



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي  
UNIVERSITÉ D'ECHAHID HAMMA LAKHDAR - EL OUED  
كلية علوم الطبيعة والحياة  
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
قسم البيولوجيا  
DEPARTMENT DE BIOLOGIE



N° d'ordre:

N° de série:

## Thèse

En vue de l'obtention du Diplôme de 3<sup>ème</sup> Cycle Doctorat LMD en Sciences  
Ecologique et Environnement

Spécialité : Ecologie et Environnement

Par BELAHCENE Samira

### Thème

**Etude physico-chimique et biologique de bioplastique  
fabriqué à partir de la pomme de terre (*Solanum  
tuberosum* L, 1753), dans la région d'OUED SOUF**

Soutenu le : 21 /05 /2025

Devant le Jury

|                       |                        |       |               |
|-----------------------|------------------------|-------|---------------|
| Président             | Dr. SELMANE Mehdi      | MCA   | Univ. El Oued |
| Directeur de thèse    | Dr. ALIA Zeid          | MCA   | Univ. El Oued |
| Co-Directeur de thèse | Dr. GAHTAR Abdelouahab | MCA   | Univ. El Oued |
| Examineur             | Pr. KHEZZANI Bachir    | Prof. | Univ. El Oued |
| Examineur             | Pr. BOUNAR Rabeh       | Prof. | Univ. M'sila  |
| Examineur             | Dr. BEN-AMOR Bilal     | MCA   | ENA El Oued   |

Année universitaire 2024/2025

# Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma gratitude et présenter mes vifs remerciements à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de cette thèse de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences Ecologique et Environnement spécialité. Ecologie et Environnement J'exprime mes remerciements spécifiques :

À Monsieur **ALIA Zeid**, Maitre de conférences class (A) au département des sciences agronomiques de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université d'El Oued, mon directeur de thèse, dont j'ai eu tant de fois à louer la grande bienveillance, pour ses précieux conseils, et pour le temps qu'il a consacré pour au cours de la détermination mais aussi pour ses précieux conseils et la réalisation de ce travail.

À Monsieur **GAHTAR Abdelouahab**, Maitre de conférences class (A) au département des biologies de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université d'El Oued, mon co-directeur, qui a bien voulu assurer le suivi de près de ce travail avec patience et vigilance. Je le remercie non seulement pour ses encouragements.

À Monsieur **SELMENE Mahdi**, Maitre de conférences class (A) au département des biologies de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université d'El Oued, d'avoir accepté de présider le jury de soutenance.

À Monsieur **KHEZZANI Bachir**, Professeur au département des biologies de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université d'El Oued, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

À Monsieur **BOUNAR Rabeh**, Professeur à la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université M'sila, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

À Monsieur **BEN-AMOR Bilal**, Maitre de conférences class (A) au l'école supérieure d'agronomie El Oued, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remercie le **Pr. BOUSBIAA Aida** qui a bénéficié de son aide précieuse, encouragements, conseils et bonne humeur.

Je tiens également à remercier tous mes professeurs de m'avoir enseigné les bases scientifiques. Je suis reconnaissant à mes confrères, **Dr KHACHKHOUCHE El Amine** **Dr GHEMMAM AMARA Djilani** pour leur soutien et leurs encouragements indéfectibles. J'envoie leur ma plus chaleureuse gentillesse et mes meilleurs vœux.

## Dédicace

Je dédie mon travail :

A celle qui m'a inséré le goût de la vie et le sens de la  
Responsabilité.....ma mère bien aimé Yasmina.

Celui qui a été toujours la source inspiratoire et de courage...mon  
cher père Mahmuode.

A mon marie Krimou et mes enfants Ahmed amine et Rafik ,  
Wassim et Mehamed

A mes frères A ma sœur

A toute personne que je n'ai pas nommée ici et à tous ce qui m'on  
aidé.

BELAHCENE Samira

## **Etude physico-chimiques et biologique de bioplastique fabriqué à partir la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L, 1753)**

### **Résumé :**

Le risque d'une augmentation continue et préoccupante de l'accumulation de plastiques dérivés du pétrole, ainsi que leur biodégradabilité lente, engendre de nombreux problèmes environnementaux et menace la biodiversité. Afin de trouver une alternative au plastique traditionnel, cette étude explore la fabrication de bioplastiques à base de féculé de pomme de terre, une ressource naturelle, biologique et biodégradable. Différentes méthodes d'extraction de l'amidon ont été testées (1 - neutre, 2 - basique et 3 - acide) par trempage. Une comparaison des rendements d'extraction de l'amidon et des rendements en bioplastique des trois méthodes a permis d'obtenir les résultats suivants, exprimés en pourcentage d'amidon/bioplastique : (12,5/2,77, 9,16/3,22 et 11,83/2,81), respectivement.

Ce travail présente une étude comparative approfondie des traitements neutre, alcalin et acide pour l'extraction de l'amidon de pomme de terre, qui montre par le teste HPLC les résultats sont suivants en se concentrant sur les propriétés structurales, optiques et biologiques des bioplastiques produits par la méthode de moulage. Les densités des bioplastiques - Bio (H<sub>2</sub>O), Bio (NaOH) et Bio (HCl) – ont été mesurées à 1,38 g/cm<sup>3</sup>, 1,61 g/cm<sup>3</sup> et 1,40 g/cm<sup>3</sup>, respectivement. L'analyse par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) a révélé des changements dans les spectres, suggérant une interaction entre le glycérol et l'amidon de pomme de terre. L'analyse par diffraction des rayons X (DRX) a confirmé la structure cristalline orthorhombique du bioplastique, orientée principalement le long des directions (211) et (400). La taille moyenne des cristallites, les micro-contraintes et la densité des dislocations dans le plan (211) étaient respectivement de 15,399, 0,122 et 0,341 (lignes/nm<sup>2</sup>). Par ailleurs, les propriétés optiques des films ont été évaluées à travers des mesures de transmission et de réflexion, mettant en évidence une bande optique directe dans la plage de 250-400 nm.

L'aspect biologique de l'étude a montré que les bactéries cultivées sur les matériaux ont complètement dégradé le plastique à base d'amidon. Parmi les bactéries isolées, une colonie circulaire blanche s'est avérée être la plus efficace pour dégrader ce type de plastique. Nous avons également recherché des bactéries capables de dégrader les

bioplastiques et isolé une culture pure par la méthode des plaques en stries. En conclusion, ces bactéries ont permis la dégradation totale du plastique à base d'amidon en 48 heures dans un milieu liquide et en un mois dans un milieu solide, confirmant ainsi la rigueur et la fiabilité de nos recherches, à partir de la caractérisation SEM, les échantillons de bioplastique ont été entièrement plastifiés. Bien que le bioplastique fabriqué ait des propriétés mécaniques inférieures à celles des plastiques à base de pétrole, son le respect de l'environnement et la forte valeur ajoutée potentielle promettaient d'être un matériau d'avenir. L'analyse EDX a révélé que les bioplastiques contenaient principalement du carbone (C) (40,9 % en poids) et de l'oxygène (O) (53,5 % en poids). Indiquant une teneur élevée en matières organiques.

**Mots clés :** Solanum tuberosum, Amidon, Bioplastique, FTIR, DRX, Souf

## **Physicochemical and Biological Study of Bioplastic Made from Potato (*Solanum tuberosum* L, 1753)**

### **Abstract**

The increasing accumulation of petroleum-based plastics and their slow biodegradability pose significant environmental challenges and threaten biodiversity. To find an alternative to traditional plastics, this study investigates the production of bioplastics from potato starch, a natural, biological, and biodegradable resource. We tested three methods for extracting starch through soaking: a neutral method, a basic method, and an acidic method. A comparison of the starch extraction yields and the corresponding bioplastic yields for each method yielded the following results, expressed as percentages of starch to bioplastic: (12.5/2.77, 9.16/3.22, and 11.83/2.81).

This study compares neutral, alkaline, and acidic treatments for extracting potato starch, focusing on the structural, optical, and biological properties of bioplastics produced using the casting method. The densities of the bioplastics—Bio (H<sub>2</sub>O), Bio (NaOH), and Bio (HCl)—were measured at 1.38 g/cm<sup>3</sup>, 1.61 g/cm<sup>3</sup>, and 1.40 g/cm<sup>3</sup>, respectively.

Fourier Transform Infrared (FTIR) analysis revealed spectral shifts suggesting glycerol and potato starch interactions. Additionally, X-ray Diffraction (DRX) analysis confirmed that the bioplastic exhibits an orthorhombic crystal structure with a strong orientation along the (211) and (400) planes. The average crystallite size, microstress, and dislocation density values in the (211) plane were 15.399, 0.122, and 0.341 (lines/nm<sup>2</sup>), respectively.

Furthermore, the optical properties of the films were evaluated through transmission and reflectance measurements, which revealed a direct optical band in the 250-400 nm range. The biological aspect of the study demonstrated that bacteria cultured on the materials could completely degrade starch-based plastic. Among the isolated bacteria, a specific white circular colony was identified as the most effective at degrading this type of plastic. We also screened for bacteria that degraded bioplastic and successfully isolated a pure

culture using the streak plate method. In conclusion, these cultured bacteria completely degraded starch-based plastic within 48 hours in liquid media and within one month in solid media. This finding highlights the thoroughness and reliability of our research, from SEM characterization, the bioplastic specimens were fully plasticized. Although the fabricated bioplastic has lower mechanical properties than petroleum-based plastics, its environmental friendliness and high potential added value promise to be a material of the future, EDX analysis revealed that bioplastic contained mainly carbon (C) (4°.9 wt%) and oxygen (O) (53.5 wt%). indicating a high organic matter content.

**Keywords:** Solanum tuberosum, Starch, Bioplastic, FTIR, DRX, Souf



وفي الختام، تمكنت هذه البكتيريا من تحليل البلاستيك القائم على النشا بالكامل خلال 48 ساعة في وسط سائل، ، تبين أن عينات SEM وخلال شهر في وسط صلب، مما يؤكد دقة ومصادقية أبحاثنا. وبالاعتماد على توصيف البلاستيك الحيوي كانت متمددة بالكامل. وعلى الرغم من أن الخصائص الميكانيكية للبلاستيك الحيوي المنتج كانت أقل من نظيراتها في البلاستيك النفطي، فإن احترامه للبيئة والقيمة المضافة العالية المحتملة تجعله واعدًا كمادة بنسبة 40.9% بالوزن، (C) أن البلاستيكات الحيوية تحتوي أساسًا على الكربون EDX مستقبلية. وقد كشفت تحاليل بنسبة 53.5% بالوزن، مما يدل على محتوى عضوي عالٍ (O) والأوكسجين.

، الكبريت DRX، FTIR، النشا، البلاستيك الحيوي، Solanum tuberosum: الكلمات المفتاحية



# Liste de figure

| N                | Titre                                                                                                | Page |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Figure 1</b>  | Cycle biologique de la pomme de terre                                                                | 9    |
| <b>Figure 2</b>  | Cycle de reproduction et physiologie de la pomme de terre                                            | 11   |
| <b>Figure 3</b>  | Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre                                                 | 12   |
| <b>Figure 4</b>  | Caractéristiques morphologiques de la Feuilles de pomme de terre                                     | 13   |
| <b>Figure 5</b>  | caractéristiques morphologiques du fleur de pomme de terre                                           | 14   |
| <b>Figure 6</b>  | caractéristiques morphologiques du fruit de pomme de terre                                           | 14   |
| <b>Figure 7</b>  | Description morphologique du tubercule de la pomme de terre                                          | 15   |
| <b>Figure 8</b>  | défiement type de tubercule de pomme de terre                                                        | 16   |
| <b>Figure 9</b>  | Composition chimique du tubercule de pomme de terre                                                  | 17   |
| <b>Figure 10</b> | variétés cultivées dans la wilaya d'El-Oued                                                          | 18   |
| <b>Figure 11</b> | Structure chimique de l'amylose                                                                      | 19   |
| <b>Figure 12</b> | Structure chimique d'amylopectine                                                                    | 20   |
| <b>Figure 13</b> | structure chimique de plastique et élastomères                                                       | 25   |
| <b>Figure 14</b> | Matrice des bioplastiques                                                                            | 29   |
| <b>Figure 15</b> | Classification de polymères biodégradables                                                           | 30   |
| <b>Figure 16</b> | structure chimique de PHA et PHB                                                                     | 31   |
| <b>Figure 17</b> | structure de Polylactic acid (PLA) hydrolysis                                                        | 32   |
| <b>Figure 18</b> | structure chimique de Poly (1,4-butylene succinate                                                   | 35   |
| <b>Figure 19</b> | Position géographique de la région du Souf                                                           | 40   |
| <b>Figure 20</b> | Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS appliqué à la région du Souf pour les années d'étude | 45   |
| <b>Figure 21</b> | Place de la région du Souf sur le climagramme d'Emberger                                             | 46   |
| <b>Figure 22</b> | Différentes méthodes d'irrigation dans la culture de pommes de terre                                 | 57   |
| <b>Figure 23</b> | temps de culture des pommes de terre                                                                 | 58   |
| <b>Figure 24</b> | Superficie dédiée à la culture de pommes de terre                                                    | 58   |
| <b>Figure 25</b> | Type de pomme de terre cultivé                                                                       | 59   |

|                  |                                                                                                          |    |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure 26</b> | variétés de pommes de terre cultivez                                                                     | 60 |
| <b>Figure 27</b> | stockage de pommes de terre                                                                              | 61 |
| <b>Figure 28</b> | température de stockage de pommes de terre                                                               | 61 |
| <b>Figure 29</b> | techniques de conservation des pommes de terre                                                           | 62 |
| <b>Figure 30</b> | temps stockage de pomme de terre                                                                         | 63 |
| <b>Figure 31</b> | types de pourriture de pomme de terre                                                                    | 63 |
| <b>Figure 32</b> | facteurs de la pourriture des pommes de terre                                                            | 64 |
| <b>Figure 33</b> | effets des résidus de pommes de terre dans le champ                                                      | 65 |
| <b>Figure 34</b> | L'impact des résidus de pommes de terre sur le champ                                                     | 65 |
| <b>Figure 35</b> | produits de pomme de terre qui ne conviennent pas à la commercialisation                                 | 66 |
| <b>Figure 36</b> | pourcentage de pomme de terre stockée                                                                    | 67 |
| <b>Figure 37</b> | amidon extrait par la méthode 1 (milieu neutre Ph =7)                                                    | 69 |
| <b>Figure 38</b> | amidon extrait par la méthode 2 (milieu basique Ph =13)                                                  | 70 |
| <b>Figure 39</b> | amidon extrait par la méthode 3 (milieu acide Ph =2)                                                     | 70 |
| <b>Figure 40</b> | rendement de l'extraction de l'amidon de pomme de terre Selon les trois méthodes                         | 71 |
| <b>Figure 41</b> | chromatographie de l'amidon extraire par les trois méthodes a (H <sub>2</sub> O), b (NaOH), c (HCL)      | 72 |
| <b>Figure 42</b> | une courbe d'étalonnage à partir de standards de glucose                                                 | 73 |
| <b>Figure 43</b> | bioplastiques obtenus à partir de l'amidon de pomme de terre extraite par les trois méthodes             | 74 |
| <b>Figure 44</b> | rendement de fabrication de bioplastique à partir de l'amidon de pomme de terre Selon les trois méthodes | 75 |
| <b>Figure 45</b> | L'isolation en milieu liquide                                                                            | 77 |
| <b>Figure 46</b> | L'isolation en milieu solide                                                                             | 77 |
| <b>Figure 47</b> | densité de la pièce en bioplastique obtenue                                                              | 78 |
| <b>Figure 48</b> | Image radiographique de la pièce de bioplastique obtenue                                                 | 80 |
| <b>Figure 49</b> | Spectres FTIR du bioplastique obtenu par différentes féculs de pomme de terre                            | 81 |
| <b>Figure 50</b> | Spectres de réflectance et de transmission UV-visible de différents bioplastiques                        | 82 |
| <b>Figure 51</b> | Micrographies MEB de BIOP (H <sub>2</sub> O) à grossissement (×100) (×200) (×500) (×1,00)                | 83 |

|                  |                                                                                 |    |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure 52</b> | (Micrographies MEB de BIOP(Naoh) à grossissement (×100) (× 200) (× 500) (×1,00) | 83 |
| <b>Figure 53</b> | Micrographies MEB de BIOP (HCL) à grossissement (×100) (× 200) (× 500) (×1,00)  | 83 |
| <b>Figure 54</b> | oligo-éléments issus de l'analyse EDX de BIOP (h2o)                             | 84 |
| <b>Figure 55</b> | oligo-éléments issus de l'analyse EDX de BIOP (NaOh)                            | 84 |
| <b>Figure 56</b> | oligo-éléments issus de l'analyse EDX de BIOP (HCL)                             | 84 |

## Liste de tableau

| N°                | Titre                                                                                                                                                   | Page |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Tableau 1</b>  | Cycle biologique de pomme de terre                                                                                                                      | 7    |
| <b>Tableau 2</b>  | Critères de classification du tubercule                                                                                                                 | 15   |
| <b>Tableau 3</b>  | Températures mensuelles maximales (M), minimales (m) et moyennes $[(M + m)/2]$ en (°C) pour les années allant de 2022 et 2023 de la région du OUED SOUF | 42   |
| <b>Tableau 4</b>  | Précipitations (mm) enregistrées durant les années 2022 et 2023 dans la région du OUED SOUF                                                             | 43   |
| <b>Tableau 5</b>  | Moyennes des vitesses du vent (m/s) durant les années 2022 et 2023 dans la région du OUED SOUF                                                          | 44   |
| <b>Tableau 6</b>  | Le protocole de l'extraction de l'amidon de pomme de terre                                                                                              | 48   |
| <b>Tableau 7</b>  | l'évolution de la production de pomme de terre entre (2015 et 2024)                                                                                     | 68   |
| <b>Tableau 8</b>  | Description de l'amidon extraite de pomme de terre                                                                                                      | 70   |
| <b>Tableau 9</b>  | Le rendement de l'extraction de l'amidon de pomme de terre                                                                                              | 72   |
| <b>Tableau 10</b> | ANOVA du rendement en amidon selon trois méthodes                                                                                                       | 73   |
| <b>Tableau 11</b> | les résultats de chromatographie et la concontration de sucre de glucose dans l'amidon                                                                  | 74   |
| <b>Tableau 12</b> | Les résultats obtenus du nombre de bactéries de la colonie (ucf) et de la dimension de l'amas du bioplastique                                           | 76   |
| <b>Tableau 13</b> | La densité du bioplastique                                                                                                                              | 78   |
| <b>Tableau 14</b> | synthèse des principales caractéristiques du bioplastique obtenu par diffraction des rayons X                                                           | 79   |
| <b>Tableau 15</b> | Coefficient de texture (TChkl), taille des cristallites (Dhkl), contrainte résiduelle ( $\epsilon_{hkl}$ ) et densité de dislocation ( $\delta_{hkl}$ ) | 80   |

|                   |                                                                             |    |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tableau 16</b> | Valeurs moyennes obtenues de D, $\varepsilon$ et $\delta$ des bioplastiques | 81 |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----|

# Liste des abréviations

PA : Polyamides

PE : Polyéthylène

PET : Polyéthylène téréphtalate

PLA : Acide polylactique

PP : Polypropylène PE polyéthylène

PS : Le polystyrène

PSE : Polystyrène expansible PB polystyrène choc

PVC : Polychlorure de vinyle

UCF : nombre de colonies bactériennes

Biop : bioplastique

PEHD : le plastique en polyéthylène haute densité

# Tableau des matières

## Sommaire

|                                                                   |                              |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| <b>REMERCIEMENTS.....</b>                                         | <b>2</b>                     |
| <b>DEDICACE .....</b>                                             | <b>3</b>                     |
| <b>RESUME : .....</b>                                             | <b>4</b>                     |
| <b>LISTE DE FIGURE .....</b>                                      | <b>11</b>                    |
| <b>LISTE DE TABLEAU .....</b>                                     | <b>14</b>                    |
| <b>LISTE DES ABREVIATIONS .....</b>                               | <b>16</b>                    |
| <b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>                                | <b>2</b>                     |
| <b>CHAPITRE I : .....</b>                                         | <b>5</b>                     |
| <b>GENERALITE SUR LA PLANTE D'ETUDE .....</b>                     | <b>5</b>                     |
| CHAPITRE 1 : GENERALITE SUR LA PLANTE D'ETUDE .....               | 6                            |
| 1.1 GENERALITE SUR LA POMME DE TERRE .....                        | 6                            |
| 1.1.1 HISTORIQUE SUR LA PLANTE .....                              | 6                            |
| 1.1.2 CLASSIFICATION .....                                        | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 1.1.3- CYCLE BIOLOGIQUE DE POMME DE TERRE .....                   | 7                            |
| 1.1.4 CYCLE DE REPRODUCTION ET PHYSIOLOGIE DE LA POMME DE TERRE . | 9                            |
| 1.1.5 MORPHOLOGIE DE LA PLANTE .....                              | 10                           |
| 1.1.5.2 PARTIE SOUTERRAINE .....                                  | 13                           |
| 1.2 AMIDONS .....                                                 | 16                           |
| 1.2.1 STRUCTURE CHIMIQUE DE L'AMIDON : .....                      | 16                           |
| 1.2.2 STRUCTURE DE L'AMYLOSE : .....                              | 17                           |
| 1.2.3 STRUCTURE DE L'AMYLOPECTINE .....                           | 17                           |

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 1.2.4 STRUCTURE GRANULAIRE DE L'AMIDON :.....       | 19 |
| 1.2.5 PROPRIETES FONCTIONNELLES DE L'AMIDON : ..... | 19 |

## **CHAPITRE II : PLASTIQUES ET BIOPLASTIQUE .....22**

|                                                     |                                     |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 2.1 GENERALITE SUR LE PLASTIQUE .....               | 22                                  |
| 2.2 DIFFERENTS TYPES DE PLASTIQUE .....             | 23                                  |
| 2.2.1 PLASTIQUE NATUREL.....                        | 23                                  |
| 2.2.2 PLASTIQUE SYNTHETIQUE .....                   | 23                                  |
| 2.2.3 PLASTIQUE ARTIFICIEL .....                    | 23                                  |
| 2. 3 IMPACTE DE PLASTIQUE .....                     | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b> |
| 2.3.1 SUR L'HUMAIN .....                            | 23                                  |
| 2.3.2 SUR L'ENVIRONNEMENT .....                     | 23                                  |
| 2.4 DECHETS PLASTIQUES .....                        | 24                                  |
| 2.4.1 PLASTIQUE ET L'ENVIRONNEMENT EN ALGERIE ..... | 24                                  |
| 2.4.2 PLASTIQUES SONT NON DEGRADABLES .....         | 25                                  |
| 2.5 GENERALITE SUR LE BIOPLASTIQUE.....             | 25                                  |
| 2.5.1 HISTORIQUE ET DEFINITION .....                | 25                                  |
| 2.5.2 BIODEGRADABILITE .....                        | 26                                  |
| 2.5.3 DIFFERENTS TYPES DE BIOPLASTIQUES. ....       | 28                                  |

## **CHAPITRE I : MATERIELLES ET METHODES.....37**

|                                                          |                                     |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.1 PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE.....               | 37                                  |
| 1.1.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION D'ETUDE .....  | 37                                  |
| 1.1.2 FACTEURS ECOLOGIQUES DE LA REGION D'ETUDE .....    | 38                                  |
| 2. SUR LE PLAN DE MATERIELLE : .....                     | 44                                  |
| 2.1 AMIDON .....                                         | 44                                  |
| 2.2 GLYCEROL.....                                        | 45                                  |
| 2.3 ACIDE CITRIQUE (HCL). ....                           | 45                                  |
| 2.4 NAOH .....                                           | 45                                  |
| 3. EQUIPEMENT DE LABORATOIRE .....                       | 45                                  |
| 4. METHODE DE TRAVAIL :.....                             | 46                                  |
| 4-1 EXTRACTION DE L'AMIDON DE POMME DE TERRE : .....     | 46                                  |
| 4 .2 FABRICATION DE BIOPLASTIQUE .....                   | 47                                  |
| 4.2.1 PROTOCOLE.....                                     | 47                                  |
| 4.2.2OBSERVATION VISUELLE DE BIOPLASTIQUE...<br>DEFINED. | <b>ERROR! BOOKMARK NOT</b>          |
| 5. CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUE .....                     | 47                                  |
| 5.1. BIODEGRADABILITE .....                              | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b> |

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.2 CARACTERISATION PHYSICO- CHIMIQUE .....                                           | 48 |
| 5.2.1 DETERMINATION DES MONOSACCHARIDES CONSTRUCTIFS DE<br>L'AMIDON PAR (HPLC).....   | 48 |
| 5.2.2 HYDROLYSE ACIDE DES LIAISONS GLYCOSURIQUES .....                                | 48 |
| 5.2.3 DENSITE .....                                                                   |    |
| 5.2.4 DIFFRACTION DES RAYONS X .....                                                  | 49 |
| 5.2.5 ANALYSE DE FTIR (SPECTROSCOPIE INFRAROUGE A TRANSFORMEE<br>DE FOURIER) .....    | 50 |
| 5.2.6 ANALYSE D'UV-VISIBLE (PROPRIETES OPTIQUES) .....                                | 51 |
| 5.2.7 MICROSCOPIE ELECTRONIQUE A BALAYAGE COUPLEE A UNE SONDE<br>EDX (MEB- EDX) ..... | 51 |

## **1. LES RESULTATS : .....53**

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1.ETUDE STATISTIQUE DE LA PRODUCTION DE POMME DE TERRE .....                   | 53 |
| 1.2 EVOLUTION DE PRODUCTION DE POMME DE TERRE DANS LA REGION DE<br>LOUED.....    | 65 |
| 1.3 EXTRACTION DE L'AMIDON.....                                                  | 66 |
| 1 4 RENDEMENT DE L'EXTRACTION DE L'AMIDON.....                                   | 69 |
| 2.. ANALYSE STATISTIQUE.....                                                     | 69 |
| OBSERVATION VISUELLE DE BIOPLASTIQUE .....                                       | 73 |
| 3.. ANALYSE BIOLOGIQUE DES BIOPLASTIQUES .....                                   | 74 |
| 3 1 TASTE DE BIODEGRADATION .....                                                | 74 |
| 4.. ANALYSE PHYSICO- CHIMIQUE DES BIOPLASTIQUES .....                            | 77 |
| 4.1 LA DENSITE .....                                                             | 77 |
| 4.2 DIFFRACTION DES RAYONS X .....                                               | 77 |
| 4.3. ANALYSE DE FTIR (SPECTROSCOPIE INFRAROUGE A TRANSFORMEE DE<br>FOURIER)..... | 80 |
| 4.4. ANALYSE D'UV-VISIBLE (PROPRIETES OPTIQUES).....                             | 81 |
| 4.5 MICROSCOPE ELECTRONIQUE A BALAYAGE (MEB- EDX).....                           | 81 |

## **2. DISCUSSIONS .....84**

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 ETUDE DE L'EVOLUTION DE LA PRODUCTION DE POMMES DE TERRE .....                                                                  | 84 |
| 2.2 RENDEMENT DE L'EXTRACTION E L'AMIDON DE POMME DE TERRE ET LA<br>FABRICATION DES BIOPLASTIQUES A PARTIR LES TROIS METHODES ..... | 85 |
| 2.3 BIODEGRADATION DES BIOPLASTIQUES.....                                                                                           | 87 |
| 2.3 .1 EN MILIEU LIQUIDE.....                                                                                                       | 88 |
| 2.3 .2 EN MILIEU SOLIDE .....                                                                                                       | 88 |
| 2.4 CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES .....                                                                                        | 89 |

|                                                             |                              |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 2.4.1 DENSITE .....                                         | 89                           |
| 2.4.2 FTIR .....                                            | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 2. 4.3 DIFFRACTION DES RAYONS X (DRX) .....                 | 91                           |
| 2.4.4 ANALYSE D'UV-VISIBLE (PROPRIETES OPTIQUES) .....      | 92                           |
| 2.4.5 MICROSCOPE ELECTRONIQUE A BALAYAGE (MEB) ET EDX ..... | 92                           |

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| <u>CONCLUSION.....</u> | <u>96</u> |
|------------------------|-----------|

|                     |            |
|---------------------|------------|
| <u>ANNEXE .....</u> | <u>101</u> |
|---------------------|------------|

|                                         |            |
|-----------------------------------------|------------|
| <u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE .....</u> | <u>106</u> |
|-----------------------------------------|------------|

# INTRODUCTION

## Introduction générale

L'augmentation alarmante de l'accumulation de plastique à base de dérivés pétrolier dans le monde, tel que 12 % des déchets solides urbains sont des matières plastiques (Kaza & Bhada-Tata, 2018). Plus de 6 milliards de tonnes de déchets plastiques ont été générés entre 1950 et 2015, dont seulement 9 % ont été recyclés (Geyer, et al., 2017)

Plusieurs problèmes environnementaux contribuent à sa forte résistance aux intempéries chimiques (Goren, et al., 2018). De plus, le plastique peut mettre plus de 500 ans à se décomposer (Kundu et Payal, 2021). Comme par exemple le plastique en polyéthylène haute densité (PEHD) peut mettre plus de 1 000 ans à se dégrader (Rowe et al. 2009.) Cette pollution due aux déchets plastiques menace l'eau, le sol et l'air (Edge, et al. 1991)

Nous avons trouvé des solutions alternatives et plus pratiques pour protéger notre environnement, notamment la biodiversité et les écosystèmes. Les bioplastiques fabriqués à partir des sources biologiques biodégradables et renouvelables peuvent remplacer les plastiques traditionnels. Actuellement, les bioplastiques représentent 5 à 10 % du marché du plastique en Europe. Des pays comme la France, l'Angleterre, l'Italie, l'Allemagne et les Pays-Bas sont les plus gros utilisateurs, avec un taux combiné de 50 000 tonnes (Gonzalez-Gutierrez, et al. 2010 ; Kundu et Payal, 2021).

Il existe deux types de bioplastiques, le plus connu, l'un des deux produit à base de polylactide-acide (PLA) (Onen Cinar, et al. 2020 ; Tran, et al. 2020 et Rondeau-Mouro, 2018).

L'autre bioplastique produit à partir de Polyhydroxyl-Kanoat (PHA), de nombreuses méthodes utilisaient différents amidons pour la fabrication du bioplastique (Kundu & Payal, 2021 ; Niu, et al., 2021) ont utilisé l'amidon de pomme de terre, (Anugrahwidya, et al., 2021 ; Chakraborty, et al., 2022) ont utilisé de l'amidon réticulé à l'acide citrique, (Yang, et al., 2023) est utilisé de l'amidon de manioc.

Les bioplastiques fabriqués à partir de l'amidon de pomme de terre attirent de plus en plus l'attention car la pomme de terre est l'une des plantes les plus cultivées au monde,

après le riz, le blé et le maïs. Leur teneur élevée en amidon les rend adaptés aux applications agro-industrielles et alimentaires. De plus, ce polysaccharide peut être facilement mélangé avec divers plastifiants et de l'eau (Edge et al., 1991). Notre région d'étude est l'OUED SOUF, qui émerge rapidement comme zone de production de pommes de terre. La superficie plantée pendant la saison principale est passée de 6 600 hectares à 12 000 hectares en 2012, produisant 504 000 tonnes. Diverses variétés de pommes de terre sont cultivées dans cette région, notamment Kondor, Spunta, Bartina, et finition.

Cette étude a comparé les méthodes de traitements pour extraire l'amidon de pomme de terre par l'utilisation des différents milieux de trempage. Neutres, alcalins et acides. Et montre cette comparaison quantitative et qualitative par le test de l'HPLC aussi fait des analyses pour définir les propriétés mécaniques, structurales, optiques et biologiques des bioplastiques obtenus. Nous avons défini la densité des bioplastiques et examiné leur composition chimique à l'aide d'une analyse par diffraction des rayons X (DRX), d'une analyse infrarouge par transformée de Fourier (FTIR) et d'une spectrophotométrie UV-visible, a été utilisé le microscope électronique à balayage (SEM-Evo15 ZEISS) plus la composition chimique par EDX pour étudier la morphologie de la surface des bioplastiques

L'étude a évalué la biodégradabilité des bioplastiques en utilisant des milieux liquides et solides avec des bactéries cultivées. L'étude visait à déterminer l'efficacité et la sécurité du processus de dégradation dans divers environnements, minimisant ainsi leur impact environnemental. Cette enquête a été menée dans des conditions de laboratoire de température et humidité bien contrôlées

PARTIE I :

ETUDE

BIBLIOGRAPHIQUE

# **CHAPITRE I :**

# **GÉNÉRALITÉ**

# **SUR LA PLANTE**

# **D'ÉTUDE**

## Chapitre 1 : Généralité sur la plante d'étude

L'étude de la plante utiliser dans notre travail qui est la pomme de terre, est basée essentiellement sur la morphologie générale, la composition chimique, et l'importance économique à l'échelle mondiale et nationale.

