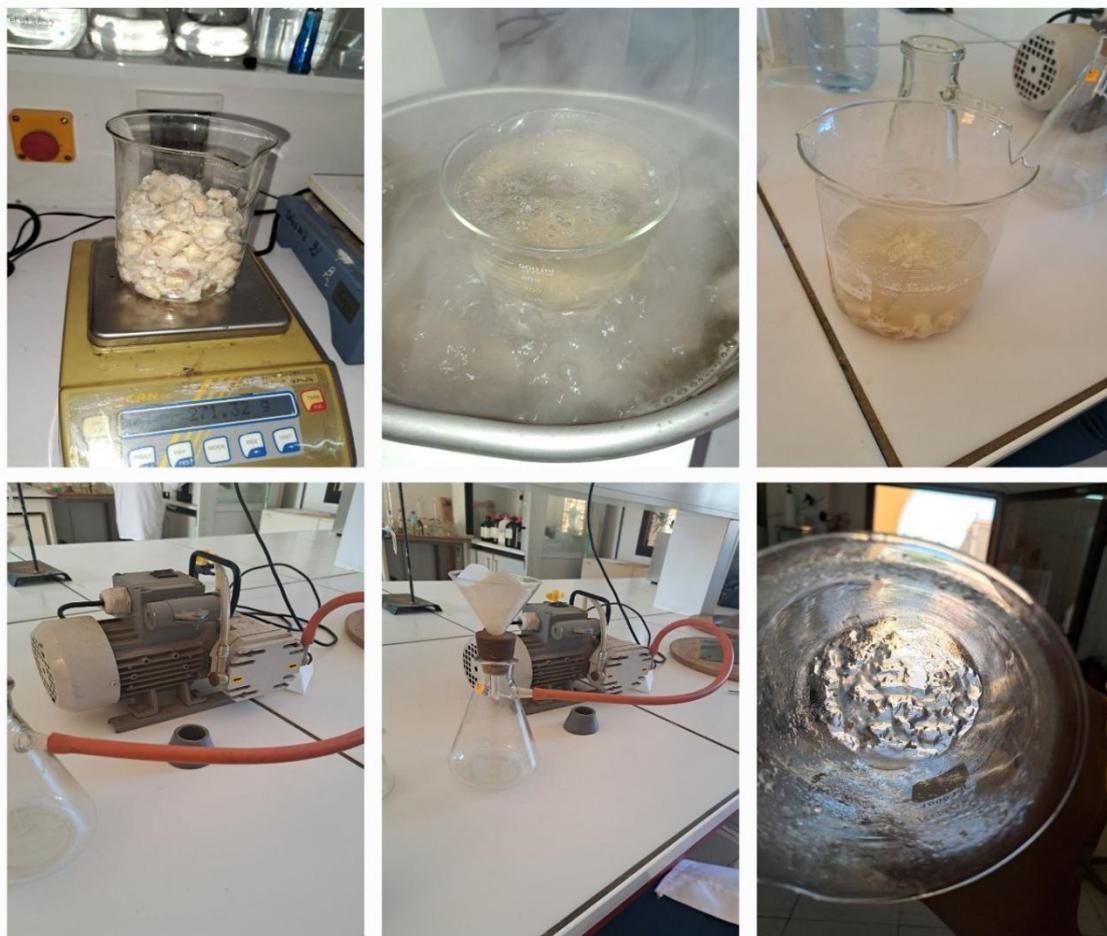


Figure 14 : Les étapes de l'extraction de la gélatine à base des pattes de poulet.

4.1.5.2 Fabrication de bioplastique :

La préparation des films a été réalisée en suivant une méthode adaptée de celle de (Araujo-Farro *et al.*,2010), se déroulant en deux étapes distinctes :

- Dans la première étape, 2.5 g d'amidon natif de maïs (A) et 2.5 g de gélatine (G), ont été dispersés dans 100 mL d'eau distillée et agités pendant 10 minutes. Le mélange a ensuite été chauffé à 100 °C dans un bain-marie pendant 30 minutes. Après refroidissement, différentes concentrations de glycérol (40%) ont été ajoutées au mélange, puis la solution finale a été agitée pendant 10 minutes.
- Dans la deuxième étape, la solution filmogène chaude a été versée dans des boîtes pétris (20 mL) et laissée à température ambiante pendant au moins 4 heures afin de permettre la dissipation des

PARTIE EXPERIMENTALE

bulles. Ensuite, les boîtes ont été placées dans une étuve à 45 °C pendant 48 heures. Les films secs ont été démoulés et conservés.

5. Technique de caractérisation d'un bioplastique :

5.1 Le test de conservation et ou même temps un test thermique de bioplastique :

Après avoir fabriqué le bioplastique, et pour tester la résistance thermique, nous avons pulvérisé le bioplastique sur trois fraises et laissé les 3 autres naturelles sans bioplastique, et nous avons placé chacune deux (l'une contenant du bioplastique et l'autre non) à une température différente de l'autre (à 4C°, 25C°, 40C°) pendant 3 jours et 5 jours.

Note : nous avons fait aussi un test de conservation du fraise a un bioplastique à base d'amidon de riz et un bioplastique à base d'amidon de maïs renforcé par l'argile (Nous avons effectué les deux tests à l'air libre)

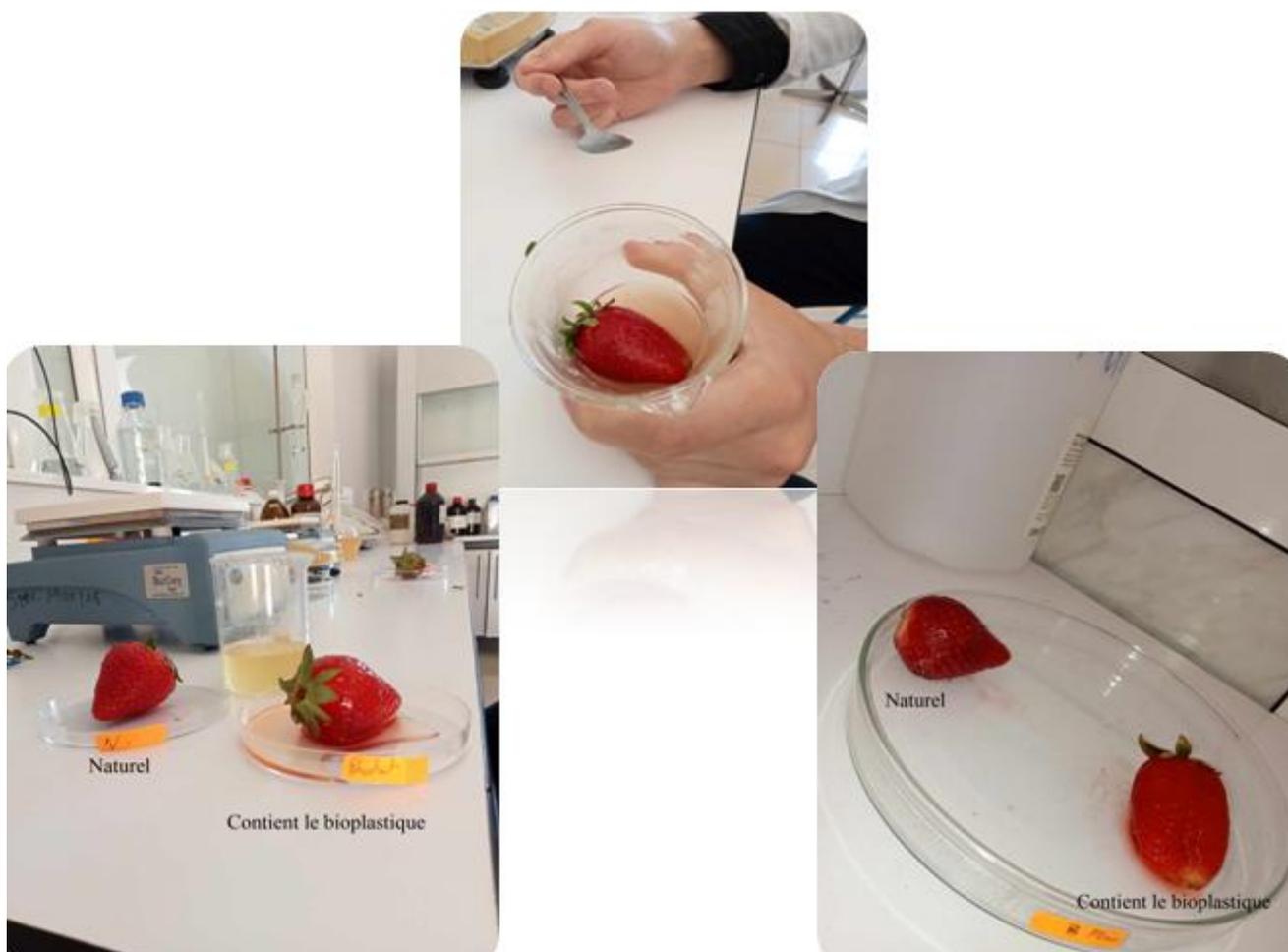


Figure 15 : Les étapes du test de conservation.

PARTIE EXPERIMENTALE

5.2 Le test de biodégradabilité :

La biodégradabilité des bioplastiques est une caractéristique cruciale qui détermine leur impact environnemental. Contrairement aux plastiques conventionnels, qui mettent des centaines voire des milliers d'années à se décomposer, les bioplastiques sont censés se dégrader plus rapidement dans des conditions environnementales appropriées. Cependant, la biodégradabilité des bioplastiques peut varier en fonction de divers facteurs, tels que leur composition chimique, les conditions environnementales et les méthodes de traitement des déchets.

Cette étude vise à évaluer la biodégradabilité d'un bioplastique spécifique dans des conditions environnementales simulées. Nous avons sélectionné le bioplastique de maïs (un bioplastique renforcé par l'argile et l'autre non) comme matériau d'étude en raison de sa popularité croissante et de ses prétentions en matière de biodégradabilité. En plaçant les échantillons de bioplastique dans des environnements représentatifs et en surveillant leur dégradation au fil du temps, nous cherchons à quantifier la capacité de ce bioplastique à se décomposer et à évaluer son potentiel en tant qu'alternative écologique aux plastiques conventionnels.

Cette étude contribuera à mieux comprendre la performance réelle des bioplastiques dans des conditions environnementales réalistes, ce qui est essentiel pour orienter les choix de conception et de gestion des déchets dans une perspective de durabilité environnementale. (Namory, 2015)

5.3 Le test de l'épaisseur :

La mesure de l'épaisseur des films biodégradables fabriqués à partir d'amidon et de gélatine a été réalisée à l'aide d'un pied à coulisse (précision : 0,001 mm). (NurHanani *et al.*, 2013)



Figure 16 : Un pied à coulisse.

5.4 Le test d'opacité :

Pour évaluer l'opacité des films, la densité optique a été mesurée sur des morceaux rectangulaires de 1×4 cm, à une longueur d'onde de 500 nm. Ensuite, l'opacité a été calculée en utilisant l'équation suivante, comme décrit par (Gontard *et al.*, 1994) : Opacité = Absorbance à 500 nm / Épaisseur du film.

PARTIE EXPERIMENTALE

5.5 Le test de taux de l'humidité :

L'humidité, dans son sens global, représente toutes les substances qui se volatilisent lorsqu'elles sont chauffées, entraînant ainsi une perte de masse de l'échantillon. Le taux d'humidité des films, souvent confondu avec leur teneur en eau, a été évalué en séchant de petits morceaux des films préalablement pesés dans une étuve à 110 °C pendant 6 heures (**Belibi et al., 2014**). La perte de poids est mesurée à l'aide d'une balance et interprétée comme un indicateur du taux d'humidité. Ainsi, cette notion d'humidité englobe non seulement l'eau, mais aussi d'autres pertes de masse telles que les solvants organiques, les alcools, les graisses, les huiles, les composants aromatiques, ainsi que les produits de décomposition et de combustion évaporés.

5.6 Le test de la solubilité des films dans l'eau :

La méthode décrite par (**Rhim, 2004**) a été utilisée pour déterminer la solubilité des films dans l'eau. Des échantillons choisis au hasard de chaque film ont été préalablement séchés dans une étuve à 110 °C pendant 6 heures pour obtenir leur masse initiale de film sec (MS). Ensuite, chaque échantillon a été placé individuellement dans des béchers contenant 40 mL d'eau distillée. Les béchers ont été recouverts de parafilm et conservés à température ambiante pendant 24 heures. La masse de film non dissous a été mesurée en retirant les morceaux de film des béchers, en les rinçant avec de l'eau distillée et en les séchant dans une étuve (110 °C, 6 heures). La masse de film hydrosoluble (Mh) a été calculée en soustrayant la masse de matière sèche non dissoute de la masse initiale de film sec. Le taux de solubilité (TS) du film dans l'eau a été déterminé en utilisant l'équation suivante :

$$(TS)=MH/MS \times 100$$

Mh: masse de matière humide

Ms: masse de matière sèche

5.7 Le test de thermo résistance :

La thermo résistance des bioplastiques fait référence à leur capacité à résister aux températures élevées sans se dégrader. Les bioplastiques, étant des matériaux dérivés de sources renouvelables telles que les plantes, présentent souvent des propriétés thermiques différentes des plastiques traditionnels. Cette caractéristique les rend attrayants pour diverses applications où la résistance à la chaleur est essentielle, tout en offrant des avantages environnementaux. (**Namory, 2015**)

Résultats et discussion

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Les résultats des déférente bioplastique fabriqué :

Après avoir suivi les protocoles que nous avons écrits dans la partie expérimentale et fait toutes les étapes dans leur ordre de série, nous allons maintenant à cette étape, nous montrerons et discuterons les résultats.

1.1 Bioplastique à base d'amidon de maïs (protocole opératoire 1) :

Après avoir suivi le protocole désigné par (Martin et Catherine., 2001) pour la fabrication des bioplastiques à base d'amidon de maïs, nous obtenons une matière collante ressemblant à de la cire, comme nous le voyons dans la (Figure 17).



Figure 17 : Un bioplastique fabriqué à base d'amidon de maïs.

1.2 Bioplastique à base d'amidon de riz :

Lorsque nous avons suivi les mêmes étapes pour fabriquer du bioplastique avec de l'amidon de maïs, et en remplaçant l'amidon de maïs par l'amidon de riz, nous avons obtenu le même résultat.