La pomme de terre c'est le quatrième plante cultiver dans le monde après (riz – blé – maïs) (Dreyer, 2017), grâce à son large utilisation dans le domaine de l'industrie alimentaire, et sa grande valeur énergétique, et le plus important que on peut utiliser la pomme de terre comme une source renouvelable du bio polymère la plus utiliser après la cellulose dans le monde (Douches & Jastrzebski, 1993).

### 1.1 Généralité sur la pomme de terre

Les pommes de terre sont une excellente source de glucides complexes (principalement de l'amidon), qui fournissent de l'énergie. Elles sont également riches en vitamine C, en vitamines du groupe B (notamment B6), et contiennent des minéraux comme le potassium, le fer et le magnésium. Elles sont faibles en graisses et en protéines, mais ces dernières, bien qu'en faible quantité, sont d'excellente qualité (Douches & Jastrzebski, 1993).

#### 1.1.1 Historique sur la plante

La pomme de terre (*Solanum tuberosum*) est originaire des régions montagneuses des Andes, en Amérique du Sud. Elle était cultivée par les civilisations anciennes, notamment les Incas, bien avant l'arrivée des Européens. Les Incas la considéraient comme un aliment sacré et l'intégraient dans leur alimentation quotidienne, cultivée dans les terrasses agricoles des montagnes.

#### 1.1.2 Classification

C'est une plante vivace de la famille Solanacées de genre (*solanum tuberosum*) qui regroupe environ 2000 espèces et plus de 200 sont tubéreuses c'est une plante herbacées, annelle, engendre à partir le règne taxon suivant : Selon (Boumlik, 1995)

- Règne..... Végétale.
- Embranchement : .....Angiosperme.
- Classe.....Dicotylédones.

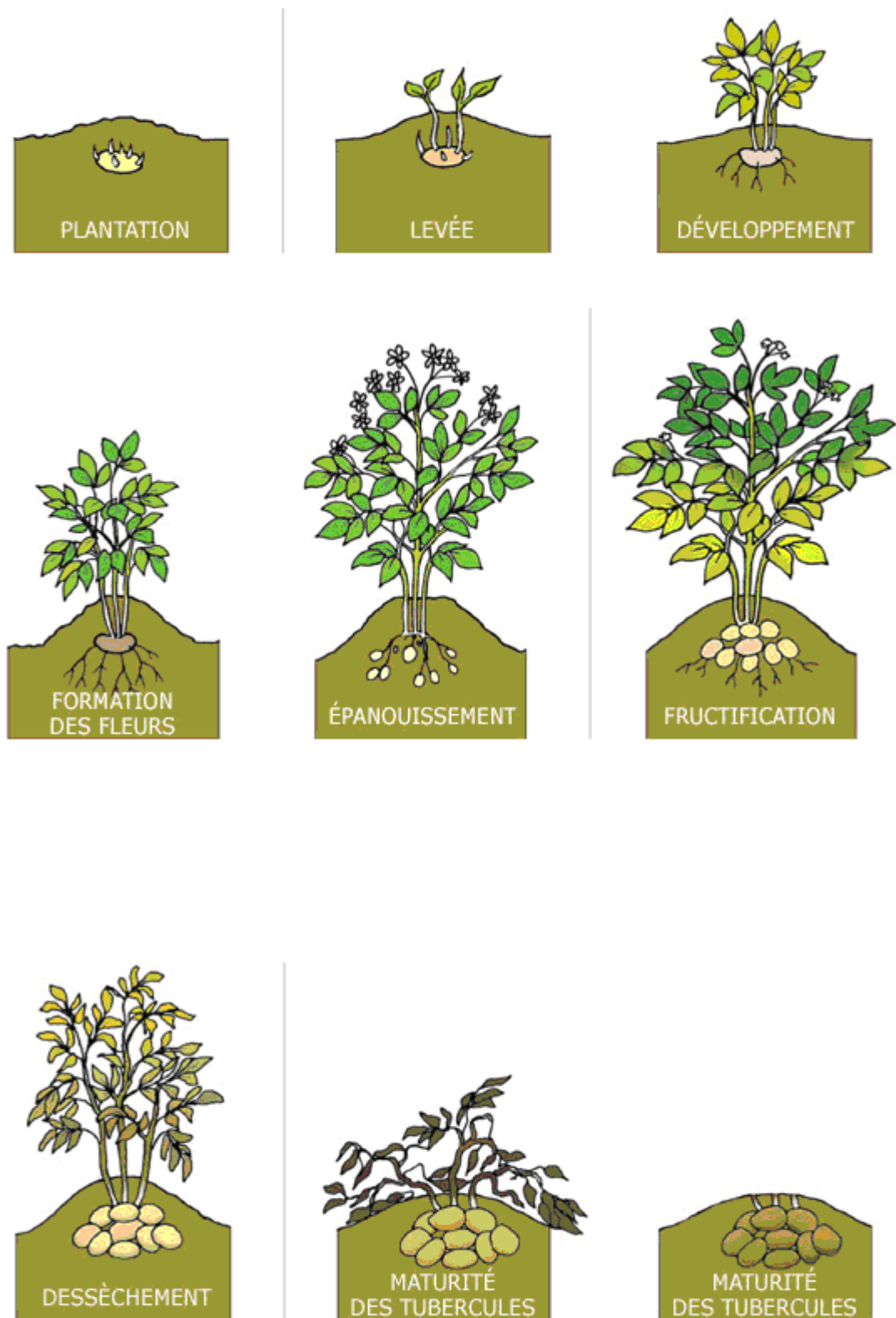
- Sous classe : .....*Gamopétales*.
- Ordre : .....*Polémoniales*.
- Famille..... *Solanacées*.
- Genre .....*Solanum*.
- Espèce : .....*Solanum tuberosum L*

### 1.1.3- Cycle biologique de pomme de terre

Le cycle biologique de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) est composé de plusieurs étapes, allant de la plantation du tubercule jusqu'à la récolte des pommes de terre. Ce cycle dure généralement entre 90 à 150 jours, selon les conditions climatiques et le type de culture. Voici les principales phases du cycle biologique de la pomme de terre :

**Tableau1.** Le cycle biologique de pomme de terre

| les différentes phases                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>La phase de repos végétatif</b>               | Cette période est varier selon l'espèce botanique, (Perennec & Madec, 1980) elle est caractériser par la dormance des tubercules, qui ne germe pas même si les conditions sont favorables                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>La phase des germes</b>                       | C'est la phase de forte croissent caractériser par la teneur maximal de l'amidon (Reust & Escher, 1979) , elle débute par la germination des bougent, jusqu'à l'apparition des feuilles de couleur jaun                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>La phase de développement et tubérisation</b> | Cette phase est caractérisée par la formation des stoles, dans la partie souterraine, on a remarqué un grossissement et différenciation des tubercules, et au niveau de la partie arienne on a remarqué une croissance des tiges et des feuilles<br><br><b>Remarque :</b> l'osques la température est élever avec longue temps d'ensoleillement la pomme de terre devient plus rapide que possible (Reust & Escher, 1979) |



**Figure .1:** Cycle biologique de la pomme de terre.(Boufares, 2012)

On remarque que les germes courts, début de l'apparition des premières feuilles et des plusieurs tiges, le développement de nombre des feuilles et les racines, la longueur maximum des fleurs deviennent (25- 50 cm), les feuillages commencent avec des tiges violettes et blanches jaunies, c'est le temps de récolte de pomme de terre en remarquant que les feuillages et les tiges dessèchent progressivement et les tubercules atteignent leur taille maximum. Les tubercules sont encore adaptés à la conservation (pomme de terre nouvelles), les feuillages et les tiges, complètement desséchés qui peuvent alors être conservés pour l'hiver, les tubercules peuvent rester en terre jusqu'aux premières gelées. Leur peau se cicatrise progressivement elle s'épaissit les tubercules.

#### **1.1.4 Cycle de reproduction et physiologie de la pomme de terre**

##### **1.1.4.1 Cycle sexué**

Le fruit est une baie sphérique ou ovoïde de 1 à 3 cm de diamètre, il contient plusieurs dizaines de graines qui sont l'outil de création variétale. La germination est épigée et les cotylédons sont portés au-dessus du sol par le développement de l'hypocotyle. Quand la jeune plante atteint quelques centimètres de hauteur, les stolons commencent à se développer d'abord au niveau des cotylédons puis aux aisselles situées au-dessus du sol et s'enfoncent dans le sol pour donner des tubercules à la présence des conditions favorables.

##### **1.1.4.2 Cycle végétatif :**

Le cycle de la pomme de terre comprend trois étapes et se fait par le tubercule qui sert à la multiplication végétative et se déroule en trois étapes :

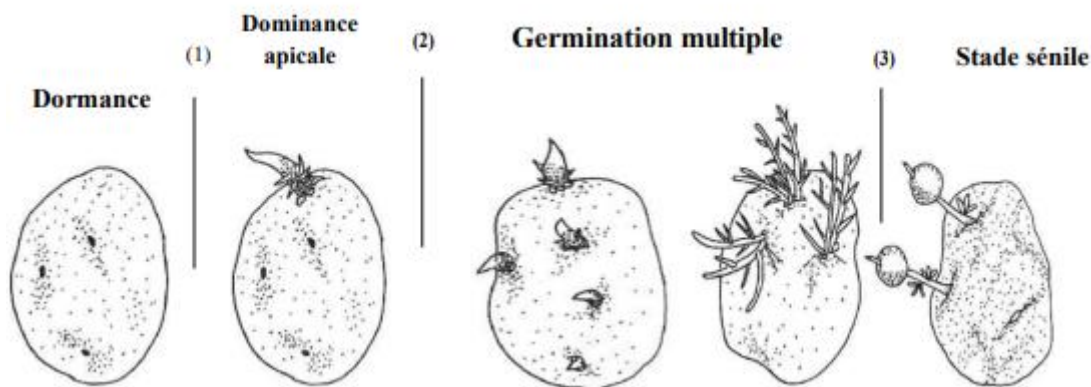
- ❖ La dormance
- ❖ La germination
- ❖ La tubérisation

**Dormance :** Durant cette période, le tubercule est dans un état de repos végétatif pendant lequel son aspect extérieur ne se modifie pas. Le tubercule ne germe pas même s'il est mis en conditions favorables. Ensuite, il va se réveiller en émettant des germes, c'est la « GERMINATION » (Vanderhofstadt & Jouan, 2007) La durée de la dormance est une caractéristique variétale, mais elle est également directement liée aux conditions de conservation ; dont la température est un facteur dominant. Les durées de dormance des variétés utilisées en Afrique de l'Ouest conservées entre 30 et 35°C varient de 70 à 100 jours. A titre d'exemple, si ces mêmes variétés sont stockées au frais entre 12 à 15 °C, le

réveil peut demander plus de 6 mois. Les tubercules stockés entre 4° et 6° voient leur cycle de développement pratiquement stoppé (Vanderhofstadt & Jouan, 2007)

**Germination** : Le tubercule est placé dans des conditions favorables (16-20°C, 60-80% d'humidité relative) Instantanément après la fin de son repos végétatif, il commence à germer. Les tubercules deviennent capables d'émettre des bourgeons d'après une évolution physiologique interne, ce qui conduit à un seul germe qui se développe lentement et issu du bourgeon terminal qui inhibe les autres bourgeons c'est la dominance apicale (Kechid, 2005) . Puis un petit nombre de germes à croissance rapide se développent. Ensuite un nombre de plus en plus élevé de germes démarrent, traduisant la perte de la dominance apicale. Ils s'allongent lentement, se ramifient, deviennent filiformes et finalement tubérisés.

. **Tubérisation** : Le cycle de végétation normal se déroulant sous des conditions de milieu qui n'apportent pas de perturbation dans le développement de la plante, les germes du plant mis en terre se transforment en croissant au-dessus du sol en tiges feuillées. Les bourgeons axillaires aériens donnent des rameaux, les bourgeons souterrains et des stolons.

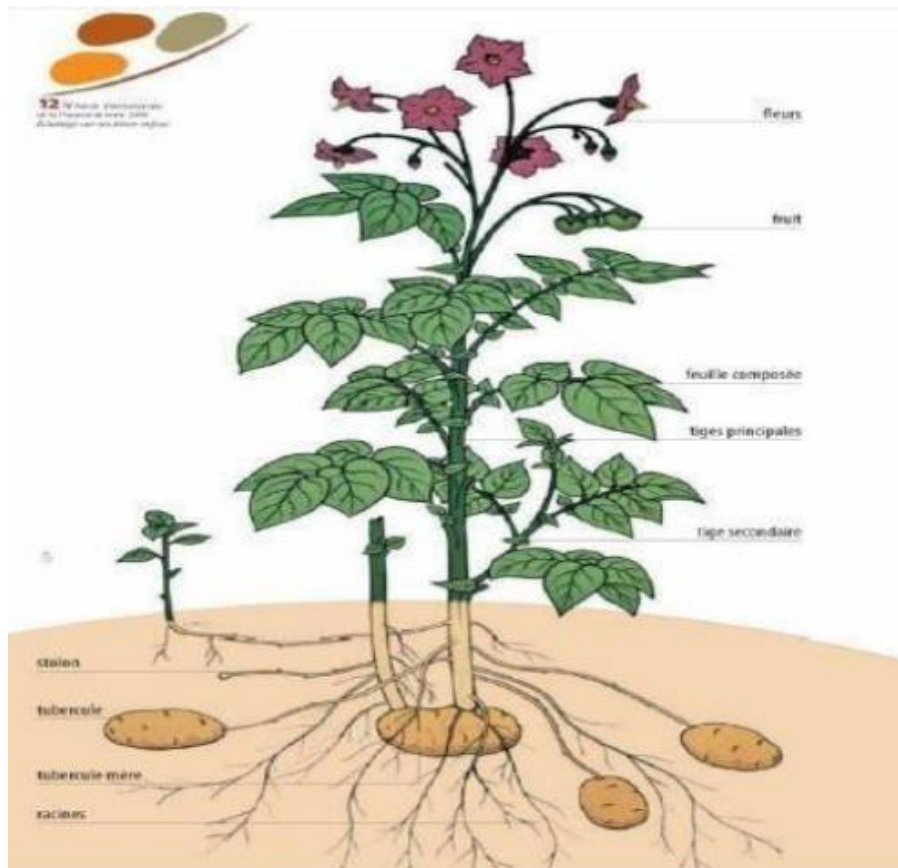


**Figure.2:** Cycle de reproduction et physiologie de la pomme de terre (Kechid, 2005)

- (1) : formation du tubercule sur la plante-mère.
- (2) : déclenchement de la germination du tubercule.
- (3) : initiation des tubercules-fils.

### 1.1.5 Morphologie de la plante

La pomme de terre est une espèce herbacée, vivace par ses tubercules, cultivée en culture annuelle le plus souvent



**Figure 3 :** Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre.(Polese, 2006)

#### 1.1.5.1 Partie aérienne :

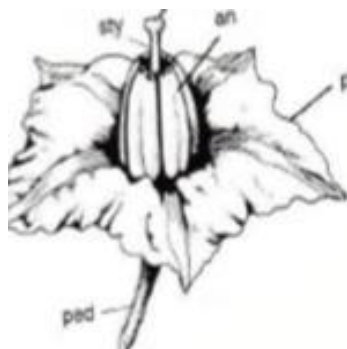
La pomme de terre c'est une plante dicotylédones contient une tige, feuille et des fleurs gamopétales (Dreyer, 2017)

##### 1.1.5.1.1 Tiges

La pomme de terre contient plusieurs tiges principales et latérale, herbacées, elles sont plus au moins dressées, elles portent des feuilles alterne en position spirale

##### 1.1.5.1.2 Feuilles :

Sont alternées de types composés constituées d'importants nombres de folioles (7 à 15 folioles). La pomme de terre possède des fleurs dont la couleur varie du blanc au violet selon les variétés, parfois les deux couleurs se trouvent sur la même fleur. Ces fleurs, comme toutes les plantes de la famille des Solanacées, Elles ont 5 pétales (soudés, formant une corolle quasi circulaire ou au contraire très échancrée suivant les variétés), 5 sépales (soudés) et 5 étamines.

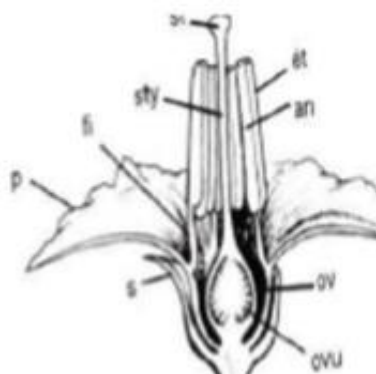


s: sépale p: pétale st : stigmat sty : style ét : étamine ov : ovule an : anthère

**Figure.4** Caractéristiques morphologiques de la Feuilles de pomme de terre (Polese, 2006)

#### 1.1.5.1.3 Fleure

Elles sont de couleur et formes varies selon la structure génétique et l'espèce botanique (Sadonne, 1998), elles peuvent être violettes, bleutées et rouge violacé. Elles sont autogames et ne produise pas de nectar (Boufares, 2012)



**Figure5:** Les caractéristiques morphologiques du fleur de pomme de terre (Polese, 2006)

Les fleurs sont autogames : les organes femelles sont fécondés par les organes mâles de la même fleur. Ne possédant pas de nectar, elles ne sont pas visitées par les insectes pollinisateurs, et la fécondation croisée est donc quasi inexistante. De plus, la stérilité mâle est fréquente.

#### 1.1.5.1.4 Fruits :

Sont des tubercules contient des graines petites et plates, elles sont sphériques, contiens une quantité de solanine, et un alcaloïde toxique (Boufares, 2012; Kechid, 2005)



**Figure 6:** Les caractéristiques morphologiques du fruit de pomme de terre (Polese, 2006)

### 1.1.5.2 Partie souterraine

Cette partie porte les racines et les tubercules.

#### 1.1.5.2.1 Les racines

Sont fines, nombreuses elles peuvent pénétrer dans le sol à grande profondeur, elles sont courtes et contiennent des entrenœuds, et portent des yeux comme des bourgeons, qui se développent pour donner les germes, et les nouvelles tiges aériennes.

Les tiges souterraines : elles sont courtes à leurs extrémités portent les tubercules qui donnent à la pomme de terre sa valeur alimentaire (Boufares, 2012).

#### 1.1.5.2.2 Tubercules

elles sont classées selon la variété botanique, on peut considérer comme organe de conservation (Boufares, 2012; Kechid, 2005),

Le tubercule c'est une tige souterraine, elle contient des entrenœuds épais et courts, elles ont des extrémités présentent :

- talon (hile) : relie avec la plante mère par le stolon
- les couronnes : sont des bourgeons terminaux
- les yeux : elles sont fréquentes, se situent à la surface des tubercules ou bien sur le calice sont déposées en spirale (Kechid, 2005).

A partir d'une coupe longitudinale d'un tubercule on a remarqué :

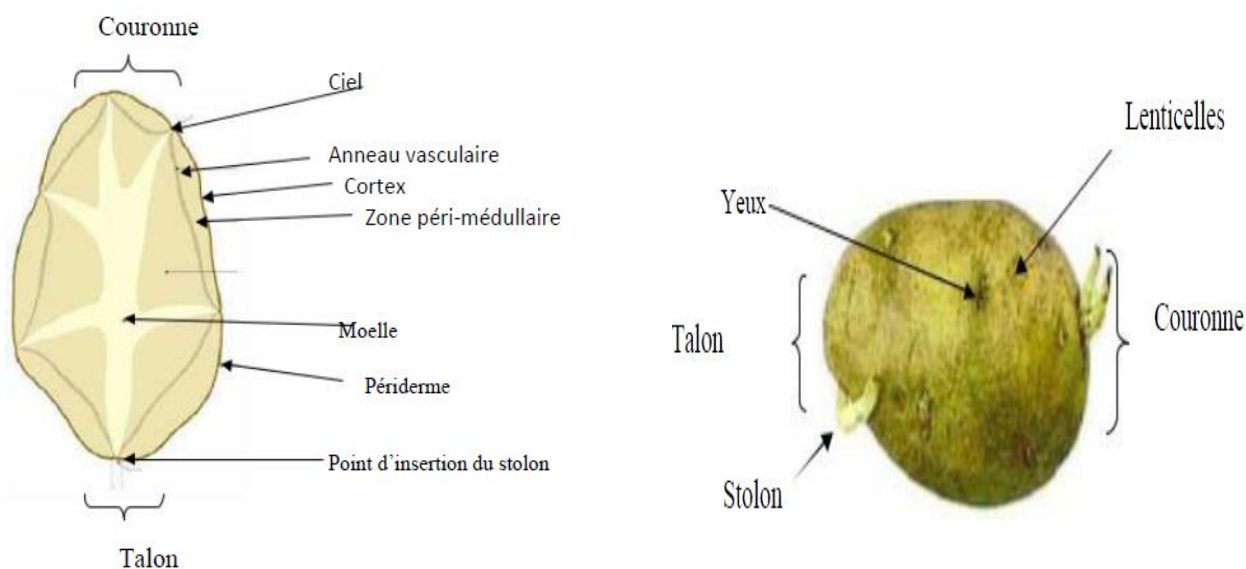
Le périoderme : c'est la peau de tubercule la plus externe, elle est fermée, et imperméable, son rôle est la protection du tubercule contre les pertes d'eau, et les micro-organismes.

#### Les lenticelles :

Assurent les échanges respiratoires vers les deux sens (externe et interne)

**Le cortex :** elle est juste à côté de la zone péri-médullaire, considérer comme le plus gros grain d'amidon

**La moelle :** le grain d'amidon le plus petite



**Figure 7 :** Description morphologique du tubercule de la pomme de terre (Boufares, 2012)

**Tableau.2** Les critères de classification du tubercule

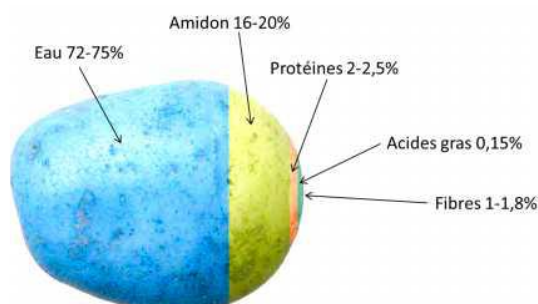
|                   |                                                                                                                                          |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>La forme</b>   | - <b>Les arrondis</b> : qui sont bosselés, destinées à la production de la féculé.                                                       |
|                   | <b>Les claviformes</b> : sont plus ou moins de forme de rein.                                                                            |
|                   | <b>Les oblongs</b> : de forme allongée.                                                                                                  |
| <b>La couleur</b> | - <b>La couleur de la peau</b> ; généralement les tubercules sont de couleur de peau jaune, mais peut être rouge, noire, brune ou rosée  |
|                   | - <b>La couleur de la chair</b> ; selon les variétés en peau trouver les couleurs blanche, jaune plus ou moins foncée, rose ou violette. |



**Figure 8.** Les différents types de tubercule de pomme de terre

### 1.1.6 Composition chimique du tubercule :

Le tubercule de pomme de terre contient environ 75 d'eau, et environ 16 à 20 d'amidon et des sucres (saccharose, glucose, fructose), et 2.2 des protéines et des acides gras et organiques (citrique, ascorbique) et (0.1) des fibres des vitamines (C et B) et des sels minéraux ((K, P, Ca, Mg) (Yahiaoui & Sidi Said, 2017)



**Figure 9** Composition chimique du tubercule de pomme de terre (U.S. National Nutrient Data base).

### 1.1.7 Variétés de la pomme de terre :

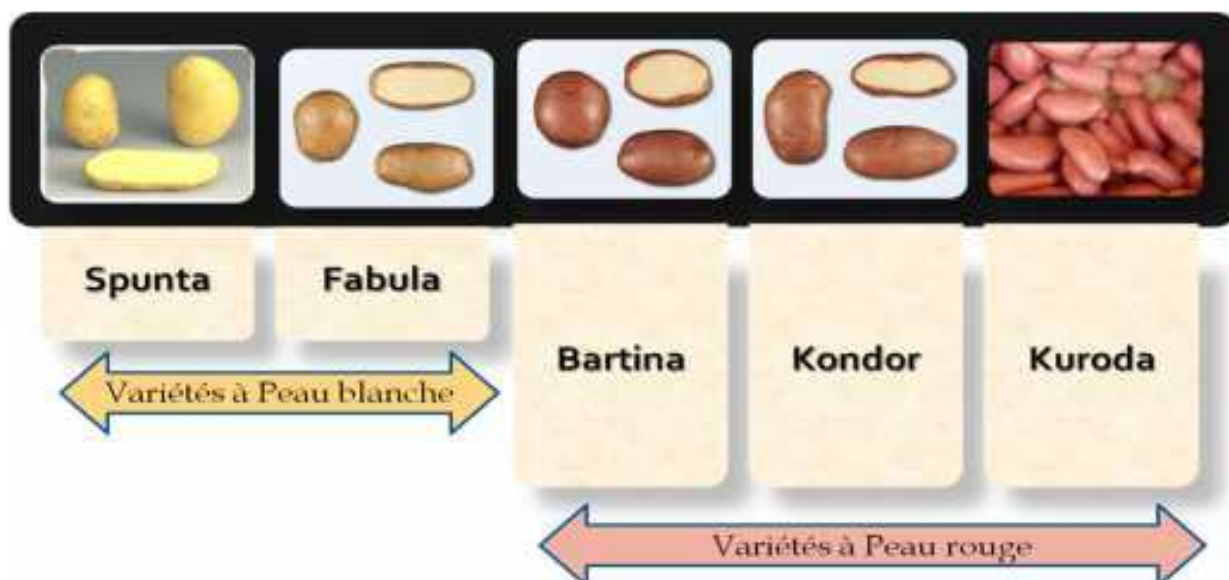
Les pommes de terre cultivées dans le monde entier appartiennent à la même espèce botanique, *Solanum tuberosum*, il existe des milliers de variétés, qui sont très différentes selon leur taille, leur forme, leur couleur, leur usage culinaire et leur goût (Diouf, Kleider, Desrues, & Ribeyron, 2009)

**En Algérie :** en Algérie plusieurs variétés de pomme de terre cultivée et adoptée à l'usage alimentaire, parmi ces variétés 120 sont inscrites au catalogue algérien, cette inscription est obligatoire pour évaluer et contrôler les capacités d'utilisations de la pomme de terre, et leurs maladies, leur comportement par le service national de contrôle et certification de semence CNCC.

Dans notre étude, les échantillons présente sont les cinq variétés les plus cultiver en Algérie exactement dans la zone de notre étude à le sud-ouest (Souf) : d'après la DSA (2015).

Les variétés de pomme de terre de la peau rouge : kondor, bartina, kuroda

Les variétés de pomme de terre du peu blanc : fabula, spunta



**Figure 10.** Les variétés cultivées dans la wilaya d'El-Oued

## 1.2 Amidons

L'amidon c'est un bio polymère de la formule brut  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , tel que le n devient entre 100 ET 2000, c'est le majeur polysaccaride la plus utilisé après le cellulose dans le monde alimentaire grâce à sa valeur énergétique, sa structure macro moléculaire, et son caractère fonctionnel hydro-collodiée.

Chez les plantes supérieures, et quelque algue, l'amidon c'est une réserve résulte à la synthèse chlorophyllienne, et le stocké dans les plastes (leuco plaste ou amyloplaste), et on peut le trouver dans les grains d'amidon dans les plus part des plantes.

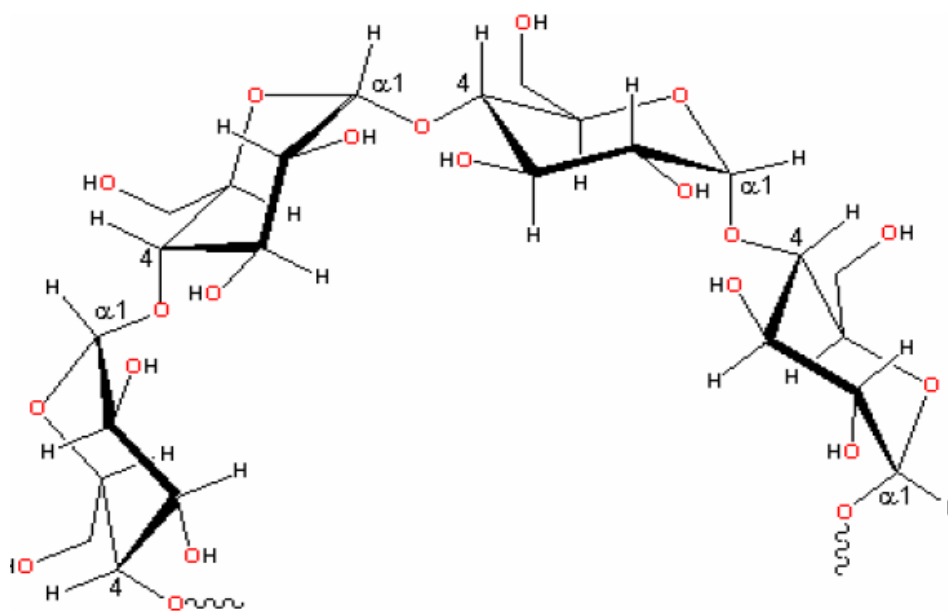
### 1.2.1 Structure chimique de l'amidon :

L'amidon c'est un homopolymère de D-glucose, la position des groupements hydroxyles est équatorial, on a trouvé (95 – 96 %) des d-glucose sont lier par la liaison  $\alpha$ -(1,4) et les restes par liaison  $\alpha$ -(1,6), ces polymères constituer essentiellement par deux polymères différents, l'amylose qui représente une structure linière, et l'amylopectines qui représente une structure ramifie.

### 1.2.2 Structure de l'amylose :

L'amylose c'est un polymère constitué par 500 à 6000 de moyenne des unités D-glucoses liées entre elles par la liaison de types  $\alpha$ -(1-4), réparties en (1 à 20) chaînes de DP de 500 de moyenne.

L'amylose contient ( $10^5$  -  $10^6$  l) de masse moléculaire de l'amidon, ces valeurs dépendent de l'origine botanique, et des conditions d'extraction.



**Figure 11.** La structure chimique de l'amylose (Goren, Ashlock, & Tetlow, 2018)

### 1.2.3 Structure de l'amylopectine

L'amylopectine c'est polymère majeure de l'amidon représente (70 – 80%), dans la structure génotypique normale l'amylopectine constituée par des unités de D-glucose reliées entre elles par des liaisons de type  $\alpha$ -(1,4) et de type  $\alpha$ -(1,6) qui représente 5 à 6% ces derniers représentent la ramification qui banchent sur  $-CH_2OH$ .

L'amylopectine constituée par des chaînes courtes avec DP de moyen (15 à 20), reliées entre elles par des chaînes plus longues avec de DP de moyen (40 à 45) des fois jusqu'à 60, dépendent les variétés spécifiques et les conditions physiologiques au cours de la biosynthèse, l'amylopectine représente  $10^7$  -  $10^8$  de la masse moléculaire totale de l'amidon.

Une grappe d'amylopectine compose par 3 types des chaines classées selon leur degré d'embranchement et sa longueur (Peat, Whelan, & Thomas, 1956)

### Chaines de type A :

Sont les chaines les plus externe et les plus courte à un DP de 15 de moyen maximum, elles ne contiennent pas un point de branchement donc c'est lui qui représente les liens entre les autres grappes.

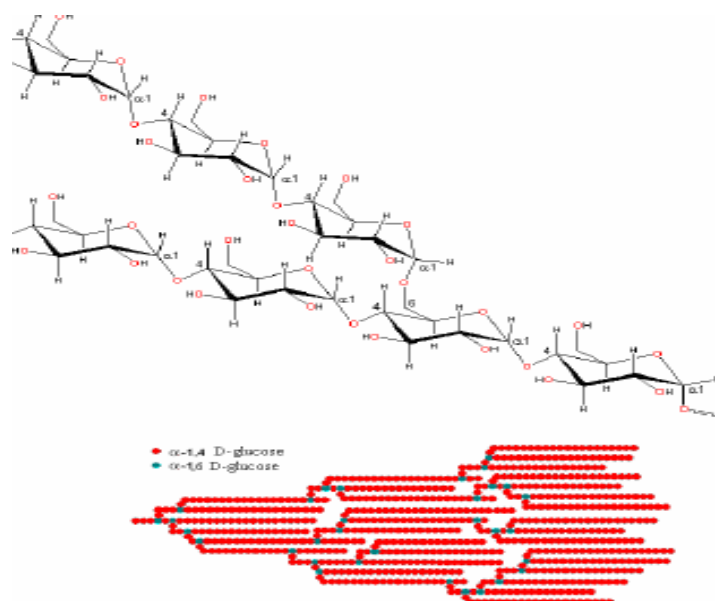
### Chaines de types B :

Sont des chaines contient des sous chaines B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, ont des DP de 10 de moyen

### Chaines de types C :

Chaque molécule d'amylopectine contient une seule chaine de type C qui à une extrémité

L'amylose et l'amylopectine sont les constituants de les plus part d'un grain d'amidon et ses valeurs varier selon l'origine d'amidon, mais on a trouvé des autres composant à l'intérieure ou extérieure des grains comme les lipides, les protéines, les sels minéraux, leur teneur varies selon les conditions de biosynthèse et l'origine botanique de l'amidon par exemple les lipides dans les céréales (blés 0,8 à 1,2) et chez (maïs 0,6 à 0,8



**Figure 12.** Structure chimique d'amylopectine (Goren et al., 2018)

#### 1.2.4 Structure granulaire de l'amidon :

Les molécules d'amylose et d'amylopectine sont disposent dans une entité granulaire à l'état natif, dans une taille de (1-100  $\mu\text{m}$ ) pour donne une morphologie polyédrique, lenticulaire ou bien sphérique selon la structure génotypique ou l'origine botanique

#### 1.2.5 Propriétés fonctionnelles de l'amidon :

La teneur d'eau et de la température peut modifier la structure d'amidon qui ce on appelle un traitement hydro thermique par exemple cuisson, extrusion, empesage.

Pour détermine les critères de transformation d'un amidon à l'état natifs il faut connaitre bien sa structure moléculaire primaire, la longueur des chaine, branchements et la température de la fusion et aussi les transitions qui dépend toujours à la teneur en eau et certain plastifions (glycérol, xylol...etc.).

L'amidon est insoluble dans l'eau, à température ambiante, l'humidité relative de l'air affecte sa cristallinité, qui peut être évaluée par la perméabilité du grain à l'eau (phénomène de sorption), mais à des températures plus élevées, le grain d'amidon subit plusieurs transitions de phase, dont l'empesage à une température supérieure à environ 60 °C. Finalement, lorsque l'amidon revient à température ambiante, il subit une gélification par rétrogradation

##### 1.2.5.1 Phénomène de glutination

Le processus de gélatinisation correspond au passage d'un état cinétiquement métastable à un état instable, ce qui provoque une réorganisation des chaînes d'amidon On est défini par le gonflement irréversible et la solubilisation du grain d'amidon en présence de plus de 70% d'eau, et lorsqu'il chauffés jusqu'à 60°C.

Les grains d'amidon perdent leur cristallinité et leur croix de polarisation par la rupture des liaisons d'hydrogène ce qui est premièrement l'absorption d'eau et deuxièmes la lixiviation des composants de masse moléculaire très faible (amylose, matières intermédiaire) (Wertz, 2011).

##### 1.2.5.2 Phénomène d'empesages :

Permet la destruction granulaire et les structures cristalline sont transformés, cette phase en dépeint à la structure génotypique et l'espèce botanique (maïs, riz, pomme de terre ...etc.).

#### **1.2.5.3 Phénomène de rétrogradation :**

C'est la réorganisation des molécules d'amyloses et d'amylopectine à température ambiante après traitement thermique à température  $\geq 100^{\circ}\text{C}$  avec présence d'eau en excès, l'amidon qui a subi à la gélatinisation se réarrange pour atteindre un état de stabilité énergétique supérieur, tel que. L'amylose recristallise plus rapidement que l'amylopectine. La température de fusion dans une région riche en amylose sera d'environ  $120^{\circ}\text{C}$ , tandis qu'elle ne sera que de  $45^{\circ}\text{C}$  dans une région riche en amylopectin (Monnet, 2008).

# CHAPITRE II :

# PLASTIQUES ET

# BIOPLASTIQUES

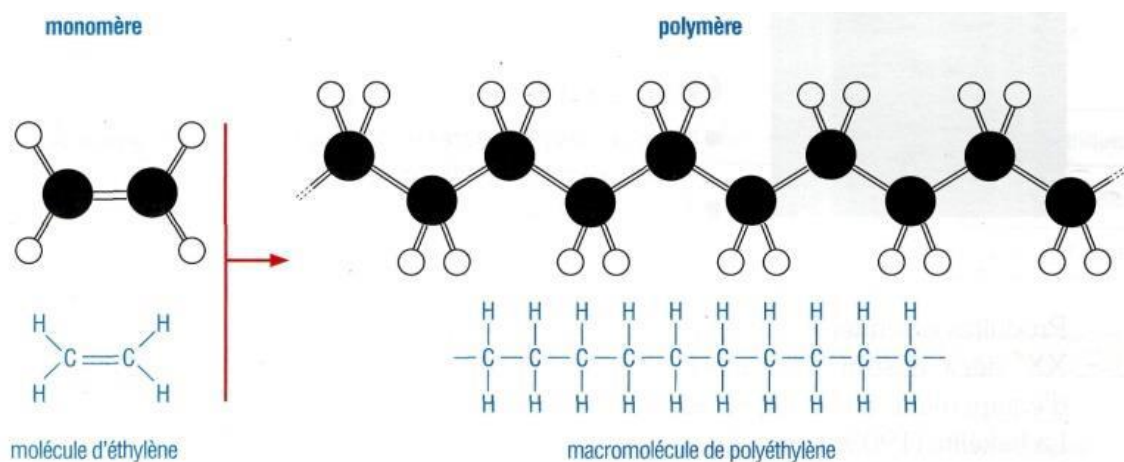
## Chapitre II : Plastiques et bioplastique

Les matériaux plastiques et les bioplastiques sont principalement classés en fonction de leur biodégradabilité, de leur composition et de leurs impacts sur l'environnement.

### 2.1 Généralité sur le plastique

Le plastique est devenu des matériaux de fabrication courants qui trouve des applications dans une variété d'industries, de l'emballage , à la production de jouets, des sacs d'épicerie aux couverts en plastique, des pailles à la 3D tuyères de fusée imprimées (Brydson, 1999),(Gervet, 2007),(Atiwesh, Mikhael, Parrish, Banoub, & Le, 2021), Chimiquement, les plastiques ont un poids moléculaire élevé, composent par des polymères en poids comprenant généralement entre 1 000 et 10 000 unités répétitives monomères (Kuhn, Sémeril, Matt, Chetcuti, & Lutz, 2007). À base de pétrole conventionnel

Les plastiques synthétiques sont produits par des d'étapes, dont le premier est la distillation du pétrole brut dans une raffinerie de pétrole. Ce processus sépare et fractionne le pétrole brut lourd en groupes de pétrole plus léger composants, appelés segments. Chaque segment est un mélange de chaînes d'hydrocarbures polymères, qui diffèrent en termes de taille et de structure. Une de ces fractions, le naphta, est le composant crucial nécessaire pour générer des monomères tels que l'éthylène, le propylène et le styrène pour produire des plastiques.



**Figure .13** La structure chimique de plastique et élastomères (Camire, Kubow, & Donnelly, 2009)

## **2.2 Les différents types de plastique**

### **2.2.1 Plastique naturel**

Le plastique naturel, est produit à partir des réserves naturelles, comme les celluloses qui sont des polymères naturels que l'on trouve abondamment dans les arbres, l'herbe, le chanvre, le coton et le lin.

### **2.2.2 Plastique synthétique**

Les plastiques synthétiques constituent des dérivés pétroliers et des gaz naturels, et les thermodurcissables, ou les thermoplastiques, qui se ramollissent sous l'effet de la chaleur et durcissent en refroidissant, permettant ainsi plusieurs transformations,

### **2.2.3 Plastique artificiel**

Plastique artificiel sont des plastiques naturels soumis à un traitement par les humains pour produire du plastique à partir des matières premières, comme le cellulose, l'acétate de cellulose et la cellulose dérivée de la caséine de lait. Toutefois, en raison de leur inflammabilité excessive et de leur mauvaise tenue au vieillissement, ces plastiques sont très peu utilisés de nos jours.

### **2.3.1 Sur l'humain**

Des études ont prouvé que les produits chimiques présents dans les plastiques comportent un risque significatif pour la santé endocrinienne, perturbant les fonctions essentielles de libération de certaines hormones par exemple provoque les Cancers par l'altération des gènes des tissus corporels, (Hamada, Mohammed, & Dia-Eddine, 2023) ce qui peut stimuler la croissance et la multiplication des cellules cancéreuses, fait des complications pondons la grossesse tel que le plastique provoque les fausses couches, et les naissances prématurées et la diminution de la fertilité et du poids du bébé après la naissance, des études montrent que même de petites quantités de bisphénol A présentes dans les plastiques peuvent présenter un risque de malformation chez l'enfant et dysfonction chez l'homme (Guerou & Habri, 2020)

### **2.3.2 Sur l'environnement**

La consommation abusive des plastiques provoque des problèmes environnementaux puisque entravent le développement des plantes par le blocage de la lumière du soleil et l'air nécessaires, leur croissance, donc altérant l'esthétique de l'environnement, ainsi la dissémination des sacs plastiques dans les zones rurales et les pâturages et les habitats naturels ont des impacts négatifs sur la faune car l'ingestion des fragments de plastique

entraînant des obstructions du tube digestif ou du système respiratoire, notamment des poumons et des bronche et causes aussi l'altération des productivité des animaux

Sur le sol, la présence de plus de 5 % de plastique dans les sites 'enfouissement rend le sol inutilisable aussi l'augmenté certains produits chimiques toxiques utilisés dans la fabrication de polyéthylène se dessouder dans les sous-sol qui provoque la pollution des nappe phréatiques (Hamada et al., 2023) au fil des années, notamment parce qu'ils sont légers, résistants et relativement peu coûteux, et durable. L'industrie du plastique génère environ 300 millions de tonnes de plastique par an, qui sont utilisées une seule fois et jetées ensuite utilisez (Müller, Townsend, & Matschullat, 2012) Les déchets plastiques rejetés, en raison de leur durabilité et de leur faible dégradabilité de ces polymères, peut prendre des centaines, voire des milliers d'années, pour se décompose (Müller et al., 2012). De plus, sur la quantité totale de plastiques produite, seulement 9 % sont recyclés, tandis qu'environ 8 % sont incinérés et le résidu mis en décharge (Curia et al., 2019).

## **2.4 Déchets plastiques**

Les différentes formes principales de pollution générées par les matières plastiques sont des rejets vers l'atmosphère et l'eau, et des déchets solides issus par-dessus tout de déchets industriels, agricoles, et ménagers. Il est tout à fait clair que la quantité de déchets générée ne peut être que très importante du fait d'une consommation gigantesque et évolutive comme indiqué, par des chiffres, plus haut. La plus grande masse de déchets provient du secteur industriel et est formés essentiellement par des déchets de production de matériaux tels que le PE, PP, PS, PET, et PVC provenant de lots de matières correspondants à des arrêts de réacteurs de polymérisation, (Andrady, 2015) des purges de réacteurs ou des lots déclassés; et des déchets de transformation tels que des carottes, bordures de thermoformage, pièces avec défaut, ou chutes de démarrage et d'arrêts de machines. Les déchets de post consommation ont une contribution polluante moins importante que les précédents; cette catégorie englobe des déchets agricoles, de distribution et commerciaux, du bâtiment et travaux publiques, et des véhicules et transport (Bellahcene, 2009) .

### **2.4.1 Plastique et l'environnement en ALGERIE**

La consommation plastique en Algérie, environ 15 Kg par habitant et par an, est relativement faible par rapport aux pays industrialisés. Récemment, il y a eu une prise de conscience, de sensibilisation et promotion de l'environnement à travers la création de

programmes de gestion de déchets : Programme National de Gestion des Déchets Ménagers (PROGDEM), le développement très timide d'industrie de recyclage (ANSEJ), et des projets de dé-plastiquage à travers la création de PME spécialisées dans la récupération et le recyclage. La quasi-totalité des cinq milliards de sachets polluent la nature à cause d'une collecte très médiocre (Bellahcene, 2009) .

#### **2.4.2 Plastiques sont non dégradables**

La production de plastiques synthétiques, notamment non dégradables , prennent des décennies ou des siècles pour s'effondrer (Kim et al., 2023). non biodégradabilité de certains plastiques suggère que leur structure chimique  $[(-CH_2-)_n]$  (Camire et al., 2009), ne peut pas être correctement modifié par des micro-organismes naturels, elle libère de l'eau, du dioxyde de carbone ou du méthane au cours de dégradation (Babu, O'connor, & Seeram, 2013). En attendant, « biodégradable »

Études sur la décomposition biologique des plastiques par divers micro-organismes dans différentes conditions environnementales ont révélé que ces conditions de décomposition sont régies par les conditions physiques et caractéristiques chimiques du type de plastique mis au rebut, telles que la mobilité, structure cristalline, poids moléculaire, groupes fonctionnels, etc. (Muthukumar & Veerappapillai, 2015) . Haut poids moléculaire, degré élevé de cristallinité, hydrophobie élevée en tant que résultat de la linéarité du squelette de la chaîne carbonée polymère, et général l'insolubilité dans l'eau sont quelques-uns des facteurs qui réduisent généralement la dégradabilité des plastiques (Ghatge, Yang, Ahn, & Hur, 2020; Muthukumar & Veerappapillai, 2015; Urbanek, Rymowicz, & Mironczuk, 2018). En effet, ce sont les propriétés qui fabriquent les plastiques à base de pétrole polyéthylène et polypropylène non dégradables.

### **2.5 Généralité sur le bioplastique**

#### **2.5.1 Historique et définition**

Le terme bioplastique a été utilisé entre 1990 et 2005 pour définir les plastiques ayant la capacité de se biodégrader. On nomme un polymère biodégradable celui qui sera capable de se dégrader entièrement par des microorganismes (bactéries, champignons ou micro algues). Lors d'une activité biologique, par les enzymes sécrétées par les microorganismes. Pour définir le bioplastique est un type de plastique fabriqué à partir de

matières premières renouvelables telles que l'amidon de maïs, la cellulose, les huiles végétales, les déchets agricoles ou les algues.

L'accumulation des plastiques synthétiques causée des problèmes environnementaux qui ouvert la voie à la recherche des solutions, qui sont à la fois fonctionnellement similaires aux plastiques synthétiques et respectueuses de notre environnement. Ils sont présentés comme de nouveaux matériaux prometteurs pour résoudre ces problèmes, comme les bioplastiques qui sont un terme utilisé pour désigner les produits en plastique qui sont biodégradables, tels que PCL ou bien PBS ou peut ou non être dégradable mais sont produits à partir de matériaux biologiques ou de matières premières renouvelables, comme l'amidon, la cellulose, les huiles végétales et les graisses végétales (Tokiwa, Calabria, Ugwu, & Aiba, 2009), (Babu et al., 2013). Comme n'importe quel autre matériau polymère, la dérivabilité des bioplastiques est également un facteur de leur composition, de leur degré de cristallinité et des facteurs environnementaux. Conduisant à des délais de dégradation allant de plusieurs jours à plusieurs années.

Pour ces raisons, le développement de bioplastiques biodégradables a attiré l'attention ces dernières années (Babu et al., 2013), (Bhandari & Gupta, 2018), (Mariya, Usman, Mathew, & Aa, 2020), (Lambert & Wagner, 2017) .

Selon le mécanisme de dégradation, il existe deux grands types de bioplastiques biodégradables, nommément oxo-biodégradables et hydro-biodégradables (Iwata, 2015) .

### 2.5.2 Biodégradabilité

La biodégradabilité des plastiques est définie selon la norme ASTM D6400. Un plastique biodégradable. Se dit d'un plastique dégradable dont la dégradation résulte de l'action des microorganismes naturellement présents dans le milieu tels que les bactéries, les mycètes ou les algues, les résidus de la biodégradation sont du gaz carbonique, de l'eau, des composés inorganiques et de la biomasse (da Luz, Paes, Nunes, da Silva, & Kasuya, 2013)

Les plastiques oxo-biodégradables sont constitués de polymères à base de pétrole mélangés à un additif pro-dégradant qui catalyse le processus de dégradation du plastique, (N. L. Thomas, Clarke, McLauchlin, & Patrick, 2012). L'additif est un métal le sel (sels de manganèse ou de fer), qui favorise la dégradation abiotique du processus du

plastique oxo biodégradable en présence d'oxygène, (da Luz et al., 2013), (Siracusa, Rocculi, Romani, & Dalla Rosa, 2008) .

Les plastiques hydro-biodégradables se décomposent hydrolyriquement à un rythme plus rapide que les plastiques oxo-dégradables. Ces plastiques peuvent être convertis en engrais de synthèse. Les exemples incluent de ces produits bioplastiques à partir de sources végétales (telles que l'amidon) et d'acide polylactique (PLA) (da Luz et al., 2013).

### MATRICE DES BIOPLASTIQUE

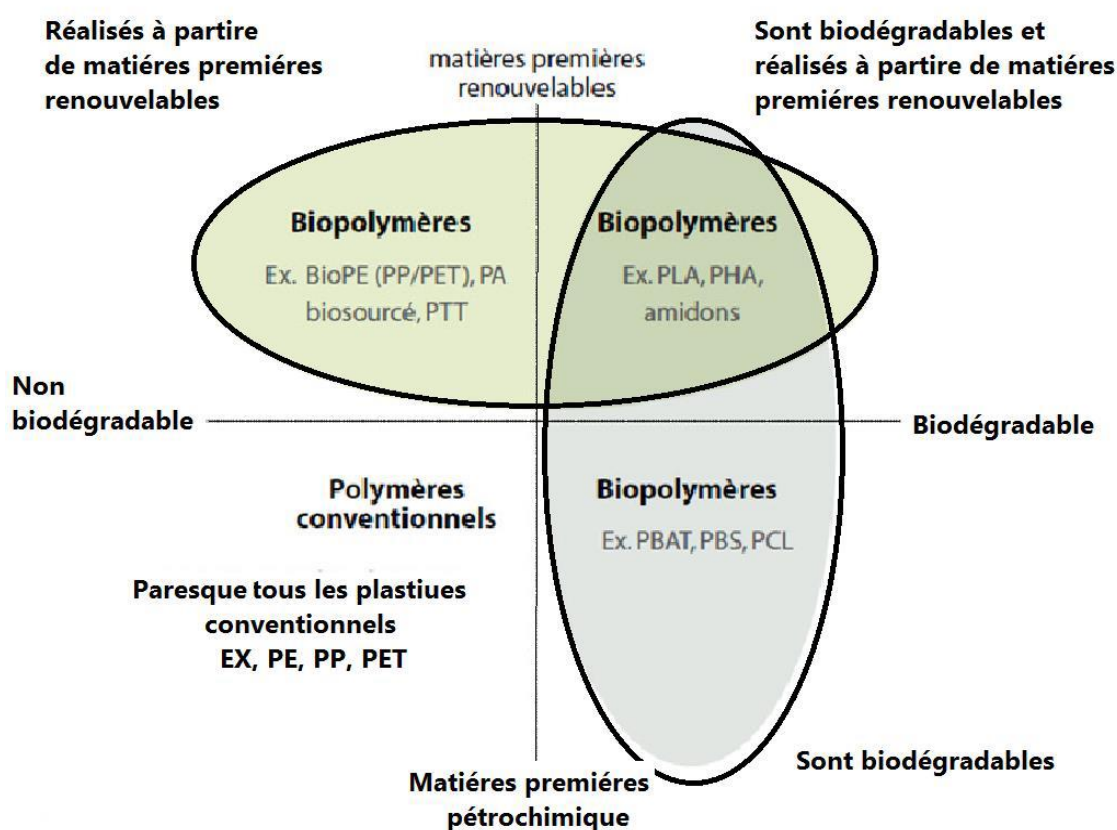


Figure 14 : Matrice des bioplastiques (Lapointe, 2012)

#### 2.5.3 Classification des bioplastiques

La classification par procédé de fabrication est définie comme suit afin de présenter et expliquer les différents types de bioplastiques (Lapointe, 2012)

- Groupe 1 : Les bioplastiques naturels issus directement de la biomasse ;
- Groupe 2 : Les bioplastiques issus des microorganismes par fermentation microbienne ;
- Groupe 3 : Les bioplastiques obtenus par synthèse à partir de monomères renouvelables
- Groupe 4 : Les bioplastiques pétrochimiques biodégradables.

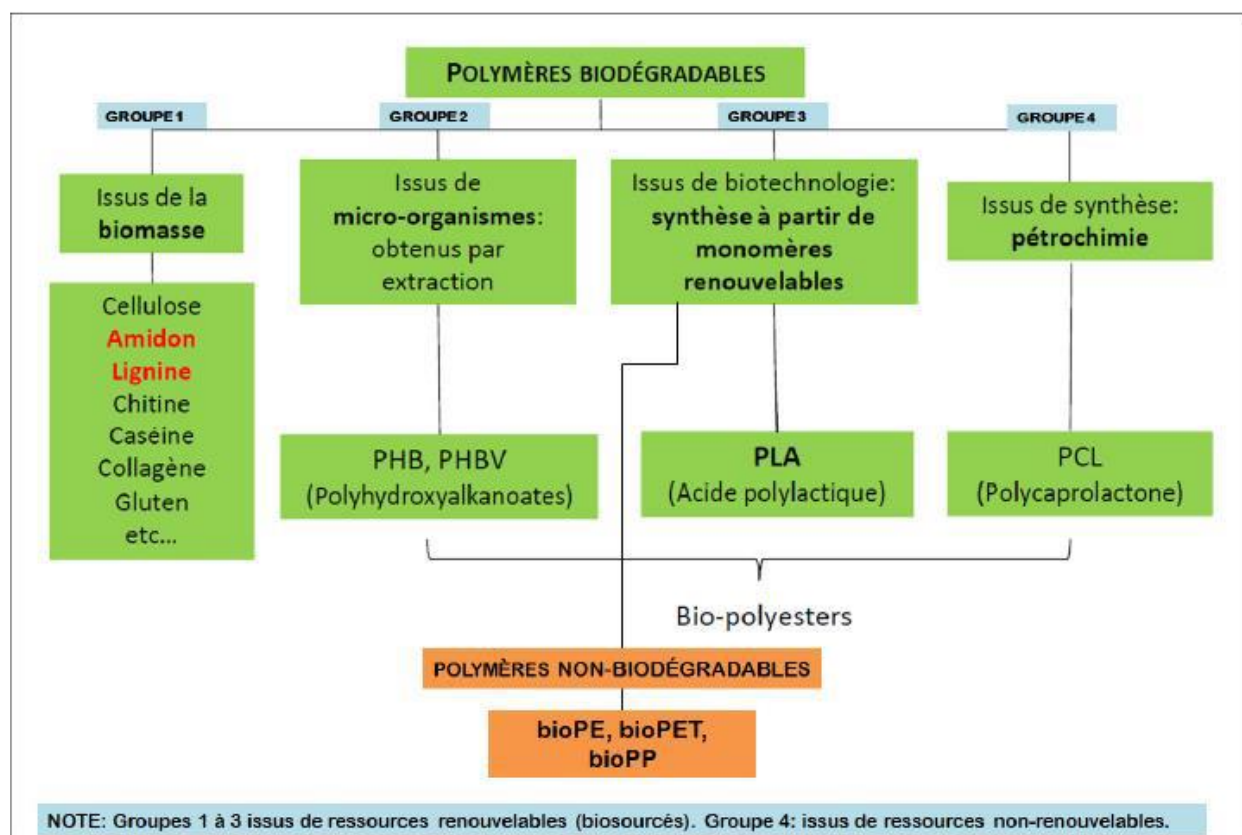


Figure 15 : Classification de polymères biodégradables (Lapointe, 2012)

## 2.5.4 Différents types de bioplastiques.

### 2.5.4.1 Polyhydroxyalkanoates

Les polyhydroxyalcanoates (PHA) sont des plastiques d'origine biologique alcanoïques (Pratt et al., 2019). La structure chimique générale du PHA est présentée dans Figure 16. Les PHA sont des polyesters non toxiques biocompatibles, biodégradables et synthétisés par certaines bactéries et plantes issues de sources renouvelables (Pratt et al., 2019). En particulier, le PHA peut être produit à partir du méthane libéré par matière première dans les installations de traitement des eaux usées, les décharges, les installations de compostage, et les transformateurs alimentaires.

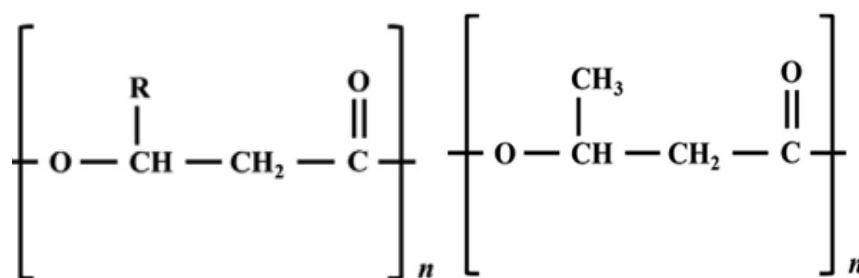


Figure 16 : La structure chimique de PHA et PHB (Balaji, Gopi, & Muthuvelan, 2013)

Le PHB aussi c'est un PHA largement utilisé, produit par divers micro-organismes. (Comme *Cupriavidus nectar*, *Méthyllobacterium rhodesianum* ou *Bacillus megaterium*) à partir du méthane (Kuruppalil, 2011), (Razza, Fieschi, Degli Innocenti, & Bastioli, 2009), (Poirier, Dennis, Klomparens, & Somerville, 1992)

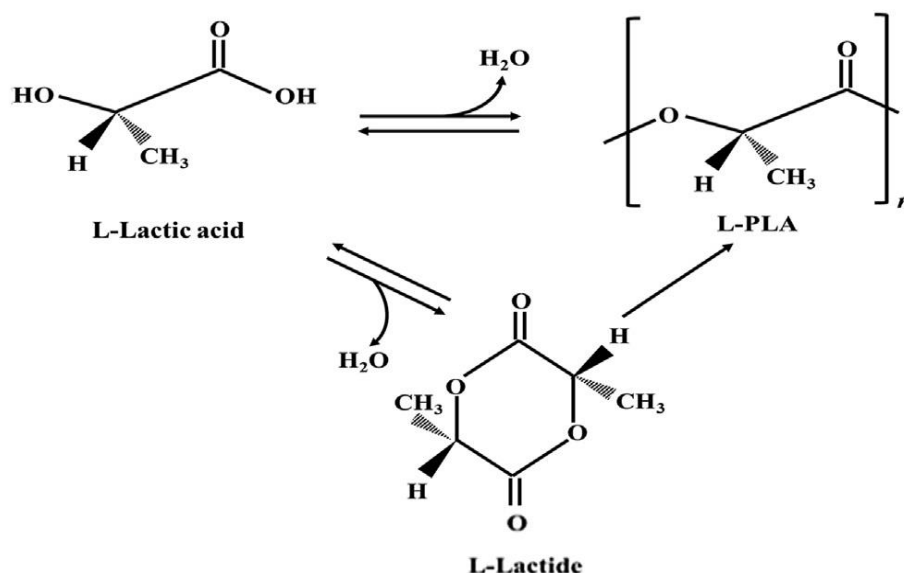
Les bioplastiques PHB sont thermoplastiques d'origine fossile biodégradables, ce qui en fait un produit alternative respectueuse de l'environnement (Woodford, 2020), (Bohlmann, 2005). Le PHB sont transformable par fusion peut être formé en utilisant des thermoplastiques semi-cristallins produit à partir de la fermentation de glucides renouvelables matière première (Doyle, Tanner, & Bonfield, 1991).

Les applications courantes du PHB comprennent les articles de vaisselle jetables, revêtement de rétention des sols, emballage des déchets et matériel d'emballage. PHB trouve également des applications dans le domaine du génie biomédical où il peut être filés dans des sutures chirurgicales et utilisés comme systèmes d'administration de médicaments (Muniyandi, Punamalai, Sachithanantham, Chardrasekaran, & Kamaraj, 2020).

#### 2.5.4.2 Acide polylactique PLA

L'acide polylactique (PLA) est un polyester aliphatique thermoplastique obtenu en polymérisant l'acide lactique issu de ressources renouvelables, comme l'amidon de maïs, pomme de terre, les racines de tapioca, la canne à sucre (Sin, 2012). Le PLA est utilisé principalement dans l'industrie alimentaire pour préparer des articles jetables comme gobelets, couverts, plateaux, assiettes alimentaires, récipients et emballages alimentaires pour les produits alimentaires sensibles. Cependant, les bioplastiques PLA sont trop fragiles et ne peut pas être utilisé pour d'autres procédés de fabrication d'emballages. C'est Pour ça pour cette raison que le PLA a besoin d'additifs pour le rendre plus durable (Nagarajan, Mohanty, & Misra, 2016) . Notamment le PLA est le thermoplastique le plus biodégradable, se dégradant généralement par hydrolyse (Elsawy, Kim, Park, & Deep, 2017) Plusieurs qualités commerciales de PLA sont spécialement conçues pour les processus tels que le thermoformage et le moulage par extrusion/injection (Malloy, 2012) . Il peut également être utilisé pour les revêtements de rétention des sols, les films agricoles, les déchets sacs à provisions et utilisation de matériaux d'emballage (Elsawy et

al., 2017) . De plus, le PLA peut être transformé en fibres par filage et utilisé pour fabriquer des tissus, articles en tissu jetables et biodégradables tels que vêtements jetables, produits d'hygiène féminine et couches .(Elsawy et al., 2017; Semprini, Hopkins, Roberts, Grbic-Galic, & McCarty, 1991)



**Figure 17** La structure de Polylactic acid (PLA) hydrolysis.(Zárate-Ramírez, Romero, Bengoechea, Partal, & Guerrero, 2014)

#### 2.5.4.3 Bioplastique produits par les cyanobactéries

Des études montre la production de bioplastiques par des quelque espèce de cyanobactéries fleurissent, telles que *Scytonema*, *geitleri*, *Bharadwaja*, qui utilisent la lumière du soleil pour produire des matières chimiques. par la photosynthèse en cas de stress, conserver les granules intracellulaires de poly- $\beta$ -hydroxybuyrate pendant réserves d'énergie et de carbone à l'intérieur de leurs un :çicellules àoç (Juneja, Ceballos, & Murthy, 2013) .

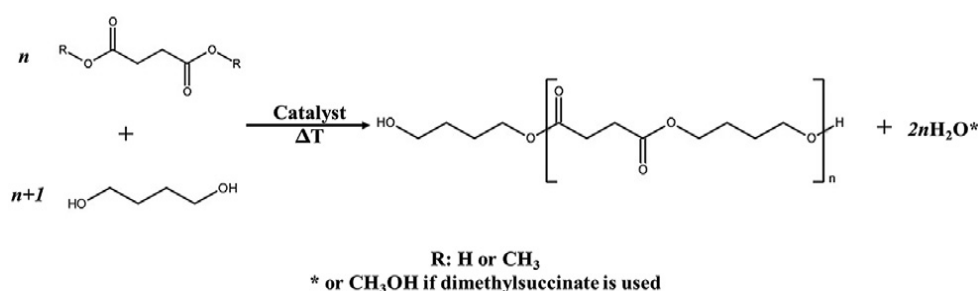
Au lieu de donner du sucre provenant du maïs ou de la canne à sucre ces bactéries productrices des plastiques, des progrès ont été réalisés pour améliorer la cyanobactérie pour produire des plastiques naturellement en utilisant leur glucose auto-synthétisé. Les cyanobactéries peuvent convertir le glucose en l'acétyl-CoA, qui, comme expliqué précédemment, est ensuite converti en acétoacétyl-CoA, suivi du  $\beta$ -hydroxybutyryl-CoA et enfin du PHB (Singh, Rai, Rai, Singh, & Singh, 2019).