1.3 Bioplastique à base d'amidon de maïs renforcé par l'organo argile :

Après avoir suivi les étapes de fabrication du bioplastique à base d'amidon de maïs renforcée par l'organo argile et après séchage, nous avons obtenu le résultat suivant.

RESULTATS ET DISCUSSION

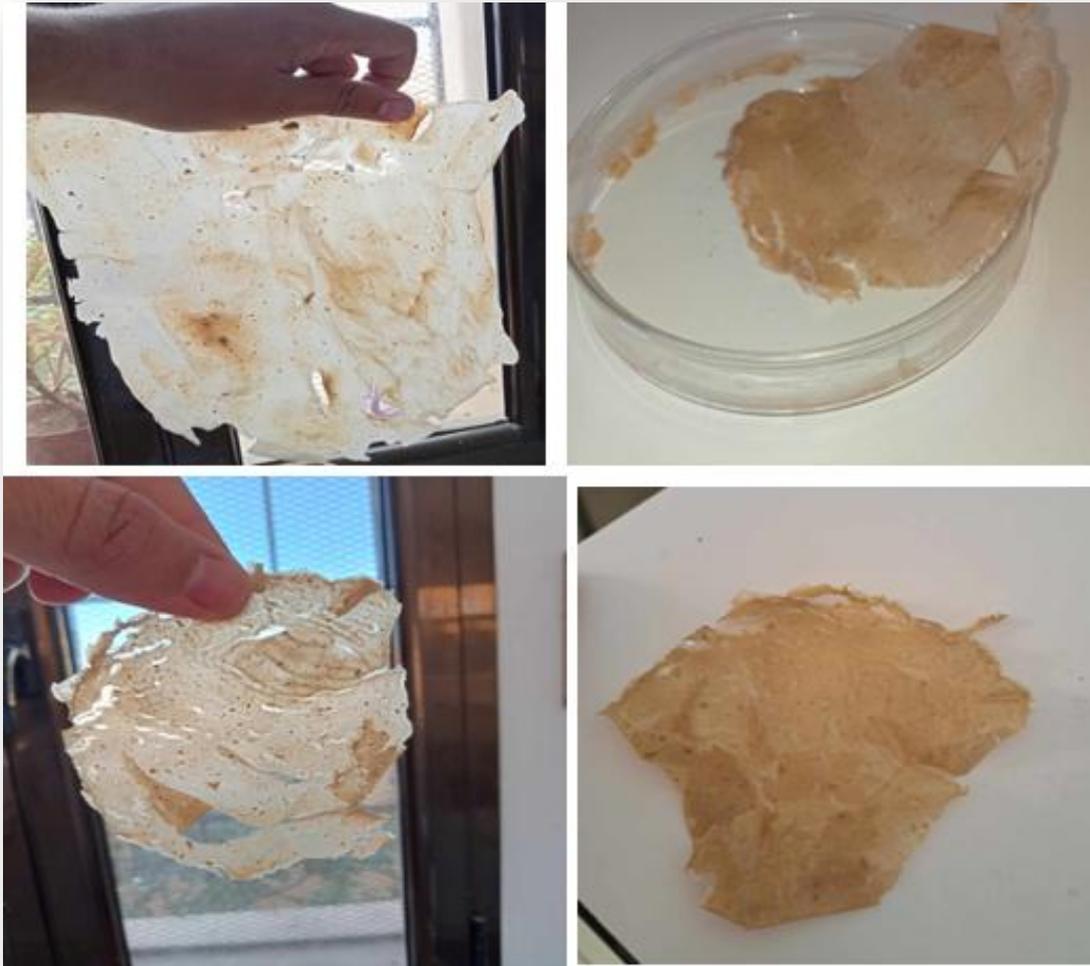


Figure 18 : Bioplastique à base d'amidon de maïs renforcé par l'organo argile.

Les résultats obtenus sont les mêmes résultats de **(Hamadouche et Bouarab., 2017)**, parce que la texture de leur bioplastique renforcé par l'organo argile semblable à notre bioplastique à base d'amidon de maïs renforcé par l'organo argile.

1.4 Bioplastique à base d'amidon de pomme de terre :

1.4.1 Extraction d'amidon de pomme de terre :

Nous avons obtenu l'amidon de pomme de terre présentée sur la **(figure 19)** après avoir effectué les étapes que nous avons écrites à la partie précédente (partie expérimentale).

RESULTATS ET DISCUSSION

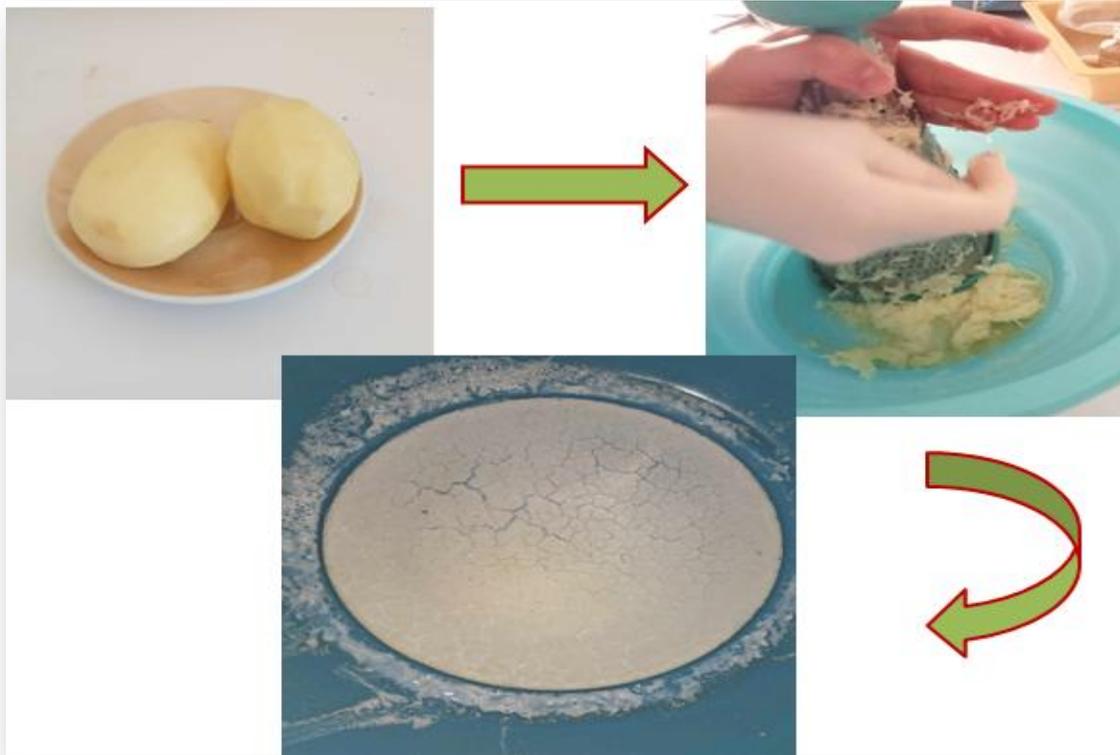


Figure 19 : Les étapes d'extraction d'amidon et le résultat de cette extraction.

1.4.2 La fabrication d'un bioplastique a base d'amidon de pomme de terre :

Après l'extraction de l'amidon des pommes de terre, nous avons fabriqué des bioplastiques à partir de cet amidon extrait en suivant le protocole de **(Philippe Bueno)** (**figure 20**).