Cependant, ont souligné un problème possible avec la production de bioplastique qui consiste à nourrir les bactéries productrices de plastique avec de grandes quantités de sucres obtenus à partir de cultures naturelles et la dégradation des PHB. Depuis la nature des cultures qui utilisées comme nourriture pour les personnes et les animaux, nous risquons de compromettre l'équilibre concurrentiel pour les ressources agricoles limitées (Strong et al., 2016). Comme solution potentielle à ce problème, une étude récente a démontré le développement de cyanobactéries finement adaptées de la souche Spiruline, qui peut constamment produire du sucre et le laisser couler dans l'eau salée environnante, qui contient des bactéries naturelles (Zárate-Ramírez et al., 2014). Ces bactéries se nourrissent généralement du sucre coulé et le convertit pour produire du bioplastique. Cela signifie que les cyanobactéries créent du sucre lors de la photosynthèse, qui est de la nourriture pour les bactéries naturelles qui l'ont transformé en bioplastiques (Zárate-Ramírez et al., 2014). Nouvelles stratégies prometteuses impliquant le génie génétique des cyanobactéries il a également été rapporté qu'ils produisaient de petites chaînes de substrat comme poly (3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalérate) PHBV et poly (3-hydroxybutyrate-co-4-hydroxybutyrate) copolymères PHB 4B et PHBHxù (Ajoutée les références)(Zárate-Ramírez et al., 2014).

#### 2.5.4.4 Bioplastiques de butanediol

Le butanediol (BDO) est un produit chimique industriel utilisé comme solvant et élément constitutif des bioplastiques, des fibres élastiques et des polyuréthanes (Ciardelli, Bertoldo, Bronco, & Passaglia, 2019). BDO contient des groupes hydroxyles terminaux et primaires qui lui permettent d'être utilisé comme agent de réticulation pour la synthèse d'uréthanes thermoplastiques, polyester plastifiants, peintures et revêtements, copolyester thermofusible et adhésifs à base de solvants (Lee & Seo, 2019). Dans les applications de polyuréthane, le 1,4-BDO est principalement utilisé comme composant de polyesters ou comme prolongateur de chaîne. Les bioplastiques formés à partir de BDO sont entièrement biodégradables. Un exemple est le poly (1,4-butylène succinate) (PBS). Le PBS, qui existe généralement, se comporte en tant que thermoplastique semi-cristallin, est synthétisé chimiquement à partir d'acide succinique et 1,4-BDO. Les propriétés mécaniques du PBS sont comparables à celles des produits largement utilisés du polyéthylène haute densité et du polypropylène isotactique (Murariu & Dubois, 2016),

(Peelman et al., 2013), (Gigli et al., 2016). De plus, il est relativement plus rentable que les autres biopolymères. tels que PLA, PBAT et PHB (Murariu & Dubois, 2016; Peelman et al., 2013), (Gigli et al., 2016). A ce titre, il est utilisé pour une variété d'applications telles que les emballages alimentaires jetables, les films de paillis, pots de plantes, produits d'hygiène, filets de pêche et lignes de pêche (Murariu & Dubois, 2016), (Peelman et al., 2013), (Gigli et al., 2016). . Il peut également être utilisé comme « polymère matriciel » ou en combinaison avec d'autres biopolymères tels que le PLA (Murariu & Dubois, 2016), (Peelman et al., 2013), (Gigli et al., 2016). Le monomère clé du PBS, à savoir le 1,4-BDO, est actuellement produit via des matières premières dérivées du pétrole et du gaz naturel (Chung et al., 2015). De plus, il est également possible de synthétiser le 1,4-BDO via des voies biocatalytiques directes à partir de matières premières glucidiques renouvelables (glucose et saccharose) (Chung et al., 2015).



**Figure 18 :** La structure chimique de Poly (1,4-butylene succinate) (PBS). (Zárate-Ramírez et al., 2014)

#### 2.5.4.5 Bioplastiques à base de mycélium fongique

Évocatif, une société basée à New York, a utilisé du mycélium - végétatif extensions fongiques qui donnent naissance à des champignons - pour rendre des matériaux plastiques pour l'emballage et les carrelages biodégradables (Antunes et al., 2020; Stamets, 2005). Mycélium est composé de polysaccharides, de chitine, de protéines et de lipides, qui ensemble, ils confèrent des propriétés mécaniques adéquates à ce biomatériau pour être utilisé dans une gamme d'applications industrielles. Le mycélium producteur de champignons fournit un biomatériau fibreux qui peut être combiné avec des sous-produits agricoles (comme la peau des graines et la tige de maïs) pour fabriquer des matériaux

composites à usage industriel (Antunes et al., 2020; Stamets, 2005)(Haneef et al., 2017; Miles & Chang, 2004) .

#### **2.5.4.6 Bioplastiques provenant de carapaces de crabe et de déchets d'arbres**

Jie Wu (2014) a créé un nouveau bioplastique dérivé de carapaces de crabe et des fibres d'arbres qui peuvent être utilisées comme alternative au plastique flexible emballage utilisé pour conserver les aliments frais (Mishra). Plusieurs couches de chitine de des coquilles de crabe et de la cellulose d'arbres ont été pulvérisées pour former un film flexible semblable au film d'emballage en plastique. Ce nouveau bioplastique a été comparé au polyéthylène téréphtalate (PET), le produit à base de pétrole le plus courant, plastique utilisé comme emballage transparent. L'étude a révélé que ce nouveau emballage pourrait être plus efficace et plus sûr pour contenir des liquides et des aliments (Niaounakis, 2019; Srinivasa & Tharanathan, 2007). Comparé aux plastiques PET issus de combustibles fossiles, le nouveau bioplastique a montré une réduction de 73 % de la perméabilité à l'oxygène, permettant aux aliments de rester frais plus longtemps (Satam et al., 2018) .

#### **2.5.4.7 Bioplastiques polysaccharides d'algues**

Les algues sont d'excellents candidats pour la production de bioplastiques (Rajendran, Puppala, Sneha Raj, Ruth Angeeleena, & Rajam, 2012). Les algues contiennent la capacité de pousser dans un large éventail d'environnements, ce qui simplifie leur culture en milieu naturel (Alaswad, Dassisti, Prescott, & Olabi, 2015) . L'utilisation d'algues pour la production de bioplastiques peut minimiser l'impact sur la chaîne alimentaire (Rajendran et al., 2012) , (Castilho, Mitchell, & Freire, 2009). De plus, les bioplastiques à base d'algues sont chimiquement indépendant (Rajendran et al., 2012) , (Castilho et al., 2009). Les types d'algues les plus couramment utilisés dans l'industrie contiennent des polysaccharides tels que l'agar, l'alginate, la carraghénane, les galactanes Ces polysaccharides sont constitués d'acide mannuronique et guluronique résidus (Semprini et al., 1991), (Rinaudo, 2014) . Les squelettes polysaccharidiques des algues sont fréquemment fonctionnalisés avec divers substituts sulfatés et groupements méthoxyles, ce qui leur confère une charge négative (Venugopal, 2016). Cela leur permet d'interagir dans une mesure variable avec les cations, entraînant la formation de gels (Venugopal,

2016) Ces gels ont des propriétés qui couvrent un large éventail d'applications industrielles requises par tous les bioplastiques thermomécaniques (Venugopal, 2016).

# PARTIE II

## ETUDE PRATIQUE

# CHAPITRE I

## MATÉRIELS ET

## MÉTHODES

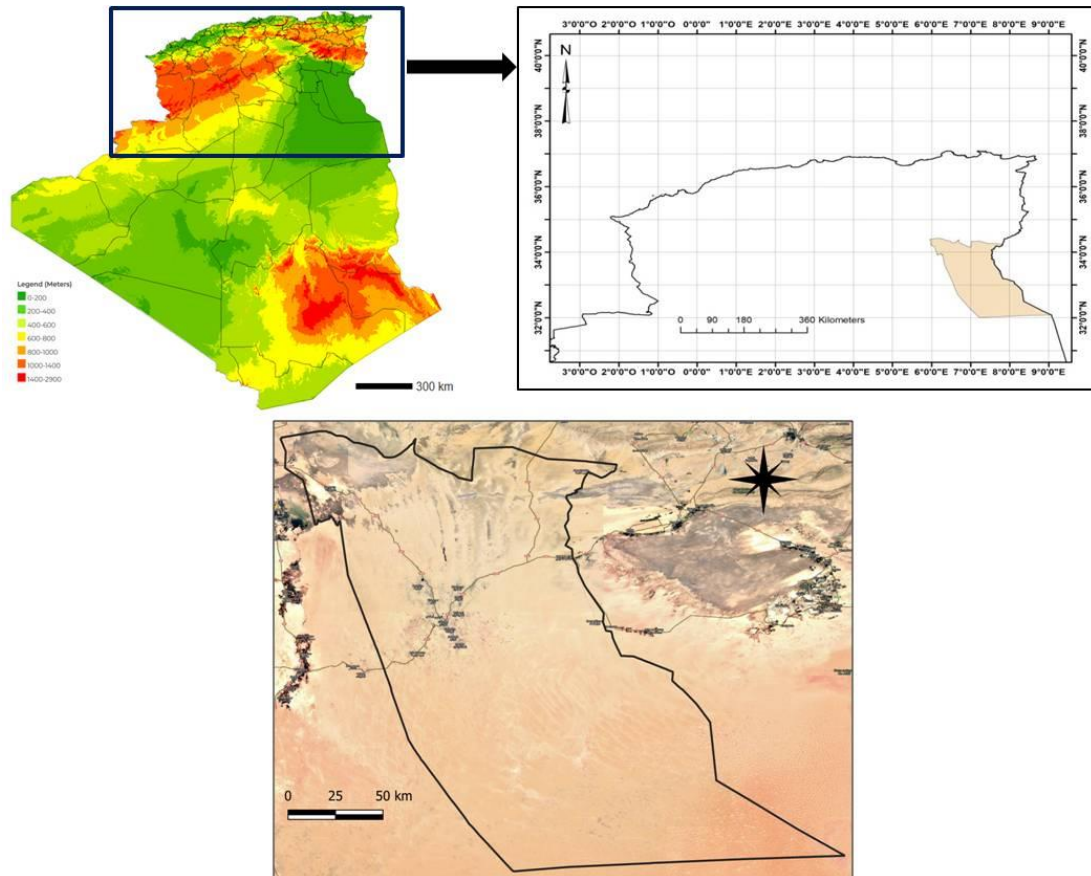
## Chapitre I : Matériels et Méthodes

L'étude physico-chimique du bioplastique fabriquée à partir de la pomme de terre dans la région de l'OUED SOUF, est basée essentiellement sur la présentation de la région d'étude (cas d'étude) à partir la situation géographique et les facteurs écologiques. Elle est amendée par l'extraction de l'amidon de la pomme de terre et fabrication du bioplastique. Ensuite, une étude environnementale basée sur la biodégradation du bioplastique. Enfin, une analyse basée sur les caractérisations physico-chimiques du bioplastique fabriqué.

### 1.1 Présentation de la région d'étude

#### 1.1.1 Situation géographique de la région d'étude

Le chef-lieu région du Souf (32.30 à 33.90 N et 6.65 à 8.40 E) se situe à 600 km au sud-est de la capitale Alger (figure 19) , Cette région est limitée au nord par les chotts Merouane, Melrhir et Gharsa, au sud par Ouargla (Oued Maya), à l'est par l'immense chott tunisien El-Djérid et à l'ouest par la trainée des chotts de l'Oued Rhir (Jallas & Crétenet, 2003; Voisin et al., 2004).



**Figure.19** Position géographique de la région du OUED SOUF

### 1.1.2 Facteurs écologiques de la région d'étude

L'étude des mécanismes d'action des facteurs écologiques constitue une étape indispensable pour la compréhension du comportement des organismes dans leurs biotopes (C. Ramade, Silvestre, Pascal-Delannoy, & Sorli, 2012). Les facteurs écologiques qui sont traités dans le cadre de ce paragraphe sont soit abiotiques et biotiques.

#### 1.1.2.1 Factures physico-chimiques de la région du OUED SOUF

Ils jouent un rôle très important dans les caractères édaphiques (Danchin et al., 2005 ; Ramade, 2012). Dans cette partie sont développés, le sol, le relief et l'hydrogéologie, qui caractérisent la région d'étude.

##### 1.1.2.1.1 Sol de la région de l'OUED SOUF

Le sol du OUED SOUF est caractérisé par un faible taux de matière organique, texture sableuse et à structure caractérisée par une perméabilité à l'eau très importante (Medareg Narou & Farhi, 2009; Senoussi, 2012) De ce fait il est qualifié comme un sol typique des régions sahariennes (Halis, Gökgöz, & Yaşar, 2007).

##### 1.1.2.1.2 Relief

Les facteurs topographiques influents le plus souvent sur les caractères écologiques de la biocénose (Danchin, Duval, & Leport, 2005). Le relief de la région d'étude est presque tout entier compris entre trois lignes orientées est-ouest. La première au nord est la courbe de niveau des 50 m, qui passe par Réguiba, Magrane et Hassi-Khelifa. La seconde au sud, celle des 100 m qui relie Guémar à Z'goum. La troisième ligne, reliant le point de 75 m est parallèle à ces deux lignes en leur milieu, elle passe par Ouet-Ziten, Amiche et El-Ogla ((Danchin et al., 2005; Voisin et al., 2004).

##### 1.1.2.1.3 Hydrogéologie

Du point de vue hydrogéologique, la région du Souf est représentée par deux systèmes acquifères, à savoir, le Complexe terminal et le Continental intercalaire. Ces deux systèmes sont surmontés par la nappe phréatique (Bouselsal & Kherici, 2014; Meziani et al., 2008; Saker, Daddi Bouhoun, Ould el hadj, & Brinis)) Le complexe terminal est représenté par deux nappes, la nappe des sables (profondeur  $\approx$  180 m) et la nappe des

calcaires ( $400 \leq \text{profondeur} \leq 600 \text{ m}$ ) (A. Guendouz & Michelot, 2006; Saibi, 2003). Le Continental intercalaire est situé à une profondeur variante entre 1600 et 2000 m, avec une épaisseur utile qui peut atteindre 900 m (Khechana & Derradji, 2014; Meziani et al., 2008) .

### 1.1.2.2 Facteurs climatiques

Le climat joue un rôle fondamental dans la prospérité et la répartition des êtres vivants (Faurie, 2011) ). Les principaux facteurs climatiques caractérisant la région d'étude, sont la température, les précipitations, l'humidité relative et le vent. Toutes les données climatiques, ci-après, proviennent de la station météorologique d'El Oued ( $33^\circ 30' \text{ N.}$ ,  $06^\circ 47' \text{ E.}$ , altitude : 63 mètres, exposition : est) et le site d'internet [www.tutiempo.com](http://www.tutiempo.com).

#### 1.1.2.2.1 Température

La température est l'élément du climat le plus important (Dajoz, 2006; Gouaidia, 2008; C. Ramade et al., 2012; F. Ramade, 2008) considère la température comme étant un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques des êtres vivants. Les températures moyennes, maximales et minimales depuis les années de 2022 et 2023 signalées dans la région d'étude sont placées dans le tableau 3

**Tableau. 3** - Températures mensuelles maximales (M), minimales (m) et moyennes [(M + m) /2] en ( $^\circ\text{C}$ ) pour les années allant de 2022 et 2023 de la région du Souf

| Année | T ( $^\circ\text{C}$ ) | Mois |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |
|-------|------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
|       |                        | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Aout | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. |
| 2022  | M                      | 16.5 | 19.9 | 22.8 | 27.1 | 33.6 | 42.2 | 45.6  | 41   | 38.6 | 31.8 | 24.2 | 21.2 |
|       | m                      | 3.9  | 6.8  | 11.2 | 14.8 | 19.6 | 26.4 | 27.7  | 27.8 | 25.6 | 18   | 11.3 | 9.1  |
|       | (M+m)/                 | 10.  | 13.3 | 17   | 20.9 | 26.6 | 34.3 | 36.6  | 34.4 | 32.  | 24.  | 17.7 | 15.1 |

|      |             |          |           |           |           |           |      |           |      |          |          |           |      |
|------|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-----------|------|----------|----------|-----------|------|
|      | 2           | 2        | 5         |           | 5         |           |      | 5         |      | 1        | 9        | 5         | 5    |
| 2023 | M           | 17       | 18        | 25.5      | 28.9      | 31.1      | 37.9 | 45        | 40   | 36.<br>4 | 31.<br>6 | 25        | 18.7 |
|      | m           | 4.2      | 6.7       | 12.2      | 14.6      | 18.6      | 24.5 | 30.3      | 26.8 | 24       | 18.<br>4 | 12.5      | 7.5  |
|      | (M+m)/<br>2 | 10.<br>6 | 12.3<br>5 | 18.8<br>5 | 21.7<br>5 | 24.8<br>5 | 31.2 | 37.6<br>5 | 33.4 | 30.<br>2 | 25       | 18.7<br>5 | 13.1 |

M : la moyenne mensuelle des températures maxima en (°C)

(Www.tutempo.com)

m : la moyenne mensuelle des températures minima en (°C) ;

(M+m) /2 : la moyenne mensuelle des températures ;

T : température (°C).

Lors de la période d'étude, les variations annuelles sont parfois importantes dans la distribution des températures. En 2022 et 2023, c'est le mois de Janvier qui représente le mois le plus frais de l'année (Tab. 3). En outre, ont observé que les températures moyennes estivales sont relativement plus élevées des deux années d'étude et surtout dans le mois de juillet qui est dépassé 35 °C (Tab.3).

#### 1.1.2.2 2 Précipitations (Pluviometre et Humidité)

(Danchin et al., 2005) Défini les précipitations comme l'ensemble des particules d'eau liquide ou solide qui tombent en chute libre dans l'atmosphère (sous forme de pluie, neige, grêle). Il constitue un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres (C. Ramade et al., 2012) La région du Souf reçoit le maximum de pluie en automne (Razza et al., 2009) Par ailleurs, (Voisin et al., 2004) a annoncé une autre période pluviale en hiver. Les valeurs des précipitations mensuelles obtenues pour les années d'étude (2022 et 2023) de la région de l'OUED SOUF, sont présentées dans le tableau 4

**Tableau. 4** Précipitations (mm) enregistrées durant les années 2022 et 2023 dans la région du Souf

| Précipitations | Année       | Mois |      |      |      |       |      |       |      |      |      |      |      | T    |
|----------------|-------------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
|                |             | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai   | Juin | Juil. | Aout | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. |      |
| <b>P</b>       | <b>2022</b> | 1.02 | 0    | 5.6  | 2.03 | 1.27  | 0    | 0.25  | 0    | 1.27 | 0.51 | 0    | 8.13 | 23.2 |
|                | <b>2023</b> | 0    | 6.86 | 0    | 4.06 | 10.16 | 1.02 | 0     | 0.5  | 0    | 0    | 2.03 | 5.08 | 32.3 |
| <b>H</b>       | <b>2022</b> | 49.5 | 42.9 | 40.9 | 34.7 | 25    | 19.6 | 21.7  | 27.4 | 30.9 | 38.2 | 42.8 | 57.4 | -    |
|                | <b>2023</b> | 47.9 | 47.6 | 32.3 | 32   | 35.9  | 29.3 | 17.5  | 27.5 | 32.9 | 34.6 | 46   | 60   | -    |

P : Pluviométrie.

H : Humidité

(Www.tutempo.com)

La région de l'OUED SOUF reçoit annuellement un totale de 23.2 mm de précipitations au 2022 et 32.3 mm au 2023 (Tableau 4). Le mois le plus pluvieux au 2022 est décembre avec 8.13 mm. Alors que le mois le plus pluvieux au 2023 et mai avec 10.16 mm. Par contre, d'autres mois peuvent être quasiment secs. En outre, le déficit hydrique est à son maximum durant les mois juillet et août (Tab.4).

L'humidité relative ne varie pas d'une façon marquée au cours des mois de l'année, elle est généralement supérieure à 30 % (Tab. 4). La variation interannuelle reste également faible. Néanmoins, de grandes amplitudes journalières sont notées en été, où le taux d'humidité relative peut varier de 17,5 à 35 % aux les mois les plus chaudes. En hiver, ces valeurs sont toujours élevées, supérieures à 45 % (Tab.4.).

#### 1.1.2.2.3 Vent

Le vent dans certains biotopes exerce une grande influence sur les êtres vivants. En général, il est caractérisé par sa direction et par sa vitesse (F. Ramade, 2008) Dans la région du Souf, (Nadjah, 1971) mentionne que les vents sont fréquents et cycliques ; leur direction dominante est variable suivant les saisons. Le « Dahraoui », vent du nord-ouest-sud-est, sévit surtout au printemps. Le « Bahri » d'orientation est-nord, se manifeste de fin aout à mi-octobre, la plus fréquemment (Halis et al., 2007) Enfin, le « chihili » ou le sirocco, vent du sud, domine pendant tout l'été. Les moyennes des vitesses mensuelles du

vent (en m/s) durant les années 2022 et 2023 dans la région du Souf sont présentées au sein du tableau 5

**Tableau .5** - Moyennes des vitesses du vent (m/s) durant les années 2022 et 2023 dans la région du Souf

| Année       | Mois |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
|             | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Aout | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. |
| <b>OLR</b>  | 8    | 9.3  | 14.3 | 18.7 | 13.1 | 9.3  | 11.9  | 12.2 | 10.8 | 7.8  | 11.4 | 8.4  |
| <b>2023</b> | 9.3  | 9.9  | 12.2 | 13   | 15.1 | 14.4 | 11.5  | 11.3 | 11.6 | 8.8  | 10   | 9.5  |

V (m/s) : Vitesses du vent en mètre par seconde

(www.tutiempo.com)

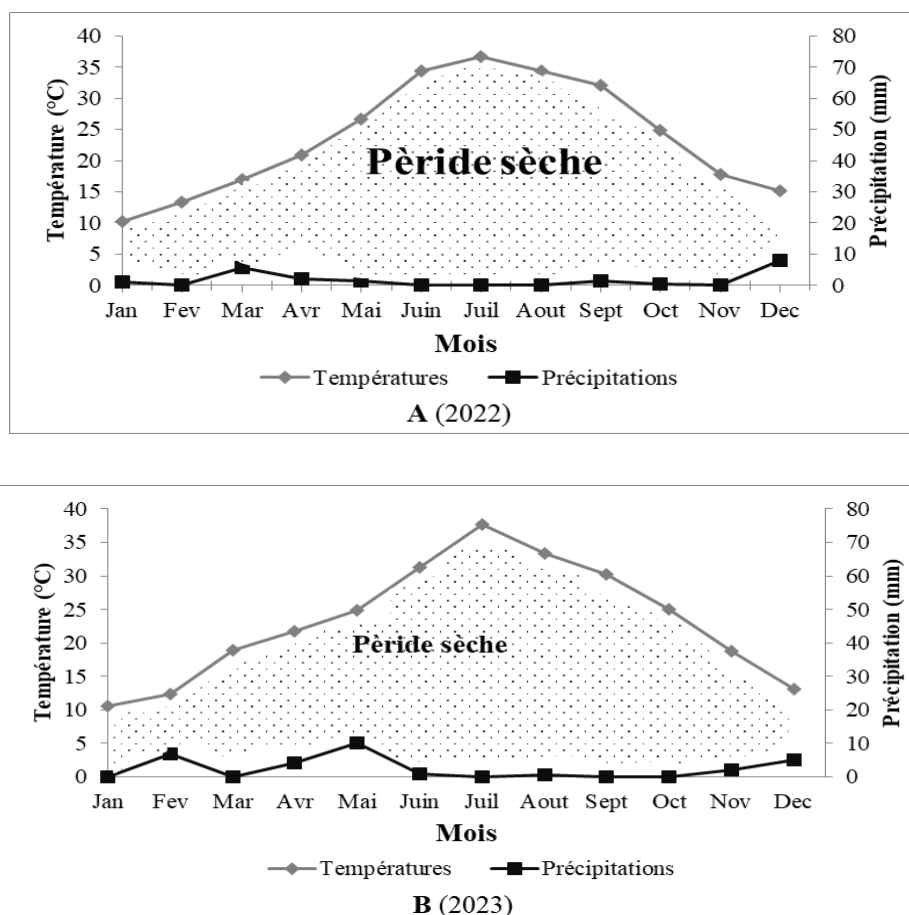
- : Manque d'information

La vitesse moyenne annuelle de vent caractérisant la région d'étude varie d'un mois à un autre et d'une année à une autre et depuis les années d'étude (Tab. 5). En fonction des mois, les valeurs maximales sont marquées en avril (2022) avec 18.7 m/s et mai (2023) avec 15.1 m/s, alors que les plus faibles valeurs sont observées durant le mois d'octobre avec 7.8 m/s (2022) et 8.8 m/s (2023) (Tab. 5).

### 1.1.2.3 Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS

Le diagramme ombrothermique est construit en portant en abscisses les mois et en ordonnées les précipitations (P) sur un axe et les températures (T) sur le second, en prenant soin de doubler l'échelle par apport à celle des précipitations, soit  $P=2T$  (Faurie, 2011). La sécheresse s'établit lorsque la pluviosité mensuelle P exprimée en millimètres est inférieure au double de la température moyenne mensuelle T exprimée en degrés Celsius et l'inverse est vrai (Dajoz, 2006; C. Ramade et al., 2012).

Partant de ce principe, nous avons établi le diagramme ombrothermique pour les années de 2022, 2023 afin de mettre en évidence la variation annuelle de la durée des périodes sèches et humides, caractérisant la région d'étude. Sur les données de 2022 et 2023, la région du Souf subit une période sèche touchant tous les mois de l'année (Fig. 20 A et B).



**Figure. 20.** : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS appliqué à la région du Souf pour les années d'étude (A : 2022, B : 2023)

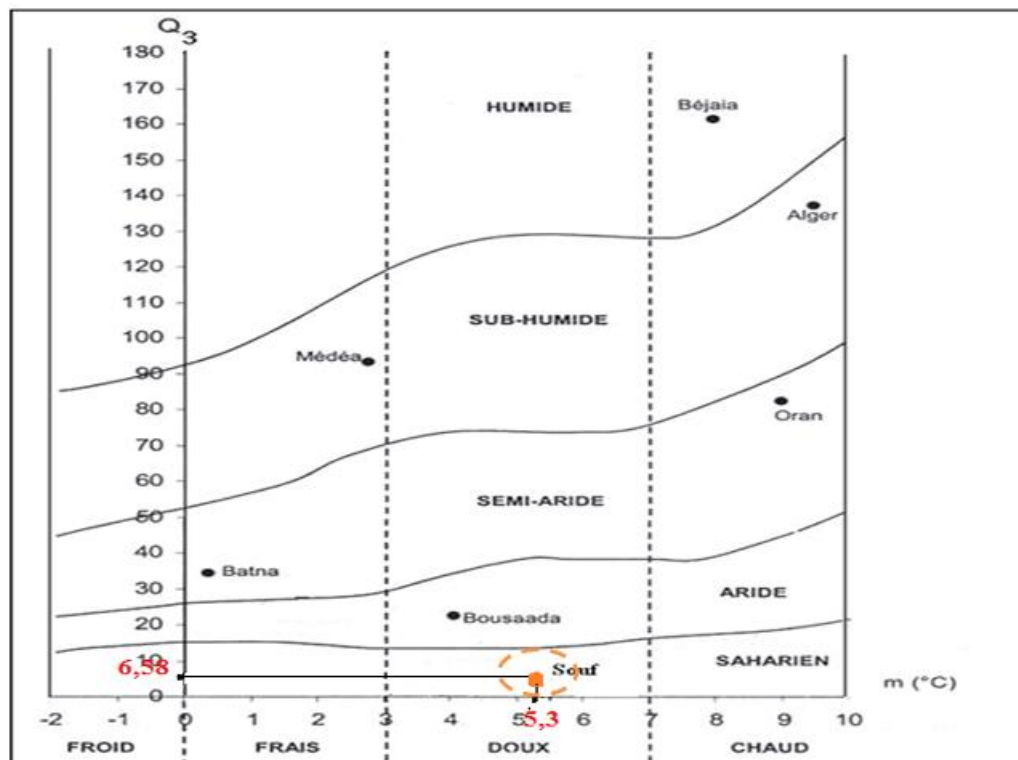
#### 1.1.2.4 Climagramme pluviométrique d'Emberger

(F. Ramade, 2008) Indique que le quotient pluviométrique d'Emberger (Q3) permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une région méditerranéenne et de la situer dans le climagramme d'Emberger. Il est calculé par la formule suivante :

$$Q3 = 3,43 \times P / (M - m)$$

- **Q3** : quotient pluviométrique d'Emberger ;
- **M** : la moyenne des maxima des températures du mois le plus chaud de l'année exprimée en degré Celsius (°C) ;
- **m** : la moyenne des minima des températures du mois le plus froid de l'année exprimée en degré Celsius (°C) ;
- **P** : représente la moyenne des précipitations annuelles mesurées en (mm).

Pour une période de 1980 – 2023, la région du Souf est caractérisée par un  $Q_3 = 6,58$  et  $m = 5,3^\circ\text{C}$ , ce qui permet de classer cette dernière dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (Fig. 18).



**Figure. 21** Place de la région du L'OUED SOUF sur le climagramme d'Emberger (1980 - 2013)

## 2. Sur le plan de matériel :

### 2.1 L'amidon

On a obtenu d'après la pomme de terre (*Solunum tuberosum*, L 1753) de la variété Spunta obtenues au niveau d'une ferme dans la région de RABAH à L'OUED SOUF située au sud-ouest en Algérie

Dans cette étude, il était important de considérer le contenu de l'amylose et l'amilopectine sont des composants essentiels pour la formation des bioplastiques car ils sont responsables de la gélatinisation et de la rétrogradation processus. En d'autres termes, l'amylose est responsable de liaison hydrogène entre les groupes hydroxyles des bio-polymères qui forment des jonctions intermoléculaires et conduisent au film

production. Les propriétés physiques, chimiques et fonctionnelles des bioplastiques fabriqués dépend du rapport entre amylose et amylopectine (Santana et al., 2018)

## 2.2 Le glycérol

Les plastifiants sont des molécules organiques volumineuses qui sont mélangées à des matériaux pour améliorer leur flexibilité et la transférabilité. Le glycérol  $C_3H_8O_3$  est le plastifiant le plus utilisé dans la production de bioplastiques. Cela est dû à son faible prix et à sa non-toxicité pour l'alimentation humaine et les applications biomédicales, et relativement élevées point d'ébullition ( $292^{\circ}C$ ) (Mekonnen, Mussone, Khalil, & Bressler, 2013).

## 2.3 Acide Citrique (HCL).

L'adhésion entre le glycérol, l'eau, et l'acide citrique et l'amidon dans les matériaux thermoplastiques sont renforcés par la supplémentation en acide citrique, qui peut créer des interactions de liaison hydrogène plus fortes avec de l'amidon et le glycérol. Par conséquent, l'acide citrique peut effectivement inhiber la recristallisation de l'amidon (c'est-à-dire la rétrogradation).

L'acide citrique peut réduire clairement la viscosité de cisaillement et améliorer la fluidité de bioplastique et peut améliorer sa résistance à l'eau à une humidité relative élevée, mais réduire les contraintes de traction (Jiugao, Ning, & Xiaofei, 2005). L'acide citrique et le glycérol sont utilisés pour améliorer la flexibilité et la fluidité du matériau.

## 2.4 NaOH

L'hydroxyde de sodium est un solide ionique de formule NaOH. La solution issue de la dissolution de ce cristal est appelée soude, L'hydroxyde de sodium est très soluble dans l'eau. La soude est une solution chimique transparente et corrosive, l'ion hydroxyde est une base forte. L'utilisation de NaOH sert à diminuer la viscosité et permet aussi d'obtenir une solution neutre.

## 3. L'équipement de laboratoire

- Un bécher de 250 ml
- Un bécher de 100 ml
- Une balance de précision (10<sup>-1</sup> g) de marque KERN
- Un erlenmeyer de 100 ml

- Une baguette magnétique
- Une plaque de verre
- Une étuve (90-100°C)
- Tubes Flacon de 15 ml gradués
- Pipettes en plastique graduées
- 1 plaque chauffante/agitateur magnétique + 1 thermomètre (90°C)

#### 4. Méthode de travail :

##### 4.1 L'extraction de l'amidon de pomme de terre :

Prendre 200g de pomme de terre, les laver bien, et enlever les impuretés, puis à l'aide d'un économe couper les pommes de terre en petites morceaux, le tableau suivant résumes les étapes de trempage dans les déférant milieux (Palacios-Fonseca et al., 2013):

**Tableau.6** Le protocole de l'extraction de l'amidon de pomme de terre

| <b>METHODE 1 :</b>                                                        | <b>METHODE 2</b>                                   | <b>METHODE 3</b>                                    |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Milieu neutre (eau distillés)<br>control ph= 7                            | Milieu basique (NaOH 0,1%)<br>ph = 13              | Milieu acide (HCL 0,01%)<br>Ph = 2                  |
| 250ml H <sub>2</sub> O (eau distillés)<br>T=25°C tremper pendant<br>90min | 250ml NaOH 0,1%<br>T=25°C tremper pendant<br>90min | 250ml HCL0, 01%<br>T= 25°C tremper pendant<br>90min |

- Mixer bien le mélange à forte vitesse pendant 15 min, puis à l'aide d'un fouillait mélangé bien le jus, puis on a le filtre à l'aide d'une passoire,
- Laisser la solution décanté pendant 1 à 2<sup>h</sup> au fond de récipient, puis à l'aide d'un micro pipette 1000μ rejeter le surnagent et récupères le sédiment ce qui est l'amidon,
- Centrifugée (la solution – amidon) selon chaque méthodes 3000 mile Tourres pendent 7min, par suite on a récupérait l'amidon et séchait à l'aire libre pendant 2 à3 jours (Palacios-Fonseca et al., 2013)

## 4.2 Fabrication de bioplastique

La méthode utilisée dans ce travail, basée principalement sur le mélange, et

bien illustrée suivant le mode opératoire (Abe et al., 2022) (Chakraborty et al., 2022) repris ci-dessous :

### 4.2.1 Protocole

1. Peser 5 g d'amidon de pomme de terre et le placer dans un bécher.
2. Ajouter dans le bécher 4 ml de glycérol incolore, et on ajoute 4ml de NaOH a fin de neutralisé le mélange
4. Ajouter 50 ml d'eau distillée et 4 ml d'HCl.
5. Mélanger à l'aide de la baguette en verre.

Le mélange obtenu ici est nommé « mélange précurseur du bioplastique ».

6. Mettre l'agitateur magnétique dans le mélange et le faire chauffer en agitant au bain marie. Surveiller la température avec le thermomètre.
7. Quand la température est de 90°C, continuer le chauffage et l'agitation encore pendant 15à 20 minutes.
8. Sans se brûler, verser le mélange sur la plaque de verre, (une lamelle) bien étaler avec la baguette en verre et laisser sécher à l'étuve à 90-100°C pendant 1h.
9. Retirer la plaque de l'étuve lorsque les bords sont secs mais que le centre est encore gélatineux.
10. Séparer le film plastique transparent de la plaque de verre (un lemme) avec les doigts. Laisser sécher à l'air libre.

## 5. Caractérisations

### 5.1 Caractéristiques statistique

Résume les répences des paysans et de service de statistique d'agriculture aux questionnaires liés à la production, le stockage et la pourriture de pomme de terre de la région d'OUED SOUF.

### 5.2 Caractéristiques biologique (Biodégradabilité)

L'étude biologique liée à la biodégradabilité du bioplastique dans l'environnement naturel sous l'influence des micro-organismes, qui décomposent les polysaccharides en leur

monomère unité. Nous avons utilisé les différentes conditions expérimentales, comme les milieux liquides et solides. Nous suivons le nombre de colonies de bactéries cultivées (UCF) et la démentions d'un morceau du bioplastique (D) en registre les résultats chaque les 2 jours.

On a préparé une suspension de 100 g de sol, et 5 ml d'eau distillée, incubée dans un autoclave à 37 °C pendant 24 heures. Après l'incubation, on a ajouté 1 ml de la solution préparée en milieu liquide stérilisé appelé Bouillon Glucose Tryptone (BGT). Nous avons introduit des petits morceaux de différents bioplastiques dans ce milieu.

Pour les milieux solides, nous avons coulé les milieux Gelose Nutritive (GN) et Chromagar dans des boîtes de Pétri. Après stérilisation dans un autoclave, nous avons ajouté quelques gouttes de la suspension de sol préparée et inoculé dans les milieux, après avoir mettent une petite pièce des bioplastiques. Les échantillons de milieu liquide et solide ont été incubés à 37°C pendant 24 heures. Les trois échantillons ont été préparés dans chaque milieu : 1 (BiopH<sub>2</sub>O), 2 (Biop NaOH) et 3 (Biop HCL).

### **5.3 Caractéristique physico- chimique**

#### **5.3.1 Détermination des monosaccharides constructifs de l'amidon par (HPLC)**

La chromatographie liquide à haut performance (HPLC), repose sur le principe de la séparation des composants d'un mélange de solution, cette séparation en fonction de l'affinité relative pour la phase mobile et la phase stationnaire des monosaccharides. (Brighenti, Pellati, Steinbach, Maran, & Benvenuti, 2017)

#### **5.3.2 Hydrolyse acide des liaisons glycosuriques**

Dissoudre 25 mg de chaque extrait brut de l'amidon de pomme de terre est hydrolysés par 1ml d'acide tri-fluor-acétique 2M, à 100°C pendant 4 heures et 6 heures, dans des tubes fermés. Après refroidissement, l'hydrolysats est récupéré. L'acide est co-éaporé par l'ajout de quelques gouttes de méthanol. Les hydrolysats sont déposés dans un dessiccateur sous hotte pendant 24 heures jusqu'à évaporation complète (Majdoub, Dirany, Benzina, & Grande, 2013)

#### **5.3.3 Densité**

La densité du plastique est une propriété physique essentielle qui affecte ses propriétés mécaniques, sa fonctionnalité et son impact environnemental. Elle varie selon le type de plastique, sa structure et ses applications, la densité des composites a été mesurée à l'aide de l'équation suivant :

$$P = m/v \quad (1)$$

où m est la masse du matériau, et v est le volume de la pièce bioplastique obtenue dont nous considérons le volume égal à (2 cm<sup>3</sup>), ont été utilisé la méthode de déplacement d'eau pour mesures le volume des pièces de bioplastique et  $\rho$  est la densité du matériau bioplastique (Gahtar, Benramache, Ammari, & Boukhachem, 2021)

### 5.3.4 Diffraction des rayons X

La diffraction des rayons X est la méthode permettant de déterminer la structure anatomique d'un matériau, en utilisant un diffractomètre à rayons X (XRD ; Mini Flex-Rigaku) avec un rayonnement Cu-K $\alpha$  ( $\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$ ) dans la gamme de 20 à 60°, en utilisant la géométrie Brentano-Bragg,

Cette technique consiste en l'interférence constrictive de l'onde provenant du grain incident de rayons X et en relation entre la cristallinité et l'état d'amorphe sous forme d'espacement anatomique, la cristallinité est un bon indicateur de densité, de diffusion et de transparence pour les diagrammes de diffraction des rayons X de tous les échantillons de bioplastiques.

La distance inter-plane (dhkl) a été calculée à l'aide de la formule suivant :

$$2d_{(hkl)}\sin\Theta = n\lambda \quad (2)$$

La taille des cristallites (D) a été estimée pour tous les pièces de diffraction en utilisant la formule (Gahtar et al., 2021)

$$D = \frac{K \times \lambda}{\beta_{1/2} \cos\Theta} \quad (3)$$

$k$  est une constante ( $k = 0,90$ ),  $\beta_{1/2}$  est la largeur totale à la moitié du maximum du pic de diffraction,  $\theta$  est l'angle de Bragg pour chaque plan (hkl) et  $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$  est la longueur d'onde du - rayonnement de rayons (Gahtar et al., 2021)

La densité de dislocation ( $\delta_{hkl}$ ), qui mesure la quantité de défauts dans un cristal, est définie comme la longueur des lignes de dislocation par unité de volume. Il a été déterminé à l'aide de la formule suivante (Gahtar et al., 2021)

$$\delta_{hkl} = 1/D^2_{(hkl)} \quad (4)$$

la microdéformation ( $\epsilon_{hkl}$ ), a été estimée à l'aide de la formule suivante (Gahtar et al., 2021)

$$\epsilon_{hkl} = \frac{\beta_{1/2}}{4 \tan \theta} \quad (5)$$

En revanche, le coefficient de texture ( $TC_{hkl}$ ), calculé en fonction de l'intensité de chaque orientation ( $I_{hkl}$ ), renseigne sur la probabilité de croissance selon une orientation (hkl). Ce coefficient est donné par la relation suivante (Gahtar et al., 2021)

$$TC(hkl) = \frac{I_{hkl}/I_{ohkl}}{N-1(\sum I_{hkl}I_{ohk})} \quad (6)$$

De plus, la taille moyenne des cristallites  $\langle D \rangle$ , la micro-contrainte  $\langle \delta \rangle$  et la densité de dislocation  $\langle \xi \rangle$  peuvent être déterminées à l'aide du coefficient de texture selon la formule

$$\langle D \rangle = \frac{\sum TC_{hkl} \times \sum D_{hkl}}{n} \quad (7)$$

$$\langle \delta \rangle = \frac{\sum TC_{hkl} \times \sum \epsilon_{hkl}}{n} \quad (8)$$

$$\langle \xi \rangle = \frac{\sum TC_{hkl} \times \sum \xi_{hkl}}{\sum \xi_{hkl}} \quad (9)$$

### 5.3.5 Analyse de FTIR (spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier)

L'analyse FTIR pour identifier le produit chimique. Interaction des composites bioplastiques, les échantillons ont été analysés par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier en mode réflectance totale atténuée (FTIR-ATR) à l'aide de Thermo Scientific Nicolet iS5. Les échantillons ont été déterminés en utilisant l'air comme arrière-plan, en enregistrant 64 scans et une résolution de 4000 à 400  $\text{cm}^{-1}$  Pour identifier l'interaction chimique des composites bioplastiques, les échantillons ont été analysés par

spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier en mode réflectance totale atténuée (FTIR-ATR).

### 5.3.6 Analyse d'UV-visible (Propriétés optiques)

Un spectrophotomètre UV-visible à double faisceau (UV-3101 ; Shimadzu), a été utilisé pour mesurer transmission et absorbance dans la plage de longueurs d'onde de 200 à 1000 nm avec une résolution de 5 nm. La transmission et l'absorption des UV ont une relation significative avec la dégradation du le bioplastique qui n'absorbe pas les rayonnements n'est pas sensible à la photo dégradation. (Princey, et al., 2020).

Dans cette étude, nous avons déterminé le coefficient d'absorption ( $\alpha$ ), a été calculé à partir des spectres de transmission et de réflectance, en utilisant la formule suivante :

$$\alpha = d \frac{1}{e} \left( \frac{(1-R)^2}{T} \right) \quad (10)$$

Tel qu'est l'épaisseur, R est la réflectance et T est la transmittance

### 5.3.7 Microscopie Electronique à Balayage couplée à une sonde EDX (MEB- EDX)

La morphologie des films de bioplastiques a été réalisée avec une microstructure de sections transversales et les surfaces ont été mesurées à l'aide d'un scanner microscope électronique (EVO 15 ZEISS) avec une accélération tension de 12,5 kV. Avant l'observation, les films étaient recouverts d'une fine couche d'or et l'analyse EDX qui concéderait comme un outil efficace pour connaître la composition chimique (wt% & at%). (Kumari, Sati, & Kumar, 2023)

# CHAPITRE II

## RÉSULTATS ET

## DISCUSSION

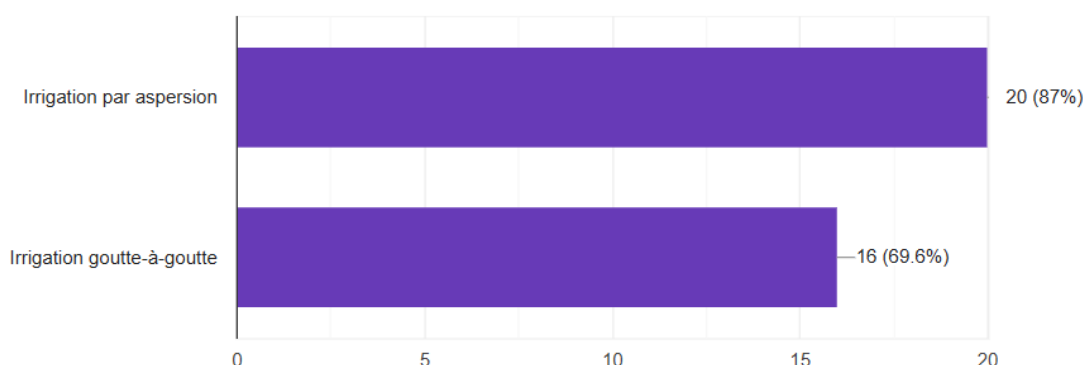
## Chapitre II Résultats et discussion

### 1. Les résultats :

#### 1.1. Etude statistique de la production de pomme de terre

#### Partie 1 : Informations générales sur la production

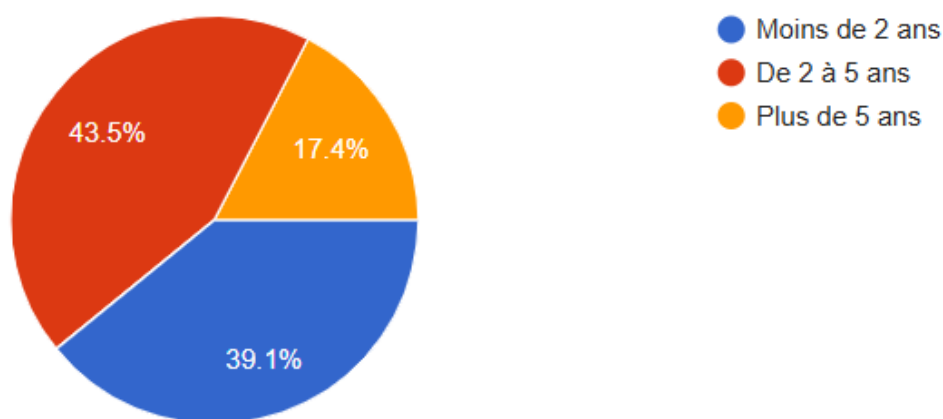
#### Différentes méthodes d'irrigation dans la culture de pommes de terre



**Figure. 22** Différentes méthodes d'irrigation dans la culture de pommes de terre

La figure 22 montre que l'irrigation par aspersion est utilisée par 87 % des répondants, tandis que l'irrigation goutte-à-goutte est adoptée par 69,6 %. L'aspersion, souvent privilégiée pour sa simplicité et son coût relativement faible, est particulièrement adaptée aux grandes surfaces, bien qu'elle puisse entraîner des pertes d'eau plus importantes. En revanche, l'irrigation goutte-à-goutte, reconnue pour son efficacité en termes de gestion de l'eau, est davantage utilisée dans des régions confrontées à une disponibilité limitée en eau ou dans des pratiques agricoles durables. Ces résultats s'alignent avec d'autres études qui soulignent que, bien que le goutte-à-goutte favorise de meilleurs rendements et une utilisation optimisée de l'eau, son adoption reste freinée par des coûts d'installation plus élevés ou un accès limité à la technologie.

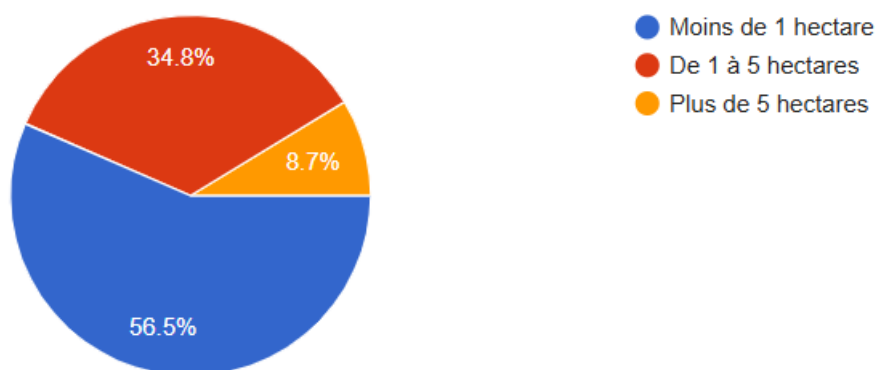
#### Depuis combien de temps cultivez-vous des pommes de terre ?



**Figure. 23** Le temps de culture des pommes de terre

Ces résultats indiquent qu'une grande majorité des participants (plus de 80 %) cultivent des pommes de terre depuis au moins 2 ans, la tranche de 2 à 5 ans étant la plus importante. Cela peut suggérer que la culture de pommes de terre est une activité adoptée récemment par de nombreux agriculteurs ou qu'elle est généralement pratiquée sur une durée moyenne avant une diversification ou un changement des cultures.

#### Superficie dédiée à la culture de pommes de terre

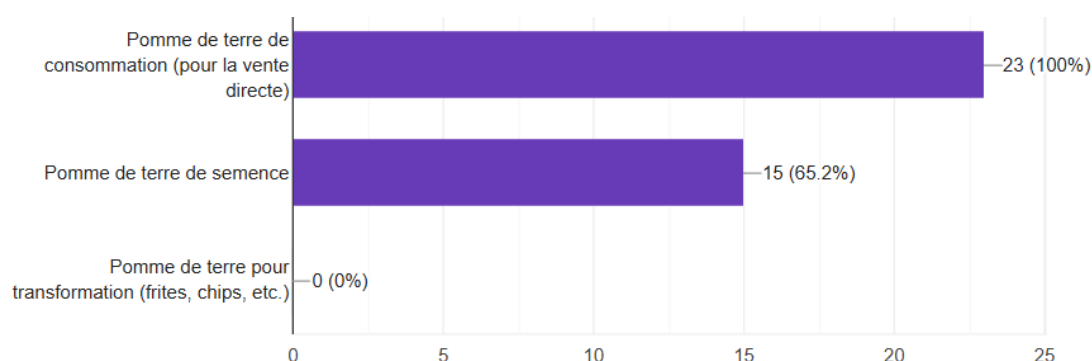


**Figure. 24** Superficie dédiée à la culture de pommes de terre

Cette figure présente la répartition des surfaces cultivées par les participants. La majorité, soit 56,5 %, cultive des pommes de terre sur des superficies inférieures à 1 hectare. Ensuite, 34,8 % disposent de surfaces entre 1 et 5 hectares, tandis que seulement 8,7 % exploitent des surfaces supérieures à 5 hectares. Ces données indiquent que la culture de pommes de terre est principalement pratiquée sur de petites parcelles, reflétant souvent

une agriculture à petite échelle ou familiale. Ce constat rejoint d'autres études qui soulignent que les petites exploitations dominent dans les régions où la culture de pommes de terre est destinée à un usage local ou régional. À l'inverse, les superficies plus importantes, bien que minoritaires, sont généralement associées à une agriculture commerciale mécanisée ou orientée vers l'exportation, nécessitant des investissements plus élevés et une infrastructure adaptée.

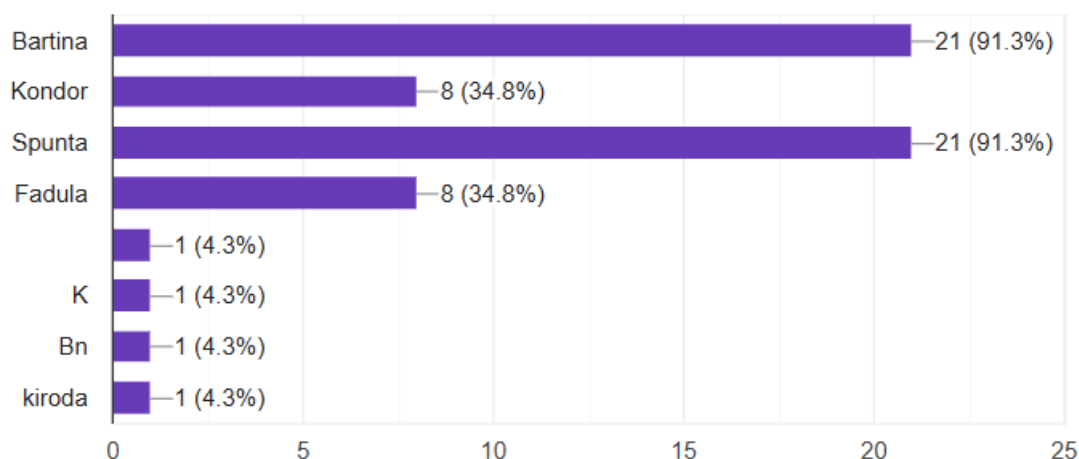
### Type de pomme de terre cultivez-vous principalement



**Figure. 25** Type de pomme de terre cultivé

Le graphique montre que tous les répondants (100 %) cultivent des pommes de terre de consommation pour la vente directe, tandis que 65,2 % produisent également des pommes de terre de semence, et aucun (0 %) ne cultive de pommes de terre pour la transformation industrielle (frites, chips, etc.). Cela reflète une forte orientation vers les marchés locaux et la diversification, avec une absence notable de production pour l'industrie, probablement due à des barrières d'accès ou à un manque d'infrastructures. Ces résultats s'alignent sur des études montrant que les petits agriculteurs privilégient les circuits courts et la diversification pour maximiser leurs revenus, tout en évitant des secteurs plus complexes comme la transformation industrielle.

### Variétés de pommes de terre cultivez



**Figure. 26** Les variétés de pommes de terre cultivées

Ce graphique illustre la répartition des variétés de pommes de terre cultivées, exprimée en fréquence et en pourcentage. Les variétés **Bartina** et **Spunta** dominent largement, chacune représentant 91,3 %, ce qui reflète leur popularité probable en raison de leur rendement élevé ou de leur résistance, comme le confirment d'autres études. Les variétés **Kondor** et **Fadula**, avec 34,8 %, occupent une place intermédiaire, probablement liée à des préférences régionales ou à des pratiques spécifiques. Enfin, les variétés **K**, **Bn**, et **Kiroda**, présentes 4,3 %, semblent marginales, possiblement en raison d'une introduction récente ou d'un intérêt limité. Ces résultats soulignent une préférence marquée pour certaines variétés dominantes tout en révélant une diversité restreinte, ce qui correspond à des tendances observées dans des travaux similaires sur les cultures locales.

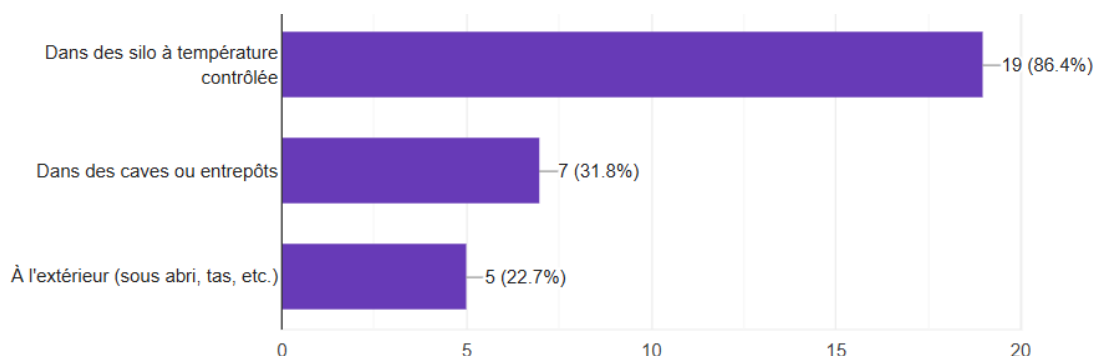
Donc on résume que :

1. **Expérience et Productivité** : Les études montrent souvent que les agriculteurs ayant entre 2 et 5 ans d'expérience atteignent un pic de productivité grâce à l'amélioration des connaissances et des pratiques. Ceux ayant plus de 5 ans d'expérience peuvent quant à eux démontrer une meilleure résilience face aux défis (ravageurs, changements climatiques, etc.).
2. **Tendances d'adoption** : La proportion importante de cultivateurs récents (39,1 % avec moins de 2 ans) peut refléter des tendances agricoles plus larges, telles que la demande croissante du marché, des incitations gouvernementales ou un changement des pratiques de rotation des cultures.

- 3 **Pratiques durables** : Les agriculteurs ayant plus de 5 ans d'expérience possèdent souvent une expertise en matière de durabilité (préservation des sols, rotation des cultures, etc.), ce qui pourrait être exploré pour des recommandations politiques ou des programmes de vulgarisation agricole.

## Partie 2 : Pratiques de stockage

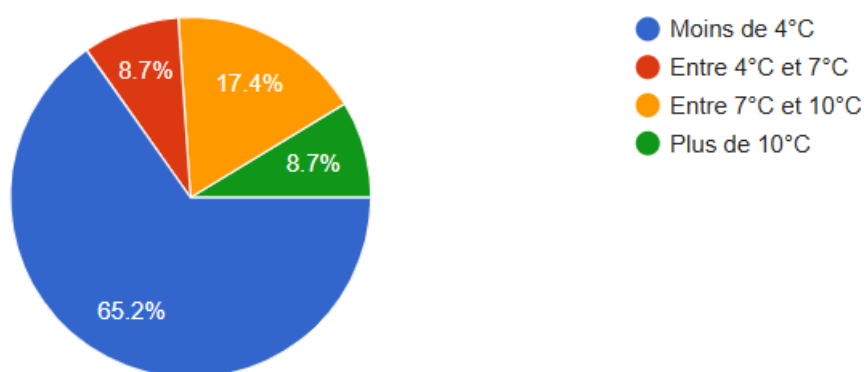
### Comment stockez-vous vos pommes de terre après la récolte ?



**Figure. 27** Le stockage de pommes de terre

Ce graphique montre les méthodes de stockage des pommes de terre après la récolte. La majorité des producteurs (86,4 %) privilégient le stockage dans des silos à température contrôlée, une pratique qui garantit une meilleure conservation en limitant les pertes liées aux variations climatiques ou aux maladies. Un tiers des producteurs (31,8 %) utilisent des caves ou des entrepôts, une méthode plus traditionnelle mais moins optimale pour préserver la qualité des tubercules. Enfin, 22,7 % stockent leurs pommes de terre à l'extérieur, sous abri ou en tas, une méthode plus risquée et souvent influencée par des contraintes de moyens ou de logistique. Ces résultats reflètent l'importance des infrastructures dans la chaîne de conservation et les choix variés selon les ressources disponibles.

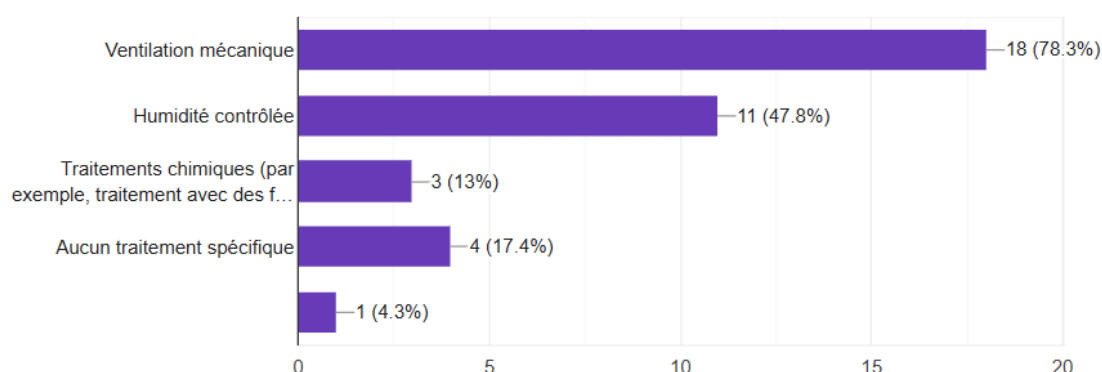
### À quelle température stockez-vous vos pommes de terre ?



**Figure. 28** La température de stockage de pommes de terre

Ce graphique circulaire illustre les températures de stockage des pommes de terre. La majorité des producteurs (65,2 %) stockent leurs pommes de terre à une température inférieure à 4°C, une pratique souvent privilégiée pour limiter la germination et prolonger la conservation. Un pourcentage moindre, mais notable (17,4 %), opte pour une température comprise entre 7°C et 10°C, généralement adaptée à un stockage temporaire ou à des variétés spécifiques. Les groupes restants se divisent équitablement (8,7 % chacun) entre ceux qui stockent entre 4°C et 7°C et ceux qui dépassent 10°C, ce qui peut être dû à des contraintes techniques ou des usages locaux. Ces données mettent en évidence l'importance de la gestion des températures pour préserver la qualité des tubercules.

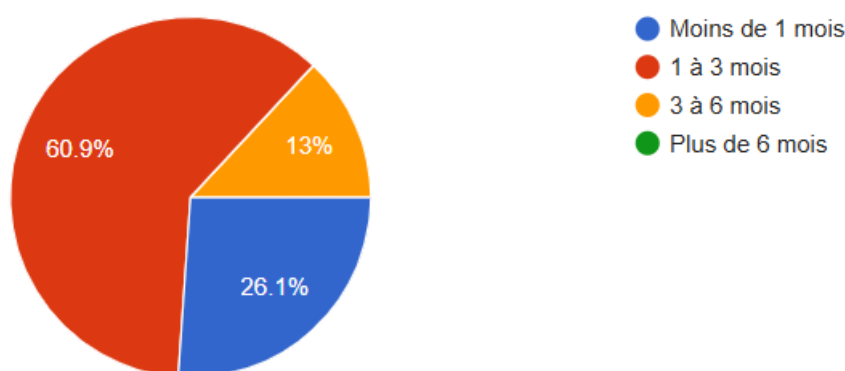
### Utilisez-vous des techniques spéciales pour améliorer la conservation des pommes de terre ?



**Figure. 29** Les techniques de conservation des pommes de terre

Le graphique montre que les répondants utilisent diverses techniques pour améliorer la conservation des pommes de terre, notamment la ventilation mécanique et le contrôle de l'humidité, tandis que seulement 13 % ont recours à des traitements chimiques et 17,4 % n'utilisent aucune technique spécifique. Cela reflète une préférence pour des méthodes naturelles et une réticence à utiliser des produits chimiques, alignée sur les tendances actuelles en faveur de pratiques agricoles plus durables. La proportion significative de répondants n'utilisant aucune technique pourrait indiquer un manque de ressources ou de connaissances, suggérant des opportunités pour des interventions éducatives ou technologiques visant à améliorer les pratiques de conservation.

### Combien de temps stockez-vous généralement vos pommes de terre avant de les vendre ou de les consommer ?

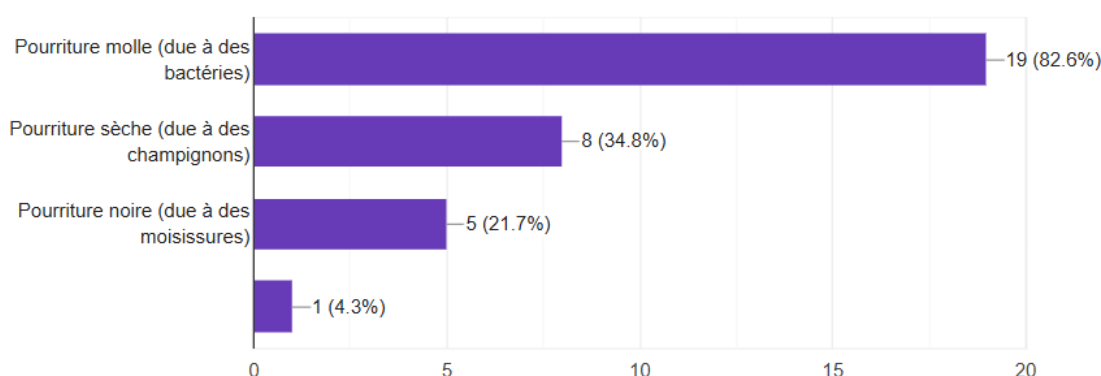


**Figure. 30** Le temps stockage de pomme de terre

Le graphique montre que 60,9 % des répondants stockent leurs pommes de terre pendant une période courte ou moyenne (probablement moins de 3 mois), tandis que 13 % optent pour un stockage plus long (par exemple, 3 à 6 mois) et 26,1 % pour un stockage très long (plus de 6 mois). Cela reflète une tendance majoritaire à une rotation rapide des stocks, probablement due à une demande locale élevée ou à une préférence pour des produits frais, tandis qu'une proportion significative de répondants utilise des techniques de conservation efficaces pour un stockage prolongé, aligné avec des stratégies de vente différée ou des conditions de marché spécifiques. Ces résultats s'accordent avec des études montrant que les pratiques de stockage varient en fonction des techniques de conservation et des opportunités de marché.