Figure 20 : Bioplastique à base d'amidon de pomme de terre.

RESULTATS ET DISCUSSION

1.5 La fabrication d'un bioplastique a base d'amidon de maïs :

Selon (**Philippe Bueno**) nous avons suivi le protocole de la fabrication de bioplastiques à base d'amidon de pomme de terre et nous avons remplacé l'amidon de pomme de terre par l'amidon de maïs et nous avons obtenu le résultat suivant :



Figure 21 : Bioplastiques à base d'amidon de maïs.

1.6 La fabrication d'un bioplastique a base d'amidon de maïs renforcé par la gélatine :

1.6.1 Extraction de la gélatine : (*Irwandi et al.,2009*)

Nous avons extrait la gélatine des pattes de poulet en suivant les étapes d'extraction et avons obtenu le résultat présenté dans la (**figure 22**).

RESULTATS ET DISCUSSION

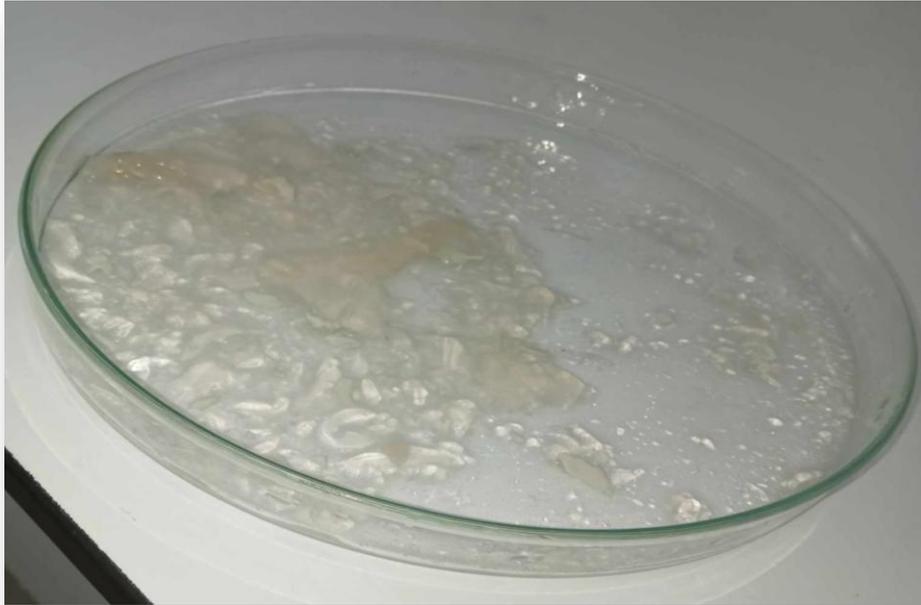


Figure 22 : La gélatine extrait des pattes de poulet avant le séchage.

1.6.2 La fabrication de bioplastique :

Après l'extraction de la gélatine à partir des pattes de poulet, nous avons fabriqué des bioplastiques à partir d'amidon de maïs renforcé par cette gélatine et avons obtenu le résultat suivant :



Figure 23 : Bioplastique fabriqué à base d'amidon de maïs renforcé par la gélatine.

RESULTATS ET DISCUSSION

2. Les résultats des techniques de caractérisation des bioplastiques :

Après la fabrication des bioplastiques, nous allons maintenant effectuer différentes analyses de ces bioplastiques pour déterminer leur adéquation.

2.1 Le test de conservation et en même temps un test thermique : (Khatem., 2019).

Nous avons fait ce test pour voir si le bioplastique à base d'amidon de maïs peut bien conserver les fruits à différentes températures.

2.1.1 Le test de conservation par le bioplastique à base d'amidon de maïs :



Avec bioplastique



Témoin

Figure 24 : L'état des fraises après 3 jours de conservation à l'air libre.



Avec bioplastique



Témoin

Figure 25 : L'état des fraises après 3 jours de conservation à 4°C.

RESULTATS ET DISCUSSION



Avec bioplastique

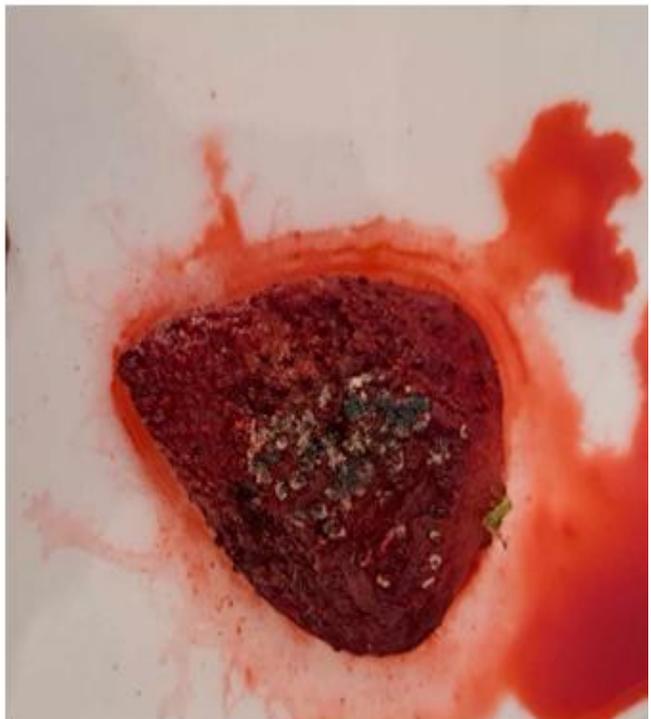


Témoin

Figure 26 : L'état des fraises après 3 jours de conservation à 40C°.



Avec bioplastique



Témoin

Figure 27 : L'état des fraises après 5 jours de conservation à l'air libre.

RESULTATS ET DISCUSSION



Avec bioplastique



Témoin

Figure 28 : L'état des fraises après 5 jours de conservation à 4C°.



Avec bioplastique



Témoin

Figure 29 : L'état des fraises après 5 jours de conservation à 40C°.

RESULTATS ET DISCUSSION

2.1.2 La qualité organoleptique des fraises :

Tableaux 04 : La qualité organoleptique des fraises après 5 jours de conservation.

/	Air libre		Réfrigérateur 4C°		L'étuve 40C°	
	Avec bioplastique	Témoin	Avec bioplastique	Témoin	Avec bioplastique	Témoin
Odeur	Bonne odeur	mauvaise odeur	Bonne odeur	Bonne odeur	Bonne odeur	mauvaise odeur
Texture	Belle texture	mauvaise texture	Belle texture	Belle texture mais il ya des tache noir	Belle texture	mauvaise texture
Observation	Il ya pas une altération	Il ya une altération	Il ya pas une altération	Il ya pas une altération	Il ya pas une altération	Il ya une altération
Couleur	Elle a gardé sa couleur.	Elle perdue sa couleur rouge	Elle a gardé sa couleur.	Elle a gardé sa couleur mais il ya des tache noir	Elle a gardé sa couleur.	Elle perdue sa couleur rouge

Après avoir terminé le test de conservation sur les fraises et recherché les mémoires précédentes, nous avons remarqué que nos résultats sont très similaires à ceux de **(Khatem., 2019)**, qui ont testé la conservation sur des cerises.

Nous avons remarqué après avoir terminé le test de conservation et le test thermique, ce qui suit :

- Après 3 jours :

Nous avons remarqué que les fraises contenant le bioplastique à base d'amidon de maïs restaient les mêmes dans toutes les températures (à l'air libre, 4°C, 40°C), contrairement aux fraises témoins, qui commençaient à pourrir à l'air libre et à 40 °C et perdus même sa qualité organoleptique, alors qu'elles restaient saines à 4°C malgré quelques taches noires.

- Après 5 jours :

Nous avons remarqué que les fraises contenant le bioplastique à base d'amidon de maïs restaient les mêmes dans toutes les températures (à l'air libre, 4°C 40°C) et préservent ses qualités organoleptique et nutritionnelle, mais les fraises qui ne contiennent pas de bioplastique (témoin), perdus ses qualités nutritionnelles et sensorielles à l'air libre et à 40°C, elle est contaminée et altérée. Fraise à 4°C gardé sa couleur et son odeur mais il contient des taches noires.

Nous concluons de ce résultat que le bioplastique à base d'amidon de maïs est efficace et préserve la qualité nutritionnelle et sensorielle des fruits.

RESULTATS ET DISCUSSION

2.1.3 Le test de conservation par l'organo argile et le bioplastique à base d'amidon de riz :

Nous avons fait un test de conservation par un bioplastique à base d'amidon de maïs renforcé par l'organo argile et un bioplastique à base d'amidon de riz.



Figure 30 : L'état des fraises qui contiennent le bioplastique à base de maïs renforcé par l'argile et le bioplastique à base de riz à l'air libre après 5 jours de conservation

Les fraises conservées par un bioplastique à base d'amidon de maïs renforcé par l'organo argile sont altérées et contaminées juste après 3 jours.

Les fraises conservées par un bioplastique à base d'amidon de riz étaient résistantes pendant les trois premiers jours, puis ont été altérées et contaminées après 5 jours.

Alors on conclut que le bioplastique à base d'amidon de maïs renforcé par l'organo argile et le bioplastique à base d'amidon de riz sont inefficaces pour la conservation des fruits pendant une longue période.

2.2 Le test de biodégradabilité :

Les prototypes de bioplastique (BP), le bioplastique renforcé par l'argile (BP r) ont été mis en terre et suivis pendant deux semaines. Ils ont été photographiés chaque deux jours et cela pendant deux semaines après la mise sous terre.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les bioplastiques sont intacts au début du test.

Les prototypes (BP), (BP r) et se fissurent deux jours après .Après une semaine, la décomposition des (BP r) est très avancée par rapport au (BP).

Nous avons constaté que les (BP r) disparaissent au bout des deux semaines. Il ne reste qu'une faible proportion du (BP).

L'utilisation de l'argile non traité ou traité n'empêche pas la biodégradation des bioplastiques mieux, il accélère le processus. Le kaolin (l'argile) permet de renforcer et dans le même temps améliore les propriétés de biodégradation ce qui nous réconforte dans le choix de ce matériau comme renforçant.



Figure 31 : L'état de bioplastique à base d'amidon de maïs et bioplastique à base d'amidon de maïs renforcé par l'argile au début et à la fin du test de biodégradabilité.

2.3 Le test de l'épaisseur :

L'épaisseur des films biodégradables développés à base d'amidon et/ou gélatine a été déterminée en utilisant un pied à coulisse.

Les films à base d'amidon de maïs sont légèrement supérieurs à ceux de la pomme de terre. Lorsque l'amidon est associé à la gélatine, l'épaisseur du film augmente.

- L'épaisseur de film a base amidon de maïs et de gélatine est égale 1.8mm.
- L'épaisseur de film a base amidon de maïs est égale 0.8mm.

RESULTATS ET DISCUSSION

- L'épaisseur de film a base amidon de pomme de terre est égale 0.6mm.



Figure 32 : Des échantillons de bioplastique à base d'amidon de maïs renforcé par l'argile et non renforcé avant de mettre dans l'étuve.

Après avoir terminé ce test de l'épaisseur de différents bioplastiques fabriqués, nous avons remarqué que les résultats obtenus étaient proches de ceux de **(Khatem., 2019)**

2.4 Le test l'opacité :

L'opacité des films a été déterminée par la mesure de la densité optique des films découpés en morceaux rectangulaires d'une taille de 1×4 cm (figure 6) à une longueur d'onde de 500 nm. Par la suite l'opacité a été calculée selon l'équation suivante décrite par **(Gontard et al., 1994)** : Opacité = absorbance à 500 nm / épaisseur du film.

RESULTATS ET DISCUSSION



Figure 33 : Le résultat d'opacité du bioplastique d'amidon de maïs renforcé par gélatine dans le spectrophotomètre.

Absorbance a 500nm = 1.126nm Abs

Opacité = $1.126/1.8 = 0.625$

De nombreuses recherches ont été menées pour améliorer les propriétés mécaniques et barrières des films et des enrobages comestibles. Cependant, peu d'études se sont intéressées aux propriétés optiques de ces matériaux, telles que la couleur, la brillance et la transparence. Ces caractéristiques visuelles, qui impactent directement la perception sensorielle des aliments par les consommateurs, ont été largement négligées jusqu'à présent. (**Brindle et Krochta, 2008**).

Les films obtenus avec la gélatine seule ou avec l'amidon sont plus transparent que les films à base d'amidon ou en combinaison mais composés d'un pourcentage plus élevé d'amidon. En comparant les deux types d'amidon, les films de pomme de terre sont plus translucides que ceux des maïs.

L'examen de la transparence des films est essentiel pour en comprendre les propriétés optiques, notamment dans le domaine de l'alimentation. Cette caractéristique peut également révéler des informations précieuses sur la structure interne des films.

Selon (**yoo et al., 2011**), les films à base de protéines de lactosérum sont souvent plus transparents que ceux composés de polysaccharides ou de mélanges de polysaccharides et de protéines. Dans tous les cas, les films produits présentent une uniformité et une transparence remarquables.

2.5 Le test d'humidité :

Le taux d'humidité des films développés a été déterminé en séchant de petits morceaux des films préparés préalablement pesés dans une étuve à 110 °C pendant 6 h.

RESULTATS ET DISCUSSION

On a pèsé la boîte pétrie qui contient le bioplastique on a trouvé 70.24g on mettra la boîte qui contient de bioplastique dans l'étuve à 120°C pendant 5 heures après on pèsé une autre fois on trouve 70g.

Le taux d'humidité est égale 24 %

Donc on observe que, ce film (bioplastique à base d'amidon de maïs) contenant 24 % de teneur en eau (Taux d'humidité).

Il convient de noter que la teneur en eau des films joue un rôle crucial dans l'évaluation de leurs propriétés mécaniques, car l'eau agit également comme plastifiant. Par ailleurs, les niveaux élevés de perméabilité à la vapeur d'eau sont attribués à une plus grande teneur en eau présente dans les films (**Chiou *et al.*, 2009**).

2.6 Le test Solubilité des bioplastiques dans l'eau :

La capacité à se dissoudre dans l'eau est une caractéristique cruciale des films comestibles, car dans certaines applications alimentaires, il peut être nécessaire que le film soit peu soluble dans l'eau afin de garantir la cohésion du produit et sa résistance à l'humidité (**Perez-Gago et Krochta, 1999**). Généralement, une plus grande solubilité dans l'eau est associée à une moindre résistance à l'eau (**Bourtoom et Chinnan., 2008**).