### Partie 3 : Pourriture et dégradation des pommes de terre

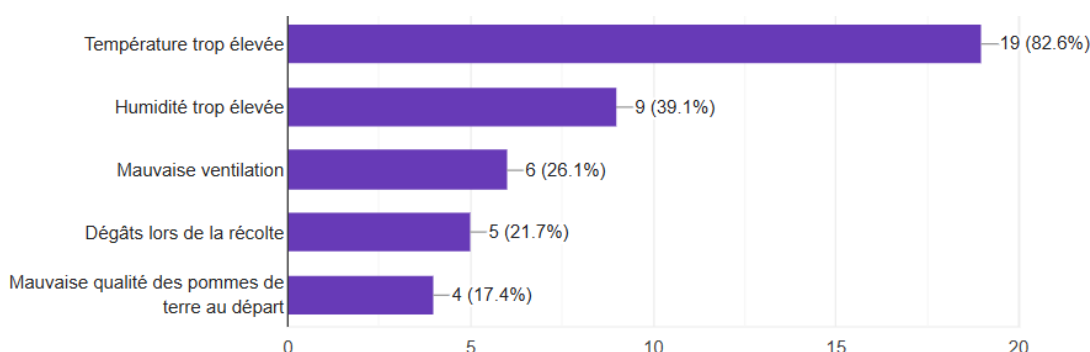
### Quels types de pourriture avez-vous observés sur vos pommes de terre ?



**Figure. 31** types de pourriture de pomme de terre

Le graphique montre que la pourriture sèche due à des champignons est le problème le plus fréquemment observé, avec 34,8 % des répondants signalant ce type de pourriture, tandis que 21,7 % et 4,3 % mentionnent également ce problème à des degrés moindres. La pourriture molle due à des bactéries est également présente, bien que moins fréquente, indiquant que les deux types de pourriture affectent les pommes de terre, mais que la pourriture sèche est plus prédominante. Ces résultats s'alignent sur d'autres études montrant que la pourriture sèche est une maladie majeure, souvent liée à des conditions de stockage inadéquates, et soulignent l'importance d'améliorer les techniques de conservation pour réduire ces pertes.

### Quels sont les facteurs qui, selon vous, favorisent la pourriture des pommes de terre ?

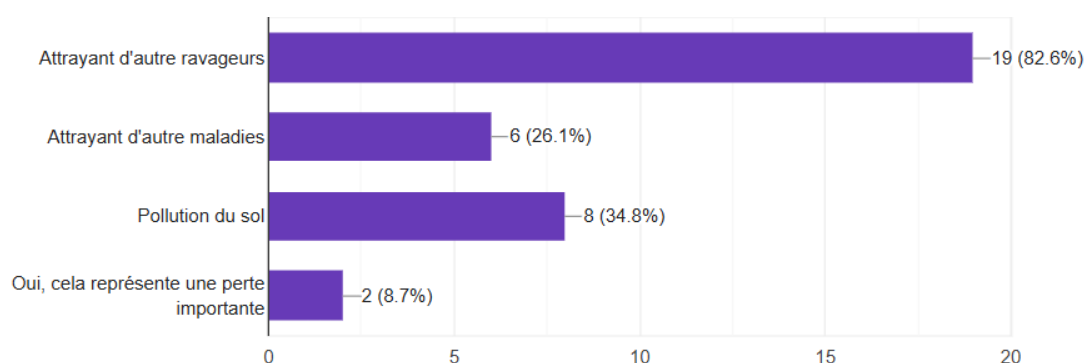


**Figure. 32** Les facteurs de la pourriture des pommes de terre

Le graphique montre que les principaux facteurs favorisant la pourriture des pommes de terre, selon les répondants, sont l'humidité trop élevée (39,1 %) et la mauvaise ventilation (26,1 %), suivis des dégâts lors de la récolte (21,7 %) et de la mauvaise qualité des pommes de terre au départ (17,4 %). Ces résultats soulignent l'importance de conditions de stockage optimales, notamment un contrôle de l'humidité et une bonne aération, ainsi que des techniques de récolte soigneuses pour éviter les blessures des tubercules. Ces observations s'alignent sur d'autres études montrant que des conditions inadéquates et des dommages mécaniques sont des facteurs clés dans le développement de la pourriture, mettant en évidence la nécessité d'améliorer les pratiques de récolte et de stockage pour réduire les pertes.

#### Partie 4 : les effets des résidus de pommes de terre

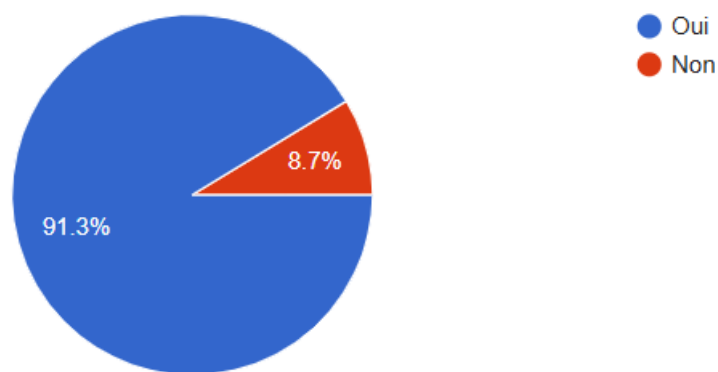
##### Quels sont les effets des résidus de pommes de terre dans le champ ?



**Figure. 33** Les effets des résidus de pommes de terre dans le champ

Le graphique montre que les principaux effets perçus des résidus de pommes de terre dans le champ sont la pollution du sol (34,8 %) et l'attraction d'autres maladies (26,1 %), tandis que seulement 8,7 % des répondants considèrent cela comme une perte importante. Ces résultats soulignent que les résidus peuvent altérer la qualité du sol et servir de réservoir pour des agents pathogènes, augmentant les risques sanitaires pour les cultures futures. Ces observations s'alignent sur d'autres études qui mettent en avant l'importance d'une gestion appropriée des résidus, comme le compostage ou l'incorporation au sol, pour préserver la fertilité du sol et réduire les risques de propagation de maladies.

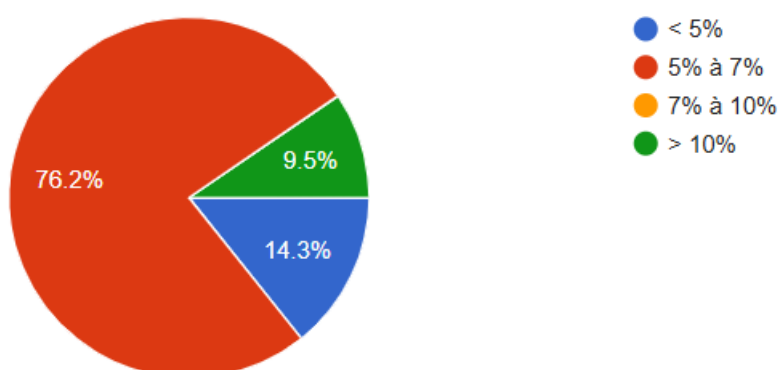
##### Les résidus de pommes de terre ont-ils un impact significatif sur la qualité du sol ?



**Figure. 34** L'impact des résidus de pommes de terre sur le champ

Le graphique montre qu'une grande majorité des répondants (91,3 %) considèrent que les résidus de pommes de terre ont un impact significatif sur la qualité du sol, reflétant une préoccupation généralisée quant à leurs effets négatifs sur la santé et la fertilité du sol. Cette perception est cohérente avec les études qui soulignent que les résidus mal gérés peuvent altérer la structure du sol, introduire des substances indésirables ou servir de réservoir pour des agents pathogènes, nuisant ainsi aux cultures futures. Ces résultats mettent en évidence l'importance d'adopter des pratiques de gestion appropriées, comme le compostage ou l'incorporation au sol, pour atténuer ces impacts et préserver la qualité du sol.

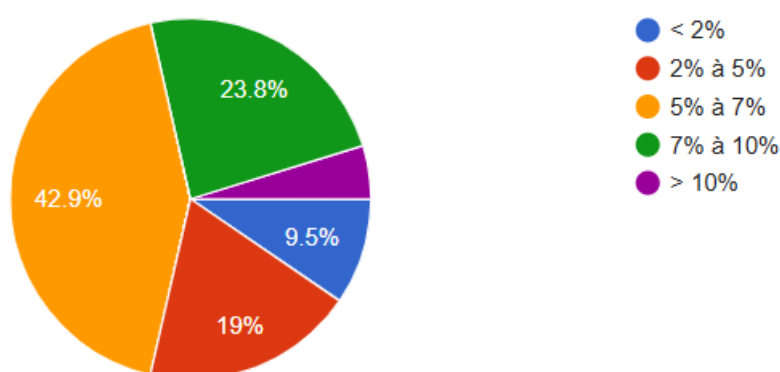
#### Pourcentage de produits qui ne conviennent pas à la commercialisation



**Figure. 35** Les produits de pomme de terre qui ne conviennent pas à la commercialisation

Le graphique montre que 76,2 % des répondants estiment qu'une faible proportion de leurs produits ne convient pas à la commercialisation, indiquant une gestion efficace de la qualité et des pertes minimales, tandis que 9,5 % signalent des pertes modérées et 14,3 % des pertes significatives. Ces résultats reflètent des variations dans les pratiques de production, de récolte et de stockage, avec une majorité réussissant à maintenir des standards de qualité élevés. Les pertes plus importantes chez certains répondants pourraient être liées à des problèmes tels que des maladies, des dommages mécaniques ou des conditions de stockage inadéquates, soulignant l'importance d'améliorer ces aspects pour réduire les pertes post-récolte et maximiser la commercialisation des produits.

### Pourcentage de produits stockés qui ne conviennent pas à la commercialisation



**Figure. 36** Le pourcentage de pomme de terre stockée

Le graphique (36) montre que 23,8 % des répondants estiment que moins de 2 % de leurs produits stockés ne conviennent pas à la commercialisation, tandis que 42,9 % signalent des pertes comprises entre 2 % et 5 %, indiquant une gestion efficace du stockage pour la majorité des producteurs. Cependant, 19 % des répondants rapportent des pertes modérées (5 % à 7 %), et une minorité signale des pertes plus importantes (7 % à 10 % et >10 %), reflétant des défis spécifiques liés aux conditions de stockage, à la qualité initiale des produits ou à des problèmes sanitaires. Ces résultats suggèrent que, bien que la plupart des producteurs parviennent à minimiser les pertes grâce à des pratiques de stockage optimales, certains sont confrontés à des difficultés significatives, probablement dues à une humidité élevée, une ventilation insuffisante ou des dommages mécaniques. Ces observations s'alignent sur les études montrant que les pertes post-récolte varient en

fonction des techniques de conservation et de la gestion des conditions de stockage. Pour réduire ces pertes, il est essentiel d'améliorer les infrastructures de stockage, de contrôler l'humidité et la température, et d'adopter des pratiques de récolte soigneuses pour préserver la qualité des produits. Des interventions éducatives et technologiques pourraient aider les producteurs à mieux gérer ces aspects, en particulier ceux qui signalent des pertes plus importantes, afin d'optimiser la commercialisation et de maximiser les revenus agricoles.

### **Nettoyer du sol des résidus de pommes de terre**

Concernant le nettoyer du sol des résidus de pommes de terre. Les méthodes suggérées incluent l'enlèvement mécanique des résidus (comme le labour ou le ratissage), le renouvellement du sol (par la rotation des cultures ou l'incorporation de matières organiques), et, dans certains cas, le remplacement du sol pour éliminer les pathogènes persistants. Ces pratiques visent à réduire les risques de maladies, à prévenir la propagation des agents pathogènes et à améliorer la fertilité du sol. L'enlèvement mécanique est une méthode courante pour éliminer les résidus, tandis que la rotation des cultures aide à briser les cycles des maladies et à maintenir la santé du sol. Le remplacement du sol, bien que moins fréquent, peut être nécessaire en cas de contamination grave. Ces résultats montrent l'importance d'une gestion efficace des résidus pour préserver la qualité du sol et optimiser la productivité des cultures futures. Des interventions éducatives et technologiques pourraient aider les agriculteurs à adopter ces pratiques, en particulier dans les régions où les maladies et les problèmes de sol sont récurrents. En résumé, une combinaison de méthodes mécaniques, de rotation des cultures et, si nécessaire, de remplacement du sol, est essentielle pour nettoyer efficacement le sol des résidus de pommes de terre et assurer une agriculture durable.

### **Utilisation des résidus de pomme de terre**

Les réponses suggèrent une variété de pratiques, allant de l'utilisation à long terme (par exemple, pendant une année) pour des méthodes comme le compostage ou l'incorporation progressive dans le sol, à une utilisation à court terme (1 à 2 mois) pour des pratiques saisonnières ou de gestion rapide. Cependant, une proportion notable de répondants indique à ne pas utiliser les résidus, ce qui pourrait refléter un manque de connaissances,

de ressources ou de besoin perçu pour leur utilisation. Ces résultats montrent que la gestion des résidus de pommes de terre varie considérablement, avec certains agriculteurs tirant parti de leurs avantages pour améliorer la fertilité du sol, tandis que d'autres ne les utilisent pas. Ces observations s'alignent que l'utilisation des résidus, comme le compostage ou leur incorporation dans le sol, peut augmenter la matière organique et améliorer la santé du sol. Pour encourager une gestion plus durable des résidus, des interventions éducatives et des soutiens techniques pourraient être nécessaires, en particulier pour les agriculteurs qui ne les utilisent pas actuellement. En résumé, bien que certaines pratiques efficaces existent, il reste un potentiel important pour améliorer l'utilisation des résidus de pommes de terre et maximiser leurs bénéfices agronomiques et environnementaux.

### 1.2 L'évolution de production de pomme de terre dans la région de LOUED SOUF

L'étude de la culture de la pomme de terre dans la région de LOUED SOUF peut couvrir plusieurs aspects, allant des rendements, aux surfaces cultivées, à la production ou encore à l'impact des facteurs environnementaux. Voici l'évolution de la production de pomme de terre entre 2015 et 2024 consignée dans le tableau N° 7

**Tableau.7** l'évolution de la production de pomme de terre entre (2015 et 2024)

| <b>année</b> | <b>La surface<br/>Cultiver<br/>(hectare)</b> | <b>Production<br/>(quintaux)</b> | <b>Rendement<br/>(quintaux/hectare)</b> |
|--------------|----------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>2015</b>  | 32,988                                       | 10, 886,430                      | 339                                     |
| <b>2016</b>  | 33,977                                       | 11, 172,520                      | 329                                     |
| <b>2017</b>  | 34,984                                       | 11, 524,882                      | 329                                     |
| <b>2018</b>  | 36 ,123                                      | 11, 335,300                      | 314                                     |
| <b>2019</b>  | 36,948                                       | 12, 123,300                      | 328                                     |
| <b>2020</b>  | 36,482                                       | 11, 969,090                      | 328                                     |
| <b>2021</b>  | 36,199                                       | 12, 939,100                      | 357                                     |
| <b>2022</b>  | 40,200                                       | 12, 050,500                      | 300                                     |
| <b>2023</b>  | 43,970                                       | 12, 896,400                      | 293                                     |

|      |        |             |     |
|------|--------|-------------|-----|
| 2024 | 43,400 | 13, 394,500 | 309 |
|------|--------|-------------|-----|

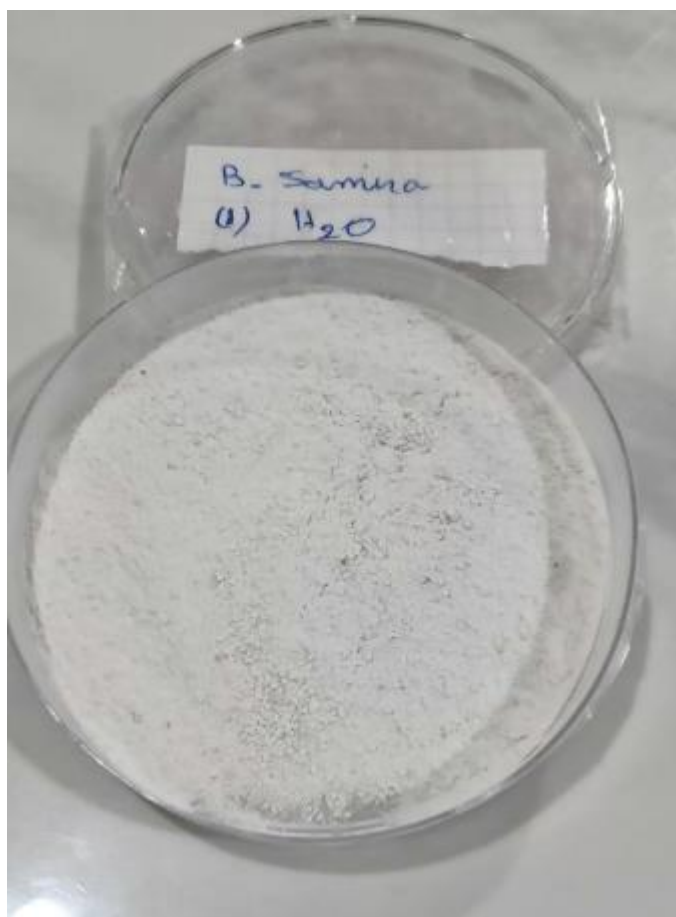
Source (DSA 2024)

### 1.3 L'extraction de l'amidon

Nous avons extrait l'amidon de pomme de terre par l'utilisation des trois méthodes, pour l'utiliser dans la fabrication de bioplastiques en laboratoire, ces méthodes sont basées essentiellement sur le changement de pH, nous utilisons des différents concentration de pH de milieu de trempage de pomme de terre, tel que méthode 1, on utilise le milieu neutre (eau distille pH =7), méthode 2 on utilise le milieu basique (NaOH pH= 13), et méthode 3, on utilise le milieu acide (HCL pH = 2) (Palacios-Fonseca et al., 2013)

**Tableau 8.** Description de l'amidon extraite de pomme de terre

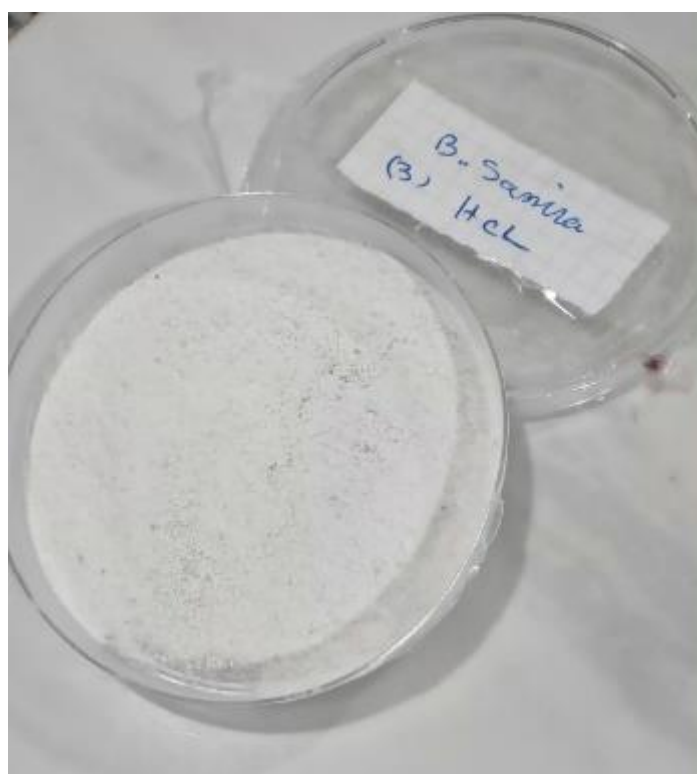
|              | Etat physique | Forme                | Odeur   | Couleur     |
|--------------|---------------|----------------------|---------|-------------|
| Neutre pH =7 | Solide        | Des grains fins      | Inodore | blanc       |
| NAOH pH= 13  | Solide        | Des grains très fins | Indore  | Blanc casse |
| HCL pH= 2    | Solide        | Des grains fins      | Inodore | blanc       |



**Figure. 37.** L'amidon extrait par la méthode 1 (milieu neutre Ph =7)



**Figure 38.** L'amidon extrait par la méthode 2 (milieu basique Ph =13)



**Figure 39.** L'amidon extrait par la méthode 3 (milieu acide Ph =2)

### 1.4 Le rendement de l'extraction de l'amidon

Les résultats du rendement de l'extraction de l'amidon en (%) de trois méthodes sont représentés par la teneur en amidon brut. Il a été calculé par la formule suivante et résumé dans le tableau 1.

$$R (\%) = (M_A/M) \times 100$$

R : le rendement d'extraction de l'amidon en %

$M_A$  : la masse d'amidon obtenue

M : la masse de pomme de terre

Chaque expérience répéter 3 fois, le tableau suivant résume les résultats obtenus :

**Tableau 9** Le rendement de l'extraction de l'amidon de pomme de terre

| -                           | La masse d'amidon obtenue en (g) |    |    | Le rendement de l'extraction de l'amidon en (%) |    |      |
|-----------------------------|----------------------------------|----|----|-------------------------------------------------|----|------|
|                             |                                  |    |    |                                                 |    |      |
| Méthode 1(H <sub>2</sub> O) | 24                               | 27 | 25 | 12                                              | 13 | 12,5 |
| Méthode 2(NaOH°)            | 19                               | 18 | 18 | 9,5                                             | 9  | 9    |
| Méthode 3(HCL)              | 23                               | 25 | 21 | 14                                              | 11 | 10,5 |

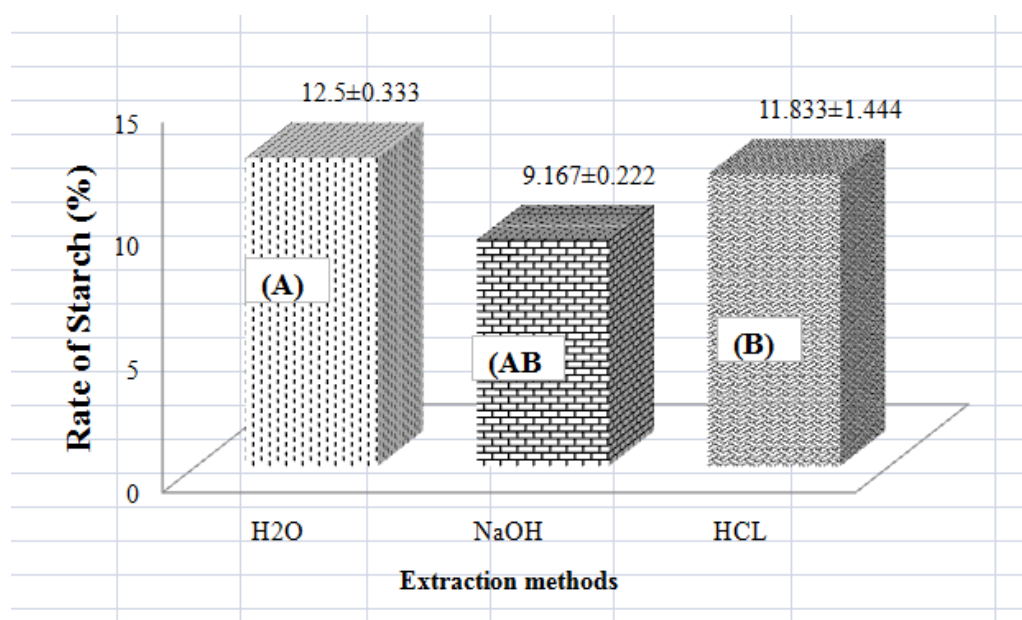
## 2. Analyse statistique

Les résultats obtenus sont traités par analyses statistiques, à l'aide de logiciels de traitement de données tels que SPSS (IBM 20), excel-stat (2014.5.03) et Minitab (17.1.0), pour les tests utilisés, il convient de mentionner l'ANOVA (facilité de calcul normal). Données), kruskalwallis (pas de données normales) et wilcoxon

**Tableau 10** ANOVA du rendement en amidon selon trois méthodes

| Source  | Df | Adj SS | F-value | P-Value | F-critic |
|---------|----|--------|---------|---------|----------|
| Methods | 2  | 18 667 | 7,15    | 0,026   | 5,143    |
| Error   | 6  | 7 833  |         |         |          |
| Total   | 8  | 26 500 |         |         |          |

Dans la (fig.40). Sont résumés les résultats obtenus pour le rendement en amidon de trois échantillons,

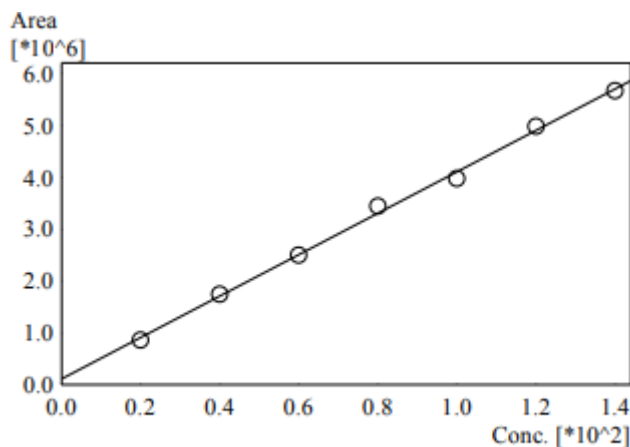


**Figure.40** Le rendement de l'extraction de l'amidon de pomme de terre Solon les trois méthodes

### 2.1 La chromatographie liquide à haut performance (HPLC) de l'amidon

Dans cette étude, nous avons utilisé la chromatographie liquide à haut performance l'HPLC pour analyser la composition en sucres (glucose) de l'amidon de pomme de terre, afin de mieux comprendre l'influx de PH sur la structure de cet amidon et les sucres présents après hydrolyse.

Pour cette analyse, ont été utilisés des standards de glucose, pour créer une courbe d'étalonnage. L'HPLC a été réalisée sous des conditions de température de 35°C avec un débit de phase mobile de 1 ml/min, avec détection à indice de réfraction (RID)



**Figure 41** une courbe d'étalonnage à partir de standards de glucose

La courbe d'étalonnage du glucose est représentée ci-dessus. L'équation de la courbe est

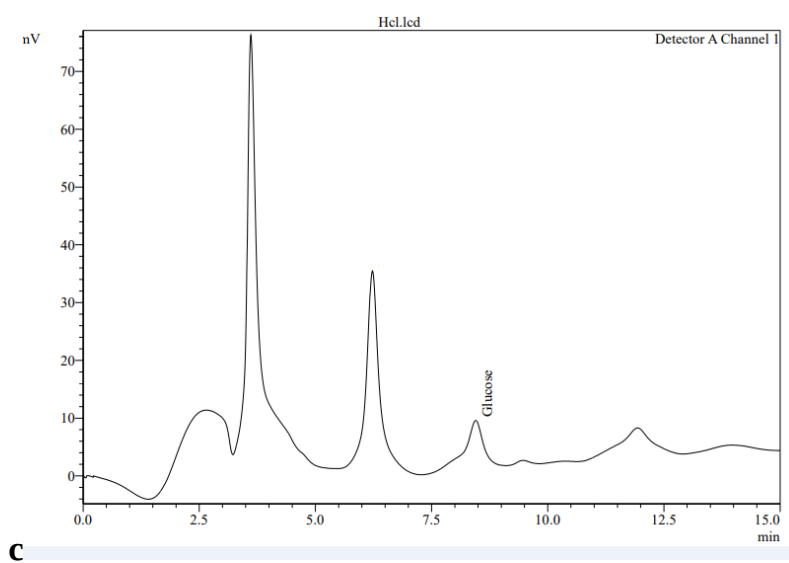
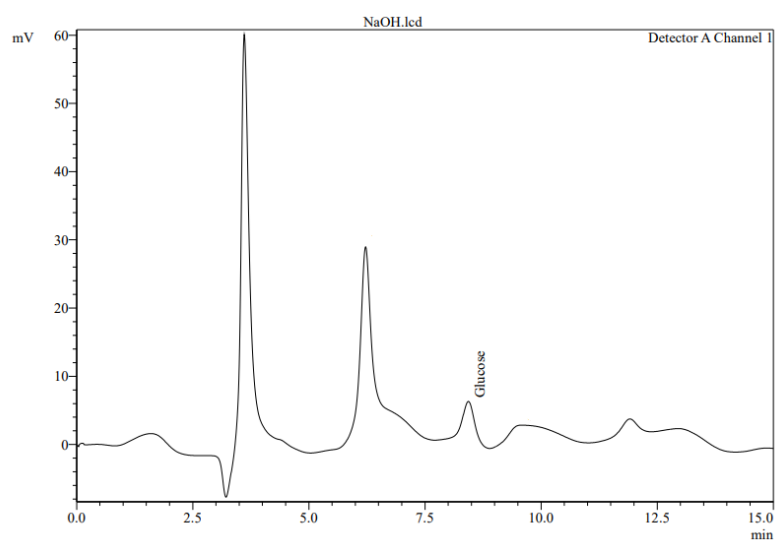
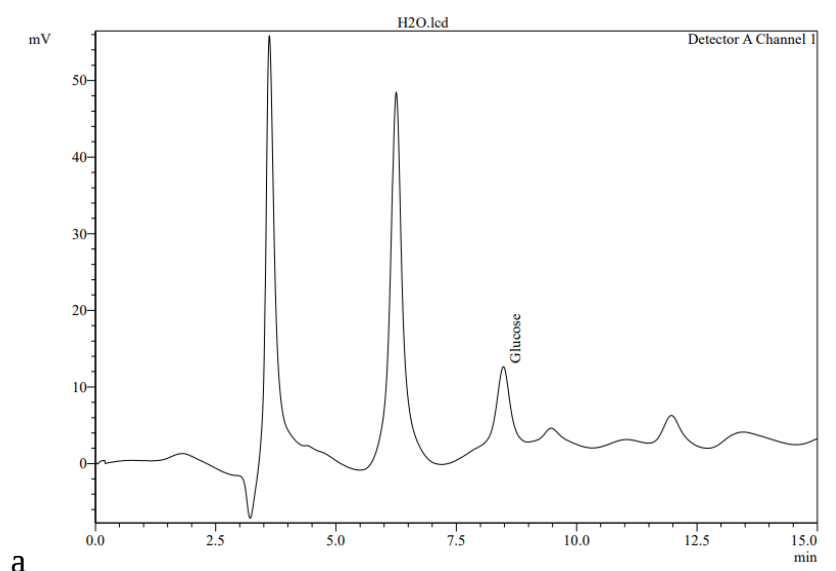
$$F(x)=39934.9 x+115624 (y= a C + b)$$

Avec un coefficient de corrélation de 0,999, ce qui indique une bonne précision de la méthode.

Tel que, a et b : sont les coefficients de la courbe d'étalonnage (obtenus lors de la construction de la courbe)

C : est la concentration du sucre de glucose dans l'échantillon de l'amidon (mg/L)

Y : est l'aire sous le pic de l'échantillon



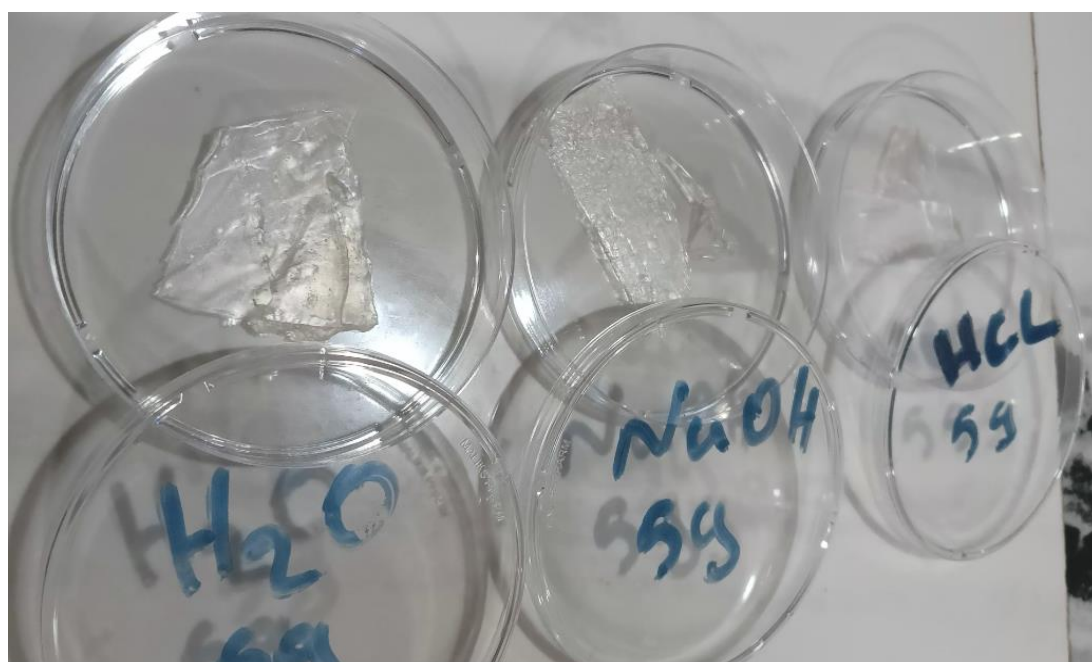
**Figure 42** La chromatographie de l'amidon extraire par les trois méthodes a (H<sub>2</sub>O), b(NaOH), c(HCL)

**Tbleau 11** les résultats de chromatographie et la concontration de sucre de glucose dans l'amidon

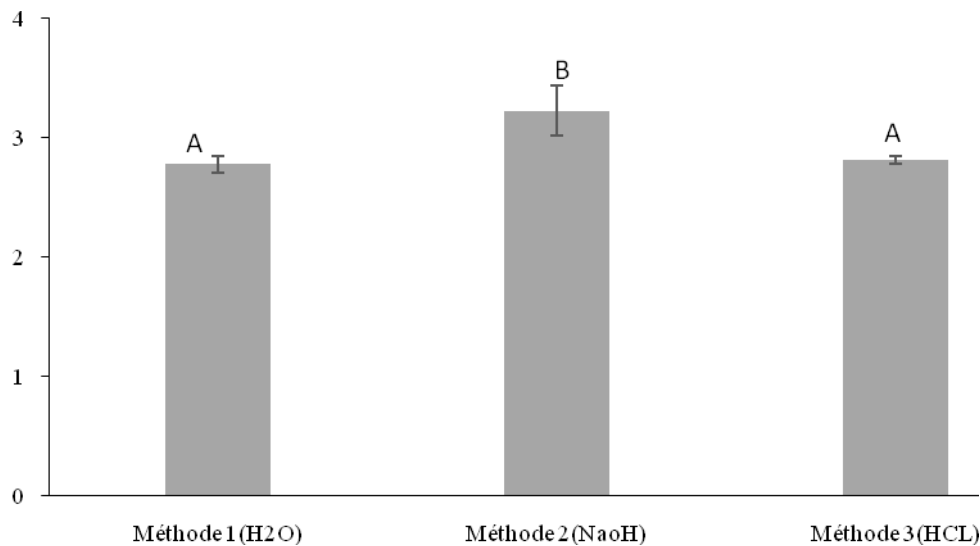
| titre    | Ret. Time | Area   | Height | Area%  | C (mg /L) |
|----------|-----------|--------|--------|--------|-----------|
| H2O.lcd  | 8.479     | 715864 | 15317  | 14.860 | 15,01     |
| Hcl.lcd  | 8.451     | 333384 | 9250   | 6.953  | 5,45      |
| NaOH.lcd | 8.433     | 465335 | 10894  | 9.213  | 8,75      |

### Observation visuelle de Bioplastique

Selon la température 90° C pendant 15 à 20 minutes et la dure de séchage on obtient un bioplastique souple et transparent



**Figure. 43.** Les bioplastiques obtenus à partir de l'amidon de pomme de terre extraite par les trois méthodes



**Figure. 44** Le rendement de fabrication de bioplastique à partir de l'amidon de pomme de terre Selon les trois méthodes

### 3.. Analyse biologique des bioplastiques

#### 3.1 Taste de biodégradation

Les bioplastiques à base de l'amidon de pomme de terre, un type de bio polymère, peuvent se dégrader dans le sol ou dans les milieux naturels en raison de l'activité de micro-organismes. Ce processus décompose les polysaccharides en monomères plus simples. Les recherches en cours (Chahbi & Kateb, 2020), visent à améliorer la biodégradabilité des bioplastiques, en garantissant qu'ils se décomposent efficacement et en toute sécurité dans différents environnements, minimisant ainsi leur impact environnemental.

La méthode d'évaluation de la biodegradation dans cette étude est basée essentiellement sur :

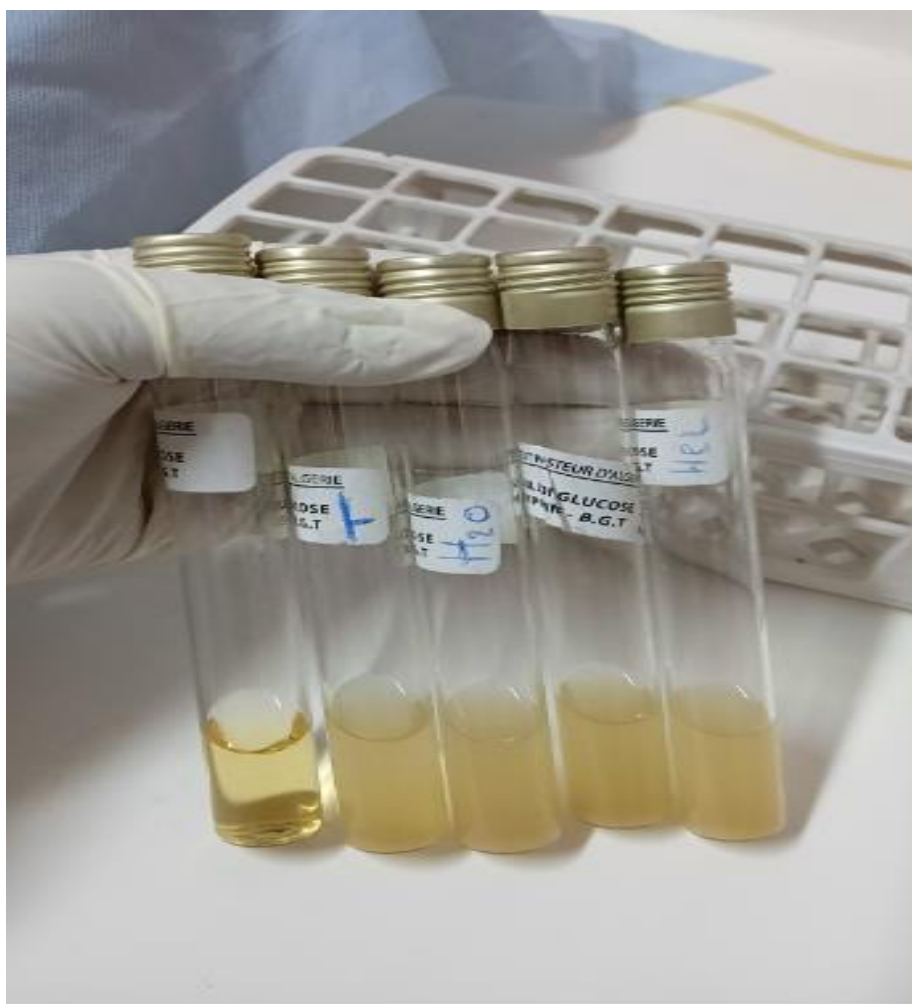
- **Analyse visuelle** : observation de la dégradation visible et mesure les démentions du plastique avant et après l'exposition à des conditions de biodégradation.
- **Tests biologiques** : tests pour mesurer l'activité microbiologique sur le plastique, comme l'évaluation de la croissance des micro-organismes en fonction du type de bioplastique.

Le tableau 12 ci-dessous présente les résultats obtenus tous les deux jours, présente le nombre de colonies bactériennes (UCF) et les mesures des dimensions du film bioplastique (D) en mm à partir de différents échantillons en milieu solide.

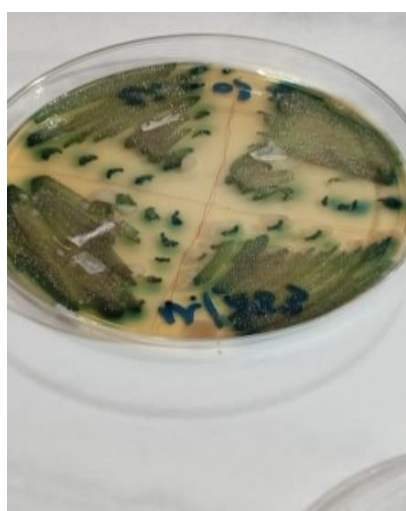
**Tableau 12.** Les résultats obtenus du nombre de bactéries de la colonie (UCF) et de la dimension de l'amas du bioplastique

|                         | 2 <sup>em</sup> jour |       | 4 <sup>em</sup> jour |       | 6 <sup>em</sup> jour |            | 8 <sup>em</sup> jour |            | 12 <sup>em</sup> jour |            |
|-------------------------|----------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|------------|----------------------|------------|-----------------------|------------|
|                         | UCF                  | D     | UCF                  | D     | UCF                  | D          | USF                  | D          | USF                   | D          |
| (Biop <sub>h2o</sub> )  | 10 <sup>3</sup>      | 1 0,9 | 10 <sup>5</sup>      | 1 0,8 | 10 <sup>7</sup>      | 0,8<br>0,5 | 10 <sup>9</sup>      | 0,5<br>0,4 | 10 <sup>13</sup>      | 0,3<br>0,0 |
| (Biop <sub>Noah</sub> ) | 10 <sup>3</sup>      | 1 1   | 10 <sup>5</sup>      | 1 0,9 | 10 <sup>7</sup>      | 0,8<br>0,6 | 10 <sup>9</sup>      | 0,6<br>0,4 | 10 <sup>13</sup>      | 0,2<br>0,2 |
| (Biop <sub>HCL</sub> )  | 10 <sup>2</sup>      | 1 1   | 10 <sup>5</sup>      | 1 0,8 | 10 <sup>7</sup>      | 0,7<br>0,6 | 10 <sup>9</sup>      | 0,7<br>0,4 | 10 <sup>12</sup>      | 0,2<br>0,1 |

L'étude de la biodégradation du plastique consiste à analyser la manière dont les plastiques se décomposent dans l'environnement sous l'action de micro-organismes (bactéries, champignons, etc.) et d'autres facteurs biologiques, nous avons étudié la biodégradation du bioplastique dans des milieux liquides et solides et avons constaté que le bioplastique préparé à l'aide de diverses méthodes d'extraction de l'amidon de pomme de terre (neutre, alcaline et acide). A commencé par étudier la dégradation des bioplastiques à l'aide de bactéries cultivées sur la gélose nutritive et du Chromagar et conservées à température ambiante



**Figure 4 5** L'isolation en milieu liquide



**A**



**b**



**c**

**Figure .46** L'isolation en milieu solide

(A). Avant et (b). Après 30 jours. Illustration de la culture bactérienne, et la dégradation des bioplastiques et l'isolement des bactéries se dégrade dans le milieu chromagar (c). Illustration d'une culture bactérienne sur gélose nutritive (GN).

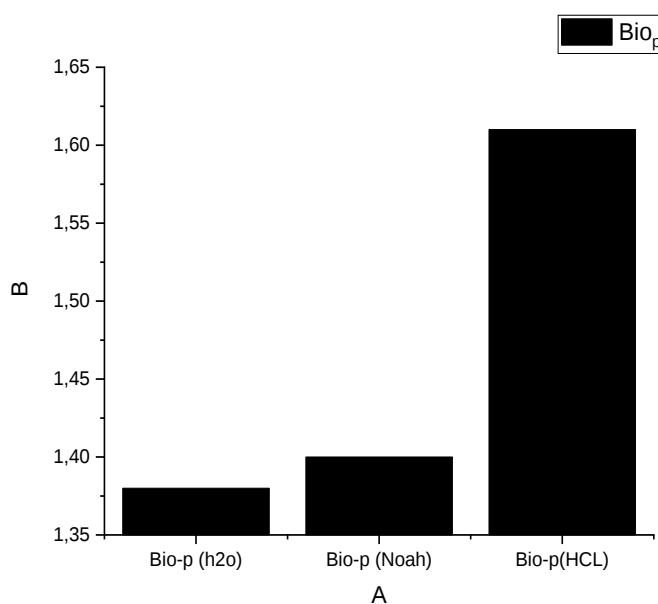
#### 4. L'analyse physico- chimique des bioplastiques

##### 4.1 La densité

La densité du bioplastique est un paramètre important qui peut varier en fonction du type de plastique,

**Tableu13.** La densité du bioplastique

|                         | Mass de bioplastique<br>(g) | Densité de bioplastique<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------|
| Bio-p <sub>(h2o)</sub>  | 2,77                        | 1,38                                            |
| Bio-p <sub>(Noah)</sub> | 3,22                        | 1,61                                            |
| Bio-p <sub>(HCL)</sub>  | 2,81                        | 1,40                                            |



**Figure 47.** La densité de la pièce en bioplastique obtenue

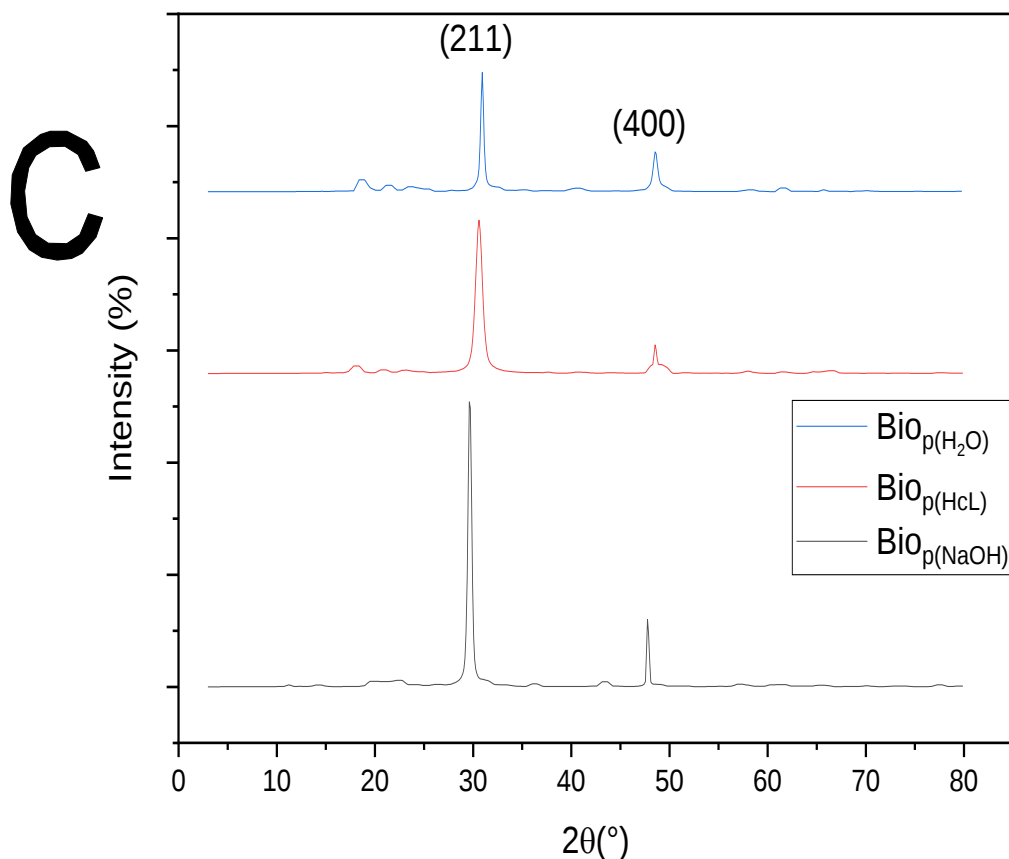
##### 4.2 Diffraction des rayons X

La DRX est une technique analytique qui permet d'obtenir des informations sur le cristallin de composés, la structure, et la taille des cristaux, même sur les défauts dans le matériau de bioplastique

**Tableau.14.** Synthèse des principales caractéristiques du bioplastique obtenu par diffraction des rayons X

|                         | hkl | $2\theta$ | $B_{1/2}$ | d     | $I_0$ | $I_{Max}$ |
|-------------------------|-----|-----------|-----------|-------|-------|-----------|
| Bio-p <sub>(h2o)</sub>  | 211 | 29,67     | 0,333     | 2,992 | 5,18  | 457,97    |
|                         | 400 | 47,77     | 0,444     | 1,895 | 34,27 | 202,37    |
| Bio-p <sub>(Noah)</sub> | 211 | 29,664    | 0,396     | 3,011 | 8,67  | 950, 37   |
|                         | 400 | 47,76     | 0,090     | 1,902 | 6,09  | 624,91    |
| Bio-p <sub>(HCL)</sub>  | 211 | 29,83     | 0,799     | 2,992 | 5,18  | 457,97    |
|                         | 400 | 47,94     | 0,090     | 1,895 | 34,27 | 202, 37   |

$2\theta$ . Demi-angle de Bragg pour chaque plan  $B_{1/2}$  de la largeur totale à la moitié du maximum du pic de diffraction,  $I_0$ . L'intensité selon la carte JCPDS du plan (hkl)  $I_{Max}$ . L'intensité maximale selon la fiche JCPDS du plan (hkl)



**Figure48.** Image radiographique de la pièce de bioplastique obtenue par le DRX

**Table 15.** La taille des cristallites ( $D_{hkl}$ ), contrainte résiduelle ( $\epsilon_{hkl}$ ) et densité de dislocation ( $\delta_{hkl}$ ), et Coefficient de texture ( $T_{Chkl}$ )

|                      | hkl | D (hkl) | $\xi$ (hkm) | $\delta$ (hkl) | $T_{Chkl}$ |
|----------------------|-----|---------|-------------|----------------|------------|
| $\text{H}_2\text{O}$ | 211 | 4,319   | 0,315       | 0,053          | 0,371      |
|                      | 400 | 3,414   | 0,250       | 0,085          | 0,10       |
| NaOH                 | 211 | 3,629   | 0,417       | 0,075          | 0,011      |
|                      | 400 | 16,907  | 0,050       | 0,003          | 0,023      |
| HCL                  | 211 | 1,795   | 0,750       | 0,310          | 0,225      |
|                      | 400 | 16,907  | 0,050       | 0,003          | 0,269      |

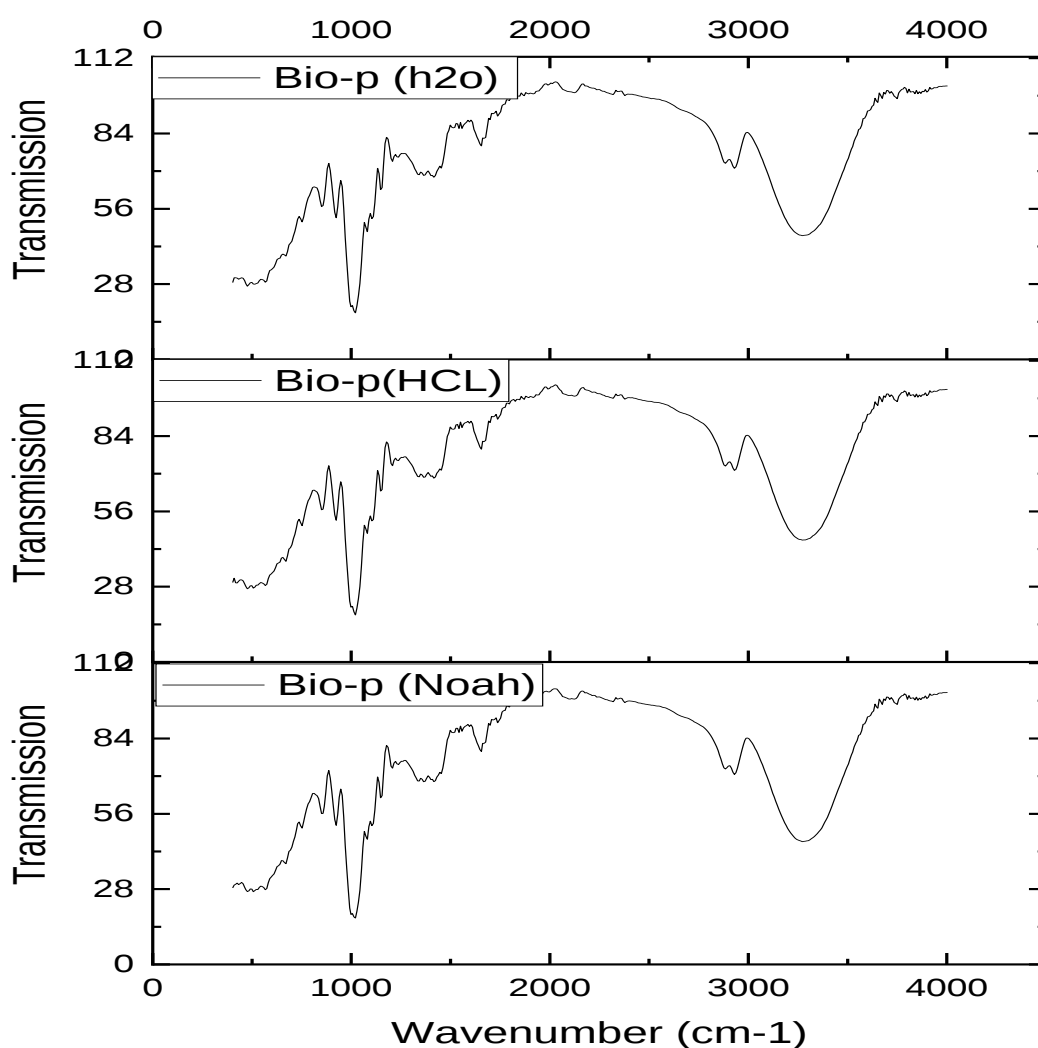
$0_{hkl}$  est l'intensité selon la carte JCPDS de l'avion (hkl) et N est le nombre de pics de diffraction. Les valeurs obtenues de  $T_{Chkl}$  sont rassemblées dans le tableau 15

**Tableau 16.** Valeurs moyennes obtenues de  $D$ ,  $\varepsilon$  et  $\delta$  des bioplastiques.

| (hkl) | $\langle D \rangle$ | $\langle \xi \rangle$ | $\langle \delta \rangle$ | $\langle TC \rangle$ |
|-------|---------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|
| 211   | 3,247               | 0,494                 | 0,146                    | 0,202                |
| 400   | 12,409              | 0,259                 | 0,023                    | 0,101                |

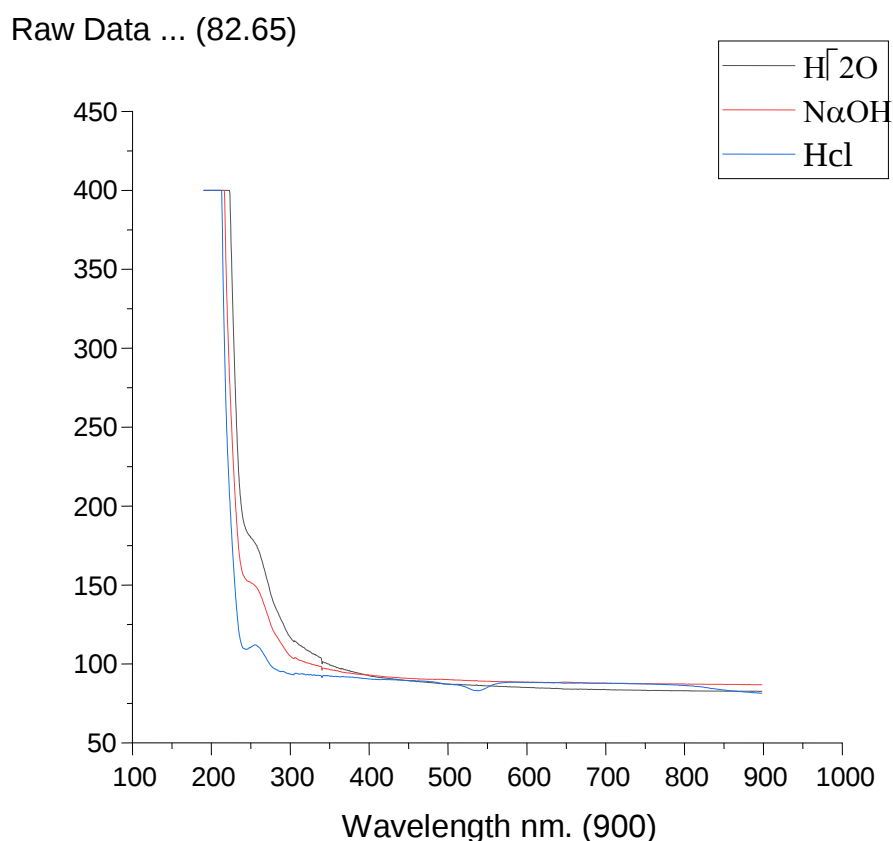
### 4.3 L'analyse de FTIR (spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier)

Pour identifier l'interaction chimique des composites bioplastiques, les échantillons ont été analysés par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier en mode réflectance totale atténuée (FTIR-ATR).

**Figure 49.** Spectres FTIR du bioplastique obtenu par différentes féculles de pomme de terre

La spectroscopie FTIR a défini la structure biochimique du matériau bioplastique et l'interaction entre les molécules d'eau, d'amidon et de glycérol dans la formation du bioplastique, comme le montre la figure 49

#### 4.5 L'analyse d'UV-visible (Propriétés optiques)



**Fig. 50** Spectres de réflectance et de transmission UV-visible de différents bioplastiques

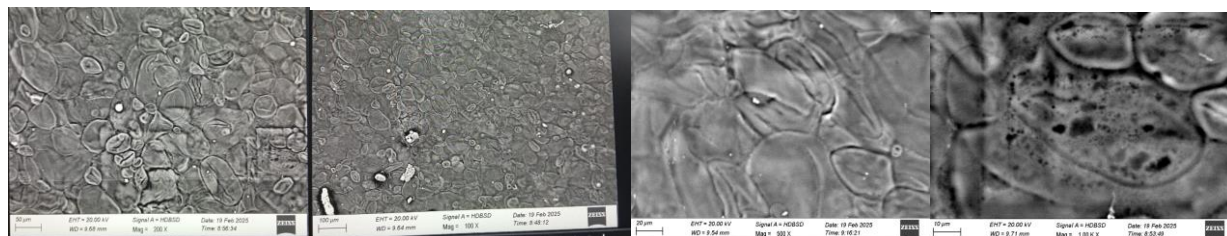
Le spectre UV-visible fournit des informations intéressantes sur les propriétés optiques, la structure chimique et les interactions moléculaires de bioplastique.

La capacité des bioplastiques à absorber les rayons UV était bénéfique lorsque le bioplastique était utilisé dans les emballages alimentaires (Princey, et al., 2020). La figure 50 montre le spectrogramme UV des bioplastiques.

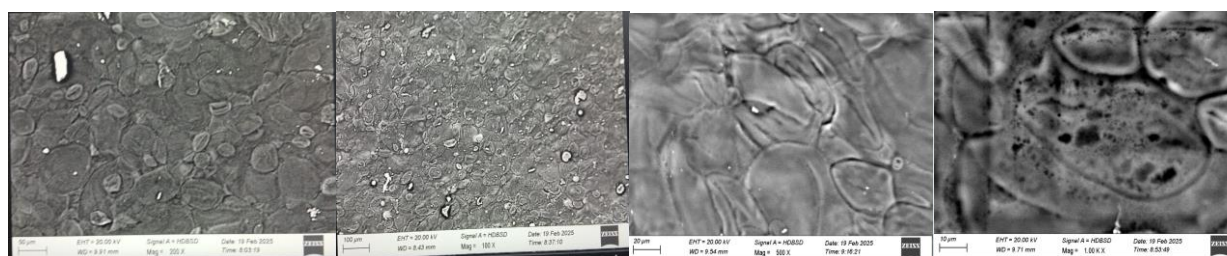
#### 4.6 Microscope électronique à balayage (MEB- EDX)

Analyse et réaliser par le microscope électronique à balayage, SEM a été appliqué d'observer les microstructures de la surface et des croix section du film des bioplastiques,

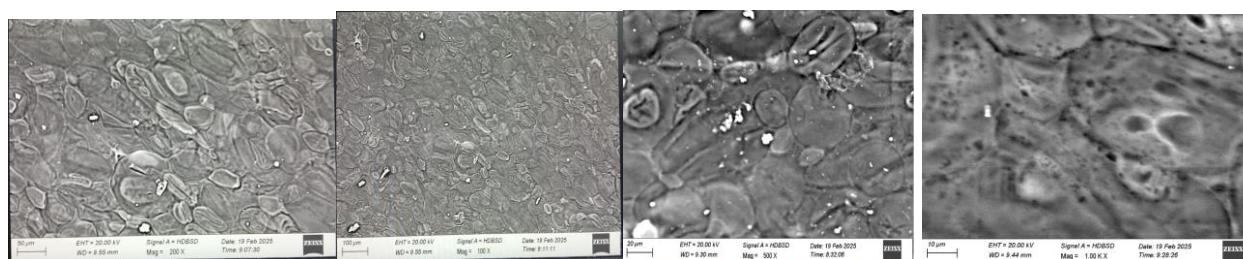
Il réalisée en ZEISS EVO 15 SEM en la résolution de 2,0 nm à 30 kV et le grossissement de la capacité est comprise 1,00X, 2, 00 X, 5,00 X et 10,00KX. Les échantillons ont été montés sur une unité de revêtement d'or SEM pour la numérisation.