- Solubilité de bioplastique à base d'amidon de maïs : 17.1%
- Solubilité de bioplastique à base d'amidon de pomme de terre : 22.23%
- Solubilité de bioplastique à base amidon de maïs et de gélatine : 22.15%

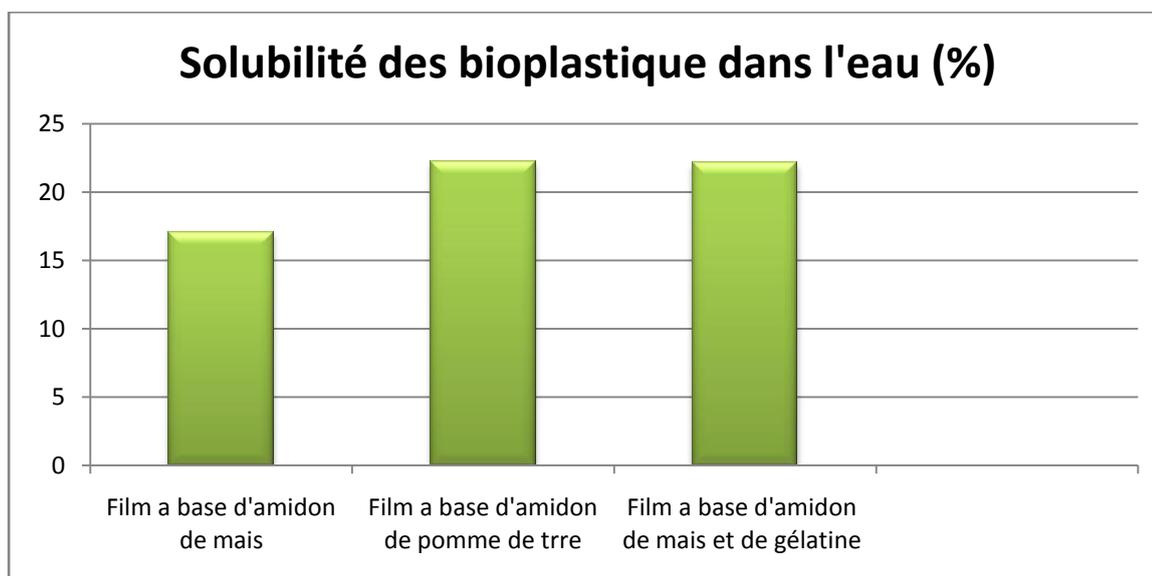


Figure 34 : Schéma explicatif du pourcentage de solubilité des différents bioplastiques dans l'eau.

Les bioplastiques fabriqués à partir d'amidon de pomme de terre présentent une solubilité plus élevée que ceux à base de maïs.

RESULTATS ET DISCUSSION

2.7 Le test de traitement thermique :

Des prototypes qui ont été déposés dans une étuve pendant cinq (05) heures. La température de l'étuve est montée par saut de 30°C/heure.

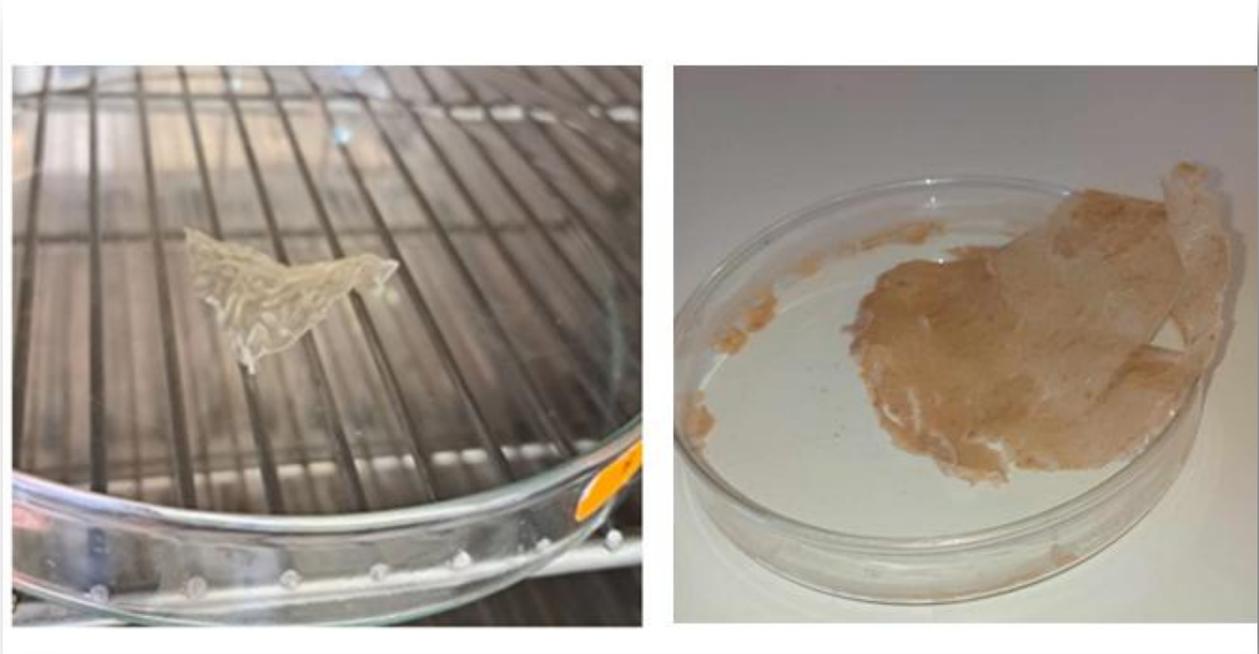


Figure 35 : Des échantillons de bioplastique à base d'amidon de maïs renforcé par l'argile et non renforcé avant de mettre dans l'étuve.

- Les matériaux bioplastiques ont montré une stabilité jusqu'à 90°C
- Entre 90°C et 120°C, le bioplastique non renforcé subit une dégradation, aboutissant à une dégradation totale à 120°C après 2 heures.
- En revanche, les matériaux renforcés restent largement stables à cette température.
- À 150°C, tous les bioplastiques se dégradent après 2 heures.
- L'incorporation de kaolin (l'argile) améliore significativement les propriétés thermiques des bioplastiques à 150°C.

Conclusion

CONCLUSION

Dans notre monde, les emballages alimentaires sont utilisés de plusieurs manières fondamentales, telles que le stockage, la protection et la conservation des aliments qu'ils contiennent tout au long de la période allant du moment de leur fabrication jusqu'au jour de leur consommation.

Ces emballages sont fabriqués de plusieurs manières, dont le plastique, qui est largement utilisé dans sa conception, mais il pose de nombreux problèmes pour l'environnement, qu'il s'agisse de problèmes de santé des animaux et des autres, de problèmes environnementaux, ou encore de problèmes esthétiques et de distorsion de la vue, et ce est dû à son long temps de décomposition, qui peut prendre jusqu'à 1 000 an, comme le polyéthylène, peuvent prendre jusqu'à 400 ans pour se décomposer dans l'environnement (Lauren *et al.*, 2014), ce qui entraîne le lessivage de substances potentiellement toxiques dans le sol et l'eau.