**Figure 51** (Micrographies MEB de BIOP (H<sub>2</sub>O) à grossissement (×100) (× 200) (× 500) (×1,00)

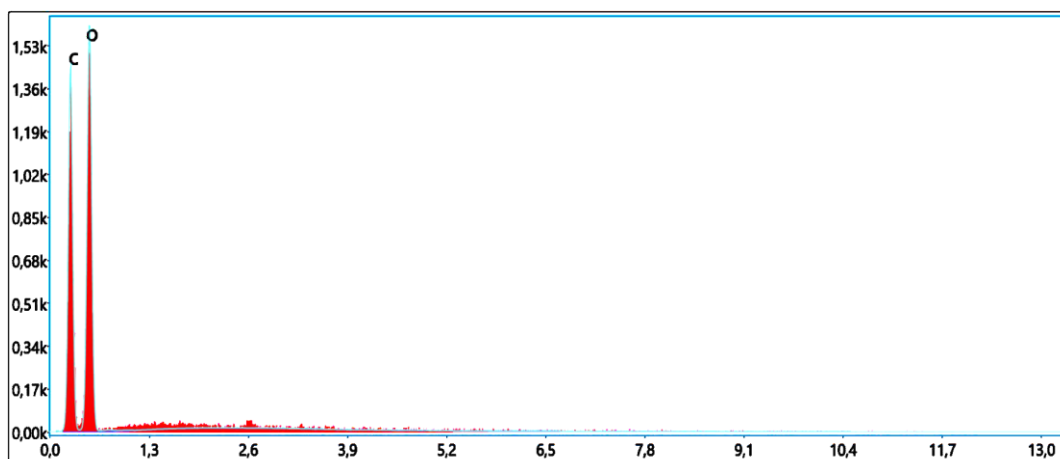


**Figure 52** Micrographies MEB de BIOP (NaOH) à grossissement (×100) (× 200) (× 500) (×1,00)



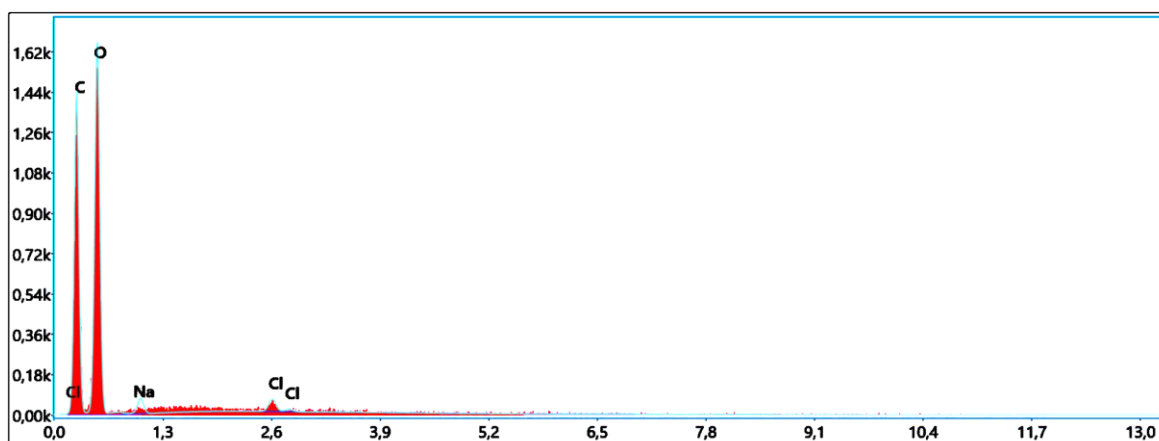
**Figure 53** Micrographies MEB de BIOP(HCl) à grossissement (×100) (× 200) (× 500) (×1,00)

L'analyse spectroscopique des bioplastiques obtenu montre le pourcentage pondéral et le pourcentage atomique des différents éléments présents dans polymère qui est montré dans les figures ci-dessus



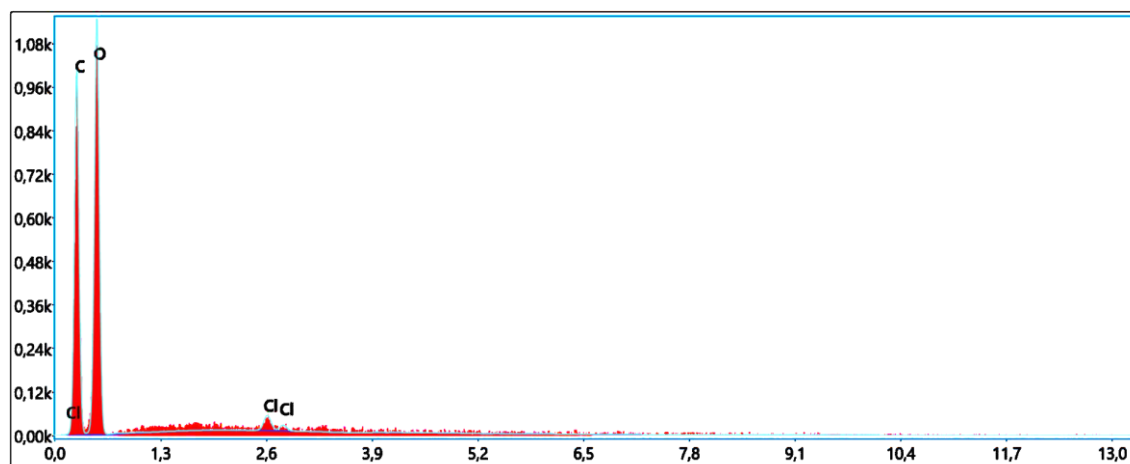
| Elément | % de masse | % atomique | Kratio | Z      | A      | F      |
|---------|------------|------------|--------|--------|--------|--------|
| C K     | 40.43      | 47.48      | 0.2304 | 1.0266 | 0.5551 | 1.0000 |
| O K     | 59.57      | 52.52      | 0.1523 | 0.9809 | 0.2606 | 1.0000 |

**Figure 54** oligo-éléments issus de l'analyse EDX de BIOP (h2o)



| Elément | % de masse | % atomique | Kratio | Z      | A      | F      |
|---------|------------|------------|--------|--------|--------|--------|
| C K     | 40.65      | 48.11      | 0.2054 | 1.0290 | 0.4910 | 1.0000 |
| O K     | 56.91      | 50.57      | 0.1408 | 0.9833 | 0.2516 | 1.0000 |
| NaK     | 1.57       | 0.97       | 0.0051 | 0.8919 | 0.3617 | 1.0009 |
| ClK     | 0.87       | 0.35       | 0.0072 | 0.8302 | 0.9846 | 1.0152 |

**Figure 55** Oligo-éléments issus de l'analyse EDX de BIOP (Naoh)



| Elément | % de masse | % atomique | Kratio | Z      | A      | F      |
|---------|------------|------------|--------|--------|--------|--------|
| C K     | 41.02      | 48.32      | 0.2108 | 1.0276 | 0.4998 | 1.0000 |
| O K     | 57.99      | 51.28      | 0.1416 | 0.9820 | 0.2486 | 1.0000 |
| Ca K    | 0.99       | 0.39       | 0.0082 | 0.8290 | 0.9879 | 1.0154 |

**Figure 56** Oligo-éléments issus de l'analyse EDX de BIOP(Hcl)

## 2. Discussions

### 2.1 L'étude de L'évolution de la production de pommes de terre

L'évolution de la production de pommes de terre au fil des années est le résultat de plusieurs facteurs qui touchent à la fois l'agriculture, la technologie, les besoins alimentaires, et les conditions économiques et climatiques, on fonction des informations obtenues lors de l'interrogatoire avec les paysans dans des défèrent régions de oued sauf et les informations obtenus par la Direction des services agricole nous remorquons que la production de pommes de terre est donc liée à une combinaison de facteurs géographiques, , agronomiques, économiques et sociaux. Elle s'inscrit dans un contexte de développement agricole et technologique, avec une adaptation continue aux défis contemporains, notamment la sécurité alimentaire, la durabilité environnementale, et les nouvelles demandes des consommateurs (Boufares, 2012)

La production de pomme de terre représente la première culture maraîchère, avec 1 506 859 quintaux en 2007, et 3 290 000 quintaux en 2010 ce chiffre a presque doublé en l'espace de Cinque ans avec une production de 10, 886,430 quintaux en 2015, jusqu'a 13,394,00 quintaux en 2024 selon le Ministère de l'Agriculture.et le développement Rural

En pion de vu d'espaces la culture de pomme de terre représente une évolution importante et surtout dans les dix dernières années dans la région de OUED SOUF avec 32,988 hectares en 2015 jusqu'à 36,123 hectares en 2018 pour devenir à 43,400 hectares en 2024, cette culture de pomme de terre cultivée avec une différentes variétés spunta, bartina, kondor, et une nouvelle variété qui en appelle NAIMA, la pomme de terre offre un rendement par hectare beaucoup plus élevé, ce qui en fait une culture particulièrement intéressante, tel que le rendement de la production en 2015 devient 330 quintaux/ hectare jusqu'à 357 quintaux/ hectare en 2018 à 309 quintaux/ hectare en 2024. Actuellement la wilaya d'El Oued occupe la 1ère place au niveau nationale et contribue Avec 24% de la production nationale, avec cette augmentation dans de la production de pommes de terre la Direction des services agricole de la wilaya a été déclaré que chaque année une grande quantité de pomme de terre estimée de 10 pour cent de la production utilisent comme aliment des batailles soit les rejetées au décharge publique. Puisque que c'est une production déclassée soit des tubercules des petites taille ou tubercules blessées, ou ont d'aspect commercial médiocre, cela est principalement dû à l'augmentation notable des températures, ainsi qu'au non-respect des conditions de stockage.

La montée en puissance de l'industrie agroalimentaire, avec la production de produits transformés à base de pommes de terre et raison de sa haute teneur en amidon, nous ce genre de bioplastique à base de source biologique, naturelle, renouvelable.

## **2.2 Le rendement de l'extraction e l'amidon de pomme de terre et la fabrication des bioplastiques à partir les trois méthodes**

L'amidon c'est un bio polymère de la formule brut ( $C_6H_{10}O_5$ ) c'est le majeur polysaccharide la plus utilisé après le cellulose dans le monde alimentaire grâce à sa valeur énergétique, sa structure macro moléculaire, et son caractère fonctionnel hydro-collodée.

L'amidon de pomme de terre est principalement composé de deux types de polysaccharides : l'amylose et l'amylopectine., ces deux polysaccharides sont eux-mêmes constitués de molécules de glucose, mais sous des structures différentes,

La comparaison des résultats obtenus pour l'extraction de amidon de pomme de terre spunta pour les trois méthodes (neutre, basique et acide) montrent qu'une légère différence non significative quantitativement entre les deux méthodes neutre et acide tel

que les deux résultats représentent respectivement 12,5 et 11,83 g, par contre une, les résultats sont une différence significative dans le trempage alcalin de l'échantillon 2. , où représentait le piot d'amidon 9.16g ce qui confirme ce qui obtenu par (Palacios-Fonseca et al., 2013)

Pour montrer l'influx de l'utilisation de différentes concentrations de pH dans l'extraction de l'amidon de pomme de terre qualitativement, ont été utilisés le test de HPLC, peut avoir un impact significatif sur le rendement et la qualité de l'amidon extrait les résultats présente que l'amidon extraite par le milieu neutre a temps 8,47 aire 715864 et l'amidon extraite par le milieu basique a temps 8,43 , aire 465335 et l'amidon extraite par le milieu acide a temps 8,45, aire 333384 , après le calcule de concentration de glucose dans l'amidon selon l'équation de la courbe standard on obtenus les résultats suivant méthode 1(15,01g/l), methode2 (8,75g/l) et méthode 3 ( 5,45g/l)respectivement Ont été remarque qu'il y a une relation proportionnelle entre l'aire de source et leur concentration dans l'amidon extraite

La dégradation partielle de la paroi cellulaire dans le processus d'extraction de l'amidon fait référence à la rupture ou à l'altération partielle des structures complexes qui entourent les cellules de la pomme de terre, afin de libérer l'amidon contenu à l'intérieur. L'amidon est stocké dans les cellules sous forme de granules, et ces granules sont enveloppés par des parois cellulaires qui les protègent (Farhouh, 2012)

Le pH joue un rôle important dans la dégradation de ces parois cellulaires lors de l'extraction de l'amidon (M.-J. Thomas, 1980), tel que

**PH neutre (pH 7) :** Un pH neutre est souvent utilisé pour éviter toute dégradation excessive de la paroi cellulaire et de l'amidon . Cela permet d'extraire l'amidon sans risquer sa dégradation

**PH basique (pH 13) :** Un pH élevé peut également aider à briser les liaisons dans les parois cellulaires, mais un pH trop basique peut dégrader l'amidon lui-même (par hydrolyse), produisant des sucres simples comme le glucose

**PH acide (pH 2) :** Un pH acide peut aider à dissoudre certaines parties de la paroi cellulaire, comme les pectines et certaines liaisons dans l'himeopectine cela peut rendre la paroi plus perméable et permettre une meilleure libération de l'amidon

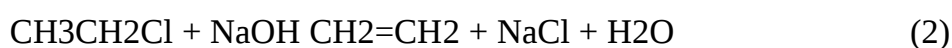
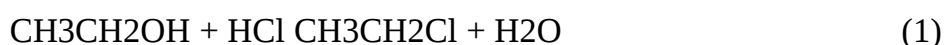
Pour la fabrication de bioplastique le mélange de l'amidon avec l'acide chlorhydrique, et le glycérol comme de plastifiant sous l'effet de la température permet l'obtention du bioplastique

L'ajoute de glycérol permet simplement d'augmenter de volume libre entre deux chaînes de polymères pour diminuer les interactions et ainsi favoriser le mouvement de l'une par rapport à l'autre. Et diminuer le chauffage car le plastifiant a déjà introduit entre les deux chaînes. et. Aussi rend le bioplastique plus flexibles et transparents

Après chauffage, qui a contribué à déstructurer les grains d'amidon, il y a une réaction chimique entre l'alcool qui provenant des sucres fermentescibles de l'amidon avec l'acide chlorhydrique (équation 1). Cette réaction conduit à un halogénure d'alkyle,

L'ajout du NaOH permet l'obtention d'un alcène par réaction d'élimination (équation 2).

Ce dernier étant un monomère réagit avec une autre unité monomérique pour conduire à l'obtention d'un polymère qui est un plastique (équation 3). (Chahbi & Kateb, 2020)



L'ajoute de HCl est favoriser la déstructuration du grain d'amidon par un phénomène d'hydrolyse ménagée. Et permet alors la séparation amylose/amylopectine et le passage de l'amylose en solution. Un amidon déstructuré est tout simplement un amidon qui ne se trouve plus sous sa forme originelle de grain les polymères le constituant (amylose et amylopectine) sont dispersés chimiquement

### 2.3 La biodégradation des bioplastiques

Plusieurs facteurs influencent sur la biodégradation des plastiques comme par exemple la température la plus élevées favorise généralement l'activité des micro-organismes., et aussi que l'Humidité de l'environnement favorise la croissance de micro-organismes dégradants. et le plus important c'est la structure chimique du plastique tel que les chaînes plus longues ou très complexes sont plus difficiles à dégrader c'est là que réside la différence entre les plastique traditionnelle fabriquer à partir des driver pétrolière avec des structure chimique très compliquer qui sont non dégradables (Urbanek et al., 2018) et notre plastique qui fabriquer à partir des sources biologique à base des polymères à structure chimique simple donc facilement à dégradera (Siracusa et al., 2008)

### 2.3 .1 En milieu liquide

Ont constaté que dans le milieu liquide. Le bioplastique était facilement dégradé par les bactéries présentes dans le milieu liquide (BGT) Nous avons observé le début de la dégradation bactérienne après 24 heures, et la quantité de film bioplastique a été entièrement dégradée en trois jours environ dans les trois tubs cette dégradation est due à la facilité de solubilité du bioplastique dans l'eau, comme le démontre (de Azevero, et al., 2020),(Abe et al., 2022) au fond du tube (BGT), on remarque une sédimentation de couleur blanche , résulte par la digestion bactérienne du film bioplastique dans les milieux liquides, ainsi que les mêmes remarques dans tous les échantillons (Bio-p neutre (h<sub>2</sub>O), Bio-p alcalin (NaOH), et Bio-p acide(HCL))

### 2.3 .2 En milieu solide

Nous avons observé divers types de colonies bactériennes dans le milieu solide tel que la dégradation par les microorganismes contient dans le sol commençait 48 heures après le temps initial et, presque la moitié du bioplastique était digérée par les bactéries au bout de 12 jours, presque tout le bioplastique était digéré par les bactéries, Le processus de biodégradation des bioplastiques se déroule en plusieurs étapes

1. **Colonisation** : des micro-organismes s'installent sur la surface du bioplastique.
2. **Enzymes dégradantes** : ces micro-organismes produisent des enzymes qui décomposent les liaisons chimiques du plastique.
3. **Fragmentation** : le plastique est fragmenté en petites particules, ce qui facilite son assimilation par les micro-organismes. (Lapointe, 2012)
4. **Assimilation** : les petites molécules issues de la dégradation sont utilisées comme source d'énergie et de nutriments pour les micro-organismes.

La culture en milieu solide chromager en utilisant la technique de plaque stérile pour isoler la culture pure, nous avons observé plusieurs types de colonie bactérienne issue du bioplastique dégradé. On remarque qu'il existe une relation inverse entre la dimension bioplastique dégradé ce qui a été confirmé par des changements morphologiques et le nombre de croissances des colonies bactériennes.

La méthode d'isolement sur plaque stérile par la culture en milieu solide gélose nutritif (GN), on observe des colonies bactériennes similaires à ces bactéries qui dégradent le bioplastique à base d'amidon. Par la destruction de laissons chimiques, nous avons observé que le bioplastique se dégradait complètement en l'espace d'un mois dans le milieu solide. (Iwata, 2015) On remarque que la dégradation s'est faite en premier dans la plaque qui contient le bioplastique fabriqué à partir du milieu neutre, cela est dû au peu de laissons chimiques que les autres bioplastiques (Ghatge et al., 2020)

## **2.4 Les caractéristiques physico-chimiques**

### **2.4.1 La densité**

Les bioplastiques sont des matériaux dérivés des ressources naturelles et biologiques et peuvent être fabriqués à partir de différents polymères, avec d'autres additifs ce qui influence leur densité. Par exemple, le type du matériau de base amidon ou des acides gras, la présence d'additifs comme les plastifiants qui ajoutent des charges et des stabilisants aux bioplastiques, donc peuvent aussi modifier leur densité, et la cristallinité du bioplastique tel que plus cristallin aura généralement une densité plus élevée, tandis qu'un matériau amorphe sera moins dense. (Abdullah, Fikriyyah, Putri, & Asri, 2019)

Tout comme les plastiques traditionnels leur densité varie en fonction du type de plastique (PVC, PP, PET...), et de sa formulation.

La densité a également une signification sur l'impact environnemental des plastiques, tel que les plastiques légers (faible densité) peuvent se retrouver plus facilement dans les océans et les environnements naturels, ce qui entraîne des problèmes de pollution, tandis que les plastiques plus denses sont souvent plus durables mais peuvent être plus difficiles à recycler ou à manipuler.

L'objectif de cette analyse est de mesurer la densité du bioplastique à base d'amidon et d'analyser comment cette densité varie en fonction de différents paramètres (humidité et température)

En fonction des résultats de la masse du bioplastique obtenus à partir de différents amidons de pomme de terre extraits par différents milieux (neutre, alcalin et acide), on remarque que la densité du bioplastique (Bio-p (H<sub>2</sub>O)), Bio-p (NaOH) et Bio-p (HCL) sont

respectivement de 1,38, 1,61 et 1,40 g/cm<sup>3</sup>, ces valeurs résultent à partir des composants de base de notre matérielle qui sont l'amidon et le glycérol qui ont de densité 1,5 g/cm<sup>3</sup> et 1,21 g/cm<sup>3</sup> respectivement, (Abdullah et al., 2019)

Lorsque l'amidon absorbe de l'eau, les liaisons sont renforcées et rendent plus compact, de plus, lorsque l'échantillon traité à une température (90°), la gélatinisation de l'amidon est complète, qui favorisant un meilleur compactage de bioplastique, ces résultats montrent que la densité des bioplastiques varie en fonction des traitements de l'amidon au cours de l'extraction.

Ces valeurs de densité des bioplastiques sont élevées par rapport à la densité de plastique traditionnelle qui varie entre 0,90 et 0,93 g/cm<sup>3</sup> (Seguela & Rietsch, 1984), (M. Guendouz & Debieb, 2015) ce qui montre l'amitié de bioplastique à l'environnement.

#### 2.4.2 FTIR

La spectroscopie FTIR a défini la structure biochimique du matériau bioplastique et l'interaction entre les molécules d'eau, amidon et le glycérol dans la formation du bioplastique, et permet de déterminer les groupes fonctionnels présents dans le matériau et d'identifier les interactions chimiques qui se produisent entre l'amidon et d'autres composants du bioplastique. Nous avons remarqué la même position des pics dans chaque expérience, où remarquer un pic dans la région 3540 cm<sup>-1</sup> correspondant au groupe hydroxyle d'éirement (O-H), cette bande est moins intense ou plus large, ce qui confirme que l'amidon a conservé sa structure de base par l'absorption d'eau ou l'interaction avec le plastifiant et, peut refléter l'interaction de l'eau ou des groupes hydroxyles dans la structure de l'amidon

La longueur d'onde à 3000 -2940 cm<sup>-1</sup> représente la liaison glucide (C-H) est particulièrement intéressante qui caractérise les vibrations de la C-H dans les groupes hydroxyles de l'amidon. Cela peut également indiquer des modifications dans la structure chimique après l'ajout du glycérol, qui rendent le bioplastique plus flexible...

Et la longueur d'onde entre 1150 et 950 cm<sup>-1</sup> où attribué à la liaison glycosidique (C-O) du groupe C-O-H et du groupe C-O-C dans le anhydroxle, ce qui confirme que la structure polymérique de l'amidon ne sont pas complètement rompues. Cela suggère que

l'amidon n'a pas subi de dégradation excessive pendant le processus de transformation en bioplastique, ces résultats sont confirmés les résultats obtenus par (Pongsuwan et al., 2022) qui a produit du bioplastique à base des déchets d'inflorescence de banane (Chakraborty et al., 2022), qui préparé le bioplastique par l'acide citrique et (Niu, et al., 2021b) ainsi utilisé de l'amidon de pomme de terre, la lecture des pics de spectre des échantillons des bioplastique montre que le matériau est riche en polysaccharides donc biosourcé, et l'interaction entre l'eau, l'amidon et le glycérol donnent une meilleure miscibilité et des structures homogènes.

### 2. 4.3 Diffraction des rayons X (DRX)

La DRX est une technique analytique qui permet d'étudier la structure cristalline des matériaux en mesurant l'intensité des rayons X diffractés par les cristaux cela permet d'obtenir des informations sur la composition, la structure, la taille des cristaux, et même les défauts dans le matériau étudié.

Les résultats de DRX ont révélé que le matériau de bioplastique étudié représente, deux intensités des pics distinctes, (211), (400), et deux angles de diffraction des rayons X ( $2\theta$ )  $29,72^\circ$  et  $47,82^\circ$  à chaque angle, une distance inter planaire ( $d_{hkl}$ ) correspond à l'espace entre deux plans cristallins adjacents dans un matériau, elle est calculée via la loi de Bragg (Éq. 2), reliant l'angle de diffraction ( $\theta$ ), la longueur d'onde ( $\lambda$ ) et l'ordre de diffraction ( $n$ ). Dans les bioplastiques, cette distance influence la densité et l'arrangement moléculaire. cela permet de déterminer deux distances inter-planaires. Les valeurs de ( $d_{hkl}$ ) (ex.  $2,992/1,895 \text{ \AA}$  pour Bio-p ( $H_2O$ ).3,  $0,11/1,902 \text{ \AA}$ ) Bio-p (NaOH) et  $2,99/1,895 \text{ \AA}$  Bio-p (HCl) suggèrent une structure cristalline moins dense, favorisant une meilleure flexibilité. et de pureté de ce matériel qui signifie la bonne intégrité de l'amidon avec le glycérol sous l'effet de la température (Cullity & Graham, 2011).

#### 2.4.3.2 Taille des cristallites (D)

La taille des cristallites ( $D$ ) est estimée via l'équation de Scherrer (Éq. 3), dépendant de la largeur du pic de diffraction ( $\beta_{1/2}$ ) et de l'angle de Bragg ( $\theta$ ). Elle reflète la dimension moyenne des domaines cristallins. La taille des cristaux affecte principalement la largeur

des pics de diffraction telle que, les taille de cristaux de l'échenillions Bio-p ( $H_2O$ ). 4,319, Bio-p (NaOH) 3, 629 et Bio-p (HCl)) 1,705 cela signifie que le matériau possède une structure parcelllement cristalline ordonnée et bien développée, qui détermine un structure semi – cristallin, avec des cristaux de taille moyenne, on remarquer une présence des cristaux de grandes tailles. 16,507 et 16, 967 en deuxième pics de Bio-p (NaOH) et Bio-p (HCl)) respectivement, suggérer que l'amidon subit a des modifications structurales dues aux traitements chimiques.(Scherrer, 1918)

#### 2.4.3.3 Coefficient de texture (TChkl),

Le (TChkl), (Éq. 6) évalue l'orientation préférentielle des cristaux. Une valeur  $> 1$  indique une texture marquée.

Le pic (211) présente un (TChkl), élevé (ex. 0,371 pour Bio-p ( $H_2O$ )), confirmant une croissance cristalline préférentielle selon cette orientation, liée à l'arrangement des chaînes d'amidon.(Williamson & Hall, 1953)

#### 2.4.4 L'analyse d'UV-visible (Propriétés optiques)

On avoir des pics d'absorption dans la gamme UV (200-300 nm) en raison de présence des groupements fonctionnels comme les groupes hydroxyles ( $-OH$ ) ou d'autres groupements chimiques présents dans la structure de bioplastique., cela indiquer la présence de certains composés organiques ou structures chimiques spécifiques qui interagissent avec la lumière UV.

Dans la gamme visible (300-800 nm), l'absence de pics avec une faible absorption dans cette plage indiquer relativement la transparence de bioplastique qui incolore, et confirme l'absence de structures aromatiques.

Le coefficient d'absorption ( $\alpha$ ) décrit la capacité du matériau à absorber les UV, calculé à partir de la transmission (T) et de la réflectance (R) (Éq. 10)., Un  $\alpha$  moyen de  $4,12 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$  (proche des semi-conducteurs) indique une bonne absorption UV, bénéfique pour les emballages alimentaires photo -protecteurs. (Tauc, Grigorovici, & Vancu, 1966)

#### 2.4.5 Le Microscope électronique à balayage (MEB) et EDX

Les figures 51, 52, 53 décrivent la morphologie de surface du brut de bioplastiques Bio(h<sub>2</sub>O), Bio(NaOH) et bio(HCL). Les surfaces contenaient de nombreux petits trous et particules sphériques, appelés « tyloses » (Gironès et al., 2012) , il ressort clairement de l'image électronique que le mélange polymère /plastifiant contient deux motifs morphologiques dus à la présence de structures en forme de bâtonnets les micrographies ont révélé que la surface présente une texture rugueuse ce qui peut favoriser l'adhésion. Sur le spectre d'analyse de différents emplacements de substance de bioplastique, nous arrivons à connaître l'écart dans la composition en pourcentage de composants (Ates & Kuz, 2020)

Afin d'évaluer la plastification de l'amidon par le glycérolé et la dispersion des grains d'amidon au sein des bioplastiques, le SEM des micrographies des surfaces sont représentées dans Fig. 51, 52, 53 Il a été observé que la surface des bioplastiques étaient homogènes et continus sans aucun granule d'amidon ni vide, On a pu constater qu'aucun agrégat ce qui a révélé une bonne gélatinisation de l'amidon. Il y avait peu de vides ou discontinuités présentes à l'interface matrice. Par conséquent, une forte adhésion d'interface entre les graines d'amidon se sont formés, ce qui pourrait être attribué à leurs interactions de liaisons hydrogène (Gironès et al., 2012).

L'homogénéité, des surfaces présentées aux figures indiquaient que les composants se sont bien dispersés les uns dans les autres. L'apparence des rides superficielles ne signifiait pas que le film était inégal et discontinue, de telles rides pourraient être causées par adhésion entre le film et la plaque e verre lorsque le film s'est décollé (Pongsuwan et al., 2022)

La haute uniformité du film bioplastique a été attribuée à capacité plastifiante du glycérol et capacité épaississante de gélatine. De plus, les nombreux intermoléculaires liaisons hydrogène qui se forment entre les groupes hydroxyles dans glycérol avec les groupes hydroxyles présents dans l'amidon. Favorisé une liaison étroite dans les polymères, et amélioré encore miscibilité entre l'amidon, et le glycérol donc en peut dire que le bioplastique est en corrélation avec le rapport amidon/glycérol, avec une analyse SEM confirmant une plastification efficace. Cependant, il n'y a pas de changement significatif entre les différent bioplastique

Pour l'analyse EDX a révélé que les bioplastiques contenaient principale ment du carbone (C) (40,9 % en poids) et de l'oxygène (O) (53,5 % en poids) de moyen. Indiquant une

teneur élevée matières organiques(Kamal & Shukla, 2025; Pongsuwan et al., 2022) chez les trios échenillions de bioplastique mais on remarque que il ya une différence en présences des autre éléments (Na) (1,57% en poids), et (CL) (0,99% en poids), dans les Biop (Noah) et Biop (Hcl) respectivement, cela est dû à l'influence de traitement chimique au cour de l'extraction de l'amidon de pomme de terre par l'utilisation des solution de (Noah) dans le milieu basique, et le solution de (HCl) en milieu acide, et biens sure (H<sub>2</sub>O) en milieu neutre . .

# CONCLUSION

## Conclusion

Dans ce présente étude, nous avons déposé différents bioplastiques préparés à partir d'amidon extrait en utilisant le trempage de pomme de terre en trois milieux, neutre, alcalin et acide, et en utilisant la technique de mélange pour la production des différents bioplastiques, on a comparé le rendement de l'extraction du l'amidon de pomme de terre à partir de différentes méthodes de trempage en milieu, (neutre  $\text{pH}=7$ , basique  $\text{Ph}=13$  et acide  $\text{Ph}=2$ ), ont été évaluer la qualité et la quantité de l'amidon extraire par le teste de HPLC, qui montre que L'utilisation de HCl pour un milieu acide et de NaOH pour un milieu basique dans l'extraction de l'amidon est justifiée par leurs effets respectifs sur la dégradation sélective des composants de la paroi cellulaire végétale et la libération de l'amidon. Le HCl aide à rompre les liaisons dans les hamipectines dans un environnement acide, tandis que le NaOH facilite la rupture de la hamipectine dans un environnement basique.

L'étude de la biodégradation du plastique est essentielle pour comprendre comment ces matériaux interagissent avec l'environnement et pour développer des solutions plus durables face à la pollution par les plastiques traditionnels.

Les plastiques biodégradables sont capables de se décompose en  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  finalement en résidus non toxiques pour l'homme et l'environnement, le mécanisme principal étant l'action enzymatique des microorganismes, dans les conditions de laboratoire bien déterminer. Une chose important retenir est quel terme biodégradable est lié à la gestion enfin de vie des bioplastiques concerne la biodégradation en milieu liquide, se dégrade en 3 à 5 jours et en milieu solide, en 30 jours, en conclu que ce bioplastique, a basse de l'amidon, est facilement dégradable par les micro-organismes du sol, bien qu'il n'ait pas encore atteint toutes ses propriétés des plastiques commerciaux, expérimentation plus approfondie

La densité des bioplastiques dépend du type de matériau utilisé et de sa structure moléculaire, bien qu'elle puisse être similaire à celle des plastiques traditionnels, les bioplastiques peuvent présenter des variations en fonction des matières premières, des additifs et des processus de fabrication. Les bioplastiques comme le PLA et le PHA ont des densités légèrement plus élevées, tandis que les bioplastiques comme le Bio-PE et le

Bio-PP peuvent avoir des densités similaires à celles des plastiques issus de sources fossiles.

En résumé, la densité du bioplastique est une propriété physique essentielle qui affecte ses propriétés mécaniques, sa fonctionnalité et son impact environnemental. Elle varie selon le type de plastique, sa structure et ses applications.

L'analyse FTIR d'un bioplastique à base d'amidon permet de confirmer la présence de la structure de polymérique, d'observer les modifications apportées à sa structure chimique, par exemple, par plastifiants utilisés dans la fabrication du bioplastique. Les principaux pics à surveiller sont les vibrations de l'hydroxyle (O-H), les groupements glycosidique (C-O), et les liaisons glucide (C-H)

L'analyse DRX a confirmé le caractère semi-cristallin du film avec une structure hexagonale orientée dans les directions (211) et (400). La taille moyenne des cristallites

L'analyse optique démontrée a été évaluée par des mesures de transmission et de l'absorbance, révèlent une bande optique directe dans la plage 200 - 300 nm. Un  $\alpha$  moyen de  $4,12 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$  (proche des semi-conducteurs) indique une bonne absorption UV, bénéfique pour les emballages alimentaires photo protecteurs.

La Microscopie Électronique à Balayage (MEB) couplée à la Dispersive X-ray Spectroscopie (EDX) fournir des informations sur la morphologie, la composition élémentaire, et les interactions chimiques des bioplastiques

La surface est lisse, cela peut suggérer une bonne homogénéité ou un traitement de plastification efficace du bioplastique

Les spectres EDX indique la présence d'éléments typiques de l'amidon qui sont principalement le carbone (C), et oxygène (O). Ces éléments. On a vu des pics significatifs de carbone et d'oxygène, cela confirme la présence de la structure chimique de l'amidon.

L'apparition de nouveaux éléments Sodium (Na) en biop(NaoOH) et chlor (CL) en biop (Hcl) indique l'impact des méthodes de l'extraction de l'amidon utilises dans la fabrication de bioplastique

Enfin, l'étude explore le modèle de liaison, l'analyse microscopique et la composition en pourcentage des bioplastiques synthétisées dans l'étude. La recherche contribue à efforts continus pour lutter contre la pollution plastique mondiale en introduisant des alternatives durables dérivées de matières plastiques abondantes et des sources renouvelables comme la pomme de terre

Ces résultats indiquent que le bioplastique préparé dans cette étude à partir d'amidon de pomme de terre comme une source renouvelable, est un bon candidat pour préserver l'environnement contre la pollution, para rapport le pourcentage de déchets solides de plastique pétrolier.

### **Perspective futures**

**Amélioration des technologies de production** : Optimisation des méthodes de fabrication pour réduire les coûts et améliorer l'efficacité.

**Extension des applications** : Les bioplastiques à base d'amidon pourraient être utilisés dans des secteurs variés, comme l'industrie pharmaceutique et la santé, au-delà de l'emballage alimentaire.

**Amélioration de la durabilité et des performances** : Recherche pour renforcer leurs propriétés, comme la résistance et la stabilité thermique.

**Réduction de l'impact environnemental** : minimiser l'émissions de CO<sub>2</sub> et biodégradabilité qui contribuent à la lutte contre la pollution plastique.

**Utilisation de matières premières locales** : Des cultures comme la pomme de terre pour produire des bioplastiques, favorisant l'agriculture durable.

**Régulations favorables** : Les politiques publiques et les lois environnementales pourraient accélérer l'adoption de ces bioplastiques



# ANNEXE

## Annexe

### Questionnaire sur la Production, le Stockage et la Pourriture des Pommes de Terre

#### Partie 1 : Informations Générales sur la Production

1. **Quel est la Méthodes d'irrigation dans la culture de pommes de terre ?**
  - ☐ Irrigation par aspersion
  - ☐ Irrigation goutte-à-goutte
  - ☐ Autre (précisez) : \_\_\_\_\_
2. **Depuis combien de temps cultivez-vous des pommes de terre ?**
  - ☐ Moins de 2 ans
  - ☐ De 2 à 5 ans
  - ☐ Plus de 5 ans
3. **Quelle est la superficie dédiée à la culture de pommes de terre ?**
  - ☐ Moins de 1 hectare
  - ☐ De 1 à 5 hectares
  - ☐ Plus