C'est pourquoi, grâce à notre travail, nous avons préparé un bioplastique à base de différents types d'amidon maïs, pommes de terre, riz et bioplastique à base d'amidon de maïs, renforcé d'argile, et un autre renforcé de gélatine extraite de pattes de poulet. Nous avons également fabriqué du bioplastique pour conserver les fruits et prolonger leur durée de conservation.

Nous avons ensuite réalisé plusieurs tests sur différents types de bioplastiques préfabriqués notamment du l'épaisseur, l'opacité, l'humidité, la solubilité dans l'eau, la biodégradabilité dans le sol et un test de conservation des fruits (fraises).

Dans le test de conservation nous avons concluons que le bioplastique à base d'amidon de maïs est efficace et préserve la qualité nutritionnelle et sensorielle des fruits après 5 jour de conservation, mais le bioplastique à base d'amidon de maïs renforcé par l'organo argile et le bioplastique à base amidon de riz inefficace pour la conservation des fruits pendant une longue période.

Grâce à ce travail que nous avons réalisé, nous concluons que le bioplastique peut remplacer le plastique ordinaire en raison de sa capacité à prolonger la durée de conservation des aliments, à les décomposer plus rapidement dans l'environnement et à aider à fertiliser le sol grâce à ses composés naturels. Tout cela dans un souci d'environnement propre et des aliments sains conservée dans du bioplastique naturel.

REFERENCE

Références :

- Alvarez G.S., Helary C., Mebert A.M., Wang X., Coradin T., Desimone M.F. 2014 Antibiotic-loaded silica nanoparticle–collagen composite hydrogels with prolonged antimicrobial activity for wound infection prevention. *Journal of Material Chemistry B*, 2014, vol 2, p. 4660-4670. DOI :10.1039/c4tb00327f
- American society for testing and materials (ASTM). Standard practice for evaluating and reporting environmentand performance Of biobased products. West Conshohocken, ASTM international, 9P. (D7075-4), 2004
- Araujo-Farro, P.C, Podadera, G., Sobral, P.J.A. & Menegalli, F.C. (2010). Development of films based on quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willdenow) starch. *Carbohydrate Polymers*, 81, 839 – 848.
- Arikan, E. B.,&ozsoy, H. D. (2015). A review : investigation of bioplastics. *J. Civil Eng. Arch*, 9,188-192.page 191.
- Ashter , S. A. (2016) Introduction to bioplastic engineering William Andrew
- Avèrous L. ; Starch-Based Sustainable Materials. In Habibi, Y. et Lucia. L. A; Polysaccharide Building Blocks – A Sustainable Approach to the Development of Renewable Biomaterials. Hoboken, John Wiley & Sons, (cha, 12, p. 307-330), 2012.
- Avèrous, L. «Les polymères biodégradables : qu'elle finalités , qu'elle opportunités ? In Luc avèrous» . Site de Luc avèrous, [en ligne], 2007.
- Baudart C . Les utilisations de l'amidon. perspectives agricoles.2005.N°31 :28
- Belibi, P. C., Daou, T. J., Ndjaka, J. M. B., Nsom, B., Michelin, L., & Durand, B. (2014). A comparative study of someproperties of cassava and treecassavastarch films. *PhysicsProcedia*, 55, 220–226.
- Bewa. H « matériaux polymères biodégradables et application » (note de synthèse 2) (synthèse sur les produits biodégradables). France, ADEMEÉditions , 16 p , 2006.
- Blaga. A (1975). Les matières plastiques. Division des recherches en construction, Conseil national de recherches Canada.
- Blidet Omar [Mémoire de MASTER]. OUARGLA : UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA ; 2018-2019.

REFERENCE

- Bou chicha Réda M, Etude de la cristallisation et des propriétés mécaniques et diélectriques de céramiques préparés à partir de kaolin-dolomite. Université Elhadj Lakhdar –Batna. 2010.
- Boursier B., (2005). Amidons natifs et amidons modifiés alimentaires. Technique de l'ingénieur, F 4 690.
- Bourtoom, T et Chinnan M.S. (2008).Preparation and properties of ricestarch-chitosanblend biodegradable film. LWT - Food Science and Technology, 41, 1633-1641.
- Brindle, E., & Krochta, J. (2008). Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. Food Technology, 62(3), 61-65.
- Brodsky B., Persikov A. 2005 : Molecular structure of the collagen triple helix. Advances in protein chemistry, 2005, vol 70, p. 301-339. DOI : 10.1016/S0065-3233(04)70009-1.
- Buchard W. and Thurn A., (1985). Heterogeneity in branching : mathematical treatment of the amylopectin structure, Macromolecules, 18(10), 2072-2082.
- Castelan , G «polymère biodégradables. In anonyme, bioprocédés dans les domaines de la santé de l'agroalimentaire et de la chimie » (p.1-25) . France , édition technique de l'ingénieur, 2010.
- Chauvel A, Monnier, Sur la signification générale de l'analyse granulométrique en pédologie ; examen des problèmes posés par la caractérisation de la structure de certains sols tropicaux. C.R.Acad. SCI., 264, série D, 19691972 (1967)
- Chen, y. J . (2014). Bioplastic sand therirrole in achieving global sustainability. Journal of chemical and pharmaceutical research, 6(1), 226-231. Page 228.
- Chène C; 'La Gélatine', J. de l'Adrianor, Agro-jonction N° 24, PP. 752788Septembre/Octobre (2000)
- Chiou, B.S., Avena-Bustillos, R.J., Bechtel, P.J., Imam, S.H., Glenn, G.M., Orts, W.J. (2009).Effects of dryingtemperature on barrier and mechanicalproperties of cold-water fishgelatin films.Journal.
- Cho, I. J., Catalán, J., Cho, H. J., Barros, J., Abenojar, E. C., & Park, S. J. (2018). Starch-based bioplastics: the future of sustainable packaging. Biomacromolecules, 20(1), 17-32.

REFERENCE

- DALI AHMED. Préparation et caractérisation de matériaux à base de ruthénium déposés par l'argile à piliers d'oxydes de métaux de transition. Application aux réactions d'oxydation [THÈSE DE DOCTORAT]. TLEMCEN : UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID – TLEMCEN ;2015-2016 .
- Delrue G, Massaux P, Schoon L, Massart-Leën E & Boussery H (2008) Isolation, purification and characterization of starch components from different botanical sources, *Journal of Chromatography B*, 878:5-6, 395-403.
- Fabien, T. Formulation et morphologies de mélanges de polymères thermoplastiques à base d'amidon. Autre. INSA de Lyon, 2011. Page 15-23.
- Farris S, Schaich KM, Liu L, Piergiovanni L, Yam KL (2009) Effect of plasticizer type and concentration on physical properties of biodegradable films based on sugar palm (*arenga pinnata*) starch for food packaging.
- Gallant, D., Bouchet, B. and Baldwin, P.M. (1997). Microscopy of starch: Evidence of a new level of granule organization. *Carbohydr. Polym.*, 32(4), 177-191.
- Gontard N., Guillard V., Gaucel S., Guillaume C. (2017). L'emballage alimentaire et l'innovation écologique dans toutes leurs dimensions. *Innovations Agronomiques*, INRA, 2017, 58, pp.1-9.
- Gontard N., Guillard V., Gaucel S., Guillaume C. (2017). L'emballage alimentaire et l'innovation écologique dans toutes leurs dimensions. *Innovations Agronomiques*, INRA, 2017, 58, pp.1-9.
- Hamadouche, H., Bouarab, N. Fabrication et caractérisation thermique d'un film biodégradable à base d'amidon de maïs renforcé par une organo argile. Mémoire de Master université, Mostaganem, 2017.
- Henri, D., Malwiak, J.L., Irène, M. Amidon Alimentation et nutrition humaine. PARIS: ESF editeur (1992), 127.
- <https://themodernwitch.fr/argile-bienfaits/> cette article a été publiée le 15 Juin 2021 Par Léa)
- Irwandi, J., Faridayanti, S., Mohamed, E. S. M., Hamzah, M. S., Torla, H. H. and Che Man, Y. B. Extraction and characterization of gelatin from different marine fish species in Malaysia. *International Food Research Journal* 16: 381-389 (2009).

REFERENCE

- Jarroux, N. « les biopolymères différentes familles , propriétés et application.» in anonyme, bioprocédés dans les domaines de la santé, de l'agroalimentaire et de la chimie (p.25). Paris, éditions techniques de l'ingénieur, 2010.
- Jennifer J, Otten , Pizzi H et Linda D . Institute of medicine . apports nutritionnels ANREF nutritionnels de référence .2006
- Jones, B.E. (1987). In hard capsules-development and technology. Ridgway, K., Ed; The Pharmaceutical: London, U.K., pp 39-48.
- Jozja N, Étude de matériaux argileux Albanais. Caractérisation « multi échelle » d'une bentonite magnésienne. Impact de l'interaction avec le nitrate de plomb sur la perméabilité, These de doctorate, l'Université d'Orléans, 2003.),
- KENZA KADDAM. Elimination des composés azotés par adsorption sur une argile locale
- KHATEM.B (2019).Elaboration et caractérisation des biofilms biodégradables bioactifs à base d'amidon et de gélatine. Mémoire de Master univ. Mosta.
- Krzan, A., Hemjinda, S., Miertus, S., Corti , A. and Chiellini, E. «Standardization and certification in the area of environmentally degradable plastics. Polymer degradation and stability, vol. 91, n 12 , p.2819-2833 , 2006.
- Lauren B., Colette W., David A., Jeroen S., Dirk Zeller. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea .2014.
- Luckachan , G.E and Pillia , C.K.S (Biodégradables polymers – a review on recent trends and emerging perspectives). Journal of polymers and the Environment, vol 19 , n 3 , p. 637-676 , 2011.
- Martini MC and Seiller M; 'Actifs et Additifs en Cosmétologie', éd. Tec et Doc, 3ème éd, PP. 279-958 (2000)
- Meroufel B, Adsorption des polluants organiques et inorganiques sur des substances naturelles Kaolin, racines de Calotropis procera et Noyaux de dattes, These de Doctorat Université de Lorraine 2015.
- Modification chimique de l'amidon par extrusion réactive, thèse de doctorat, Ahmed TARA. Page 15.

REFERENCE

- Mouaziz, Préparation et Caractérisation des bentonites modifiées par des sels de Bisimidazolium- application à l'adsorption du bleu de Toléon, Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen, 2012.
- Namory M. Elaboration de matériaux bioplastiques à base d'amidon de manioc renforcés au kaolin Biodégradabilité et thermorésistance, 2015, page 34,35, 36)
- Niaounakis, M. (2013). Biopolymers: Reuse, Recycling, and Disposal. Elsevier.
- NurHanani ZA, Beatty E, Roos YH, et al. Development and characterization of biodegradable composite films based on gelatin derived from beef, pork and fish sources. Foods. 2013;2(1):1-17.
- Panda A.K., Singh R.K. and Mishra D.K. (2010). Thermolysis of waste plastics to liquid fuel. A suitable method for plastic waste management and manufacture of value added products-A world prospective. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, 233-248.
- Pereira L.L. S., Pereira C.A., de Souza S.P. and Santos C.D., (2012). Therapeutic action of white beans by changing the digestion of carbohydrates. Journal of Natural Pharmaceuticals, 3, 9-16.
- Perez-Gago, M. B. et Krochta, J. M. (1999). Water vapor permeability, solubility and tensile properties of heat-denatured versus native whey protein films. Journal of Food Science, 64, 1034-1037.
- Preventpack. Dossier Biopackaging. In Preventpack. Site de Preventpack, [En ligne], 2012.
- Produits utilisés et leur rôle (Bremont, Chloé, Guillet, F., Vianez, C. Les plastiques et les bioplastiques environnement et progrès, pdf.
- Rajendran, N et al. / Journal of pharmacy research 2012, 5 (3), 1476-1479. (Seaweeds as a new source of bioplastics)
- Recyc- Québec. Sacs dégradables- propriétés et allégations environnementales. In recyc- Québec. Site de recyc- Québec, [En ligne], 2005.
- Regiant AM, Frollini E, Marson GA, El Seoud OA, Second International Symposium on Natural Polymers and Composites 235-239. 1998.
- Rhein-Knudsen, N., Ale MT, Meyer AS. Seaweed hydrocolloid production: an update on enzyme assisted extraction and modification technologies. Mar Drugs. 2015;13(6):3340-3359.

REFERENCE

- Rhim, J.W. (2004). Increase in water vapor barrier properties of biopolymer- based edible films and coatings by compositing with lipid materials. *Food Sci. Biotechnol.*, 13, 528–535.
- Rose, P.I. (1987). *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*, 2nd edition, Volume 7.
- Seyed Amir Bahrani : Modification des propriétés physico-chimiques de l'amidon par procédés hydrothermiques : Contribution à l'étude des transferts couplés chaleur-masse. Autre. Université de La Rochelle, 2012. Français.
- Surh J., Decker E.A. & McClements D.J., 2006. Influence of pH and pectin type on properties and stability of sodium-caseinate stabilized oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 20, 607-618.
- Terrisse HV, Interaction des silicates de calcium hydratés, principaux constituants du Ciment, avec les chlorures d'alcalins. Analogie avec les argiles, Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, 2000.)
- Tonuk, D., shove, E., & suchman, L. (2016). *Making bioplastics : an investigation of material product relationships* (doctoral dissertation , Lancaster university.)
- Touait, F., Rachedi, I. Elaboration et étude des propriétés mécaniques et rhéologiques des films bioplastiques a base d'amidon par l'incorporation des oxydes métalliques (TiO₂,ZnO).Mémoire de Master université de BLIDA 1, 2019.
- Ward, A.G., & Courts, A. (1977). *The science and technology of gelatin*. London: Academic Press.
- Yoo, S., Yim, J., Hong, S.H., Kim, S., Kim, H., Kim, D.H., & Park, K.T. (2011). Understanding the structure-property relationships of conjugated polymers in bulk heterojunction solar cells. *Advanced Materials*, 23(42), 4851-4855.
- Yu , L 《 biodegradable polymer blends and composites from renewable ressources 》 . New Jersey, John wiley& sons , Inc., 487p, 2009.
- Yu , L.,Dean, K , Li , L . 《polymer blends and composites from renewable ressources. . progress in Polymer Science , vol.31 , n 6 , p. 576-602 ,2006
- Yu, L., Dean, K., & Li, L. (2006). Polymer blends and composites from renewable resources. *Progress in polymer science*, 31(6), 576-602.

REFERENCE

- Zobel H. F., (1988b). Molécules to granules: A comprehensive starch review, *Starch/Stärke*, 40(2), 44-50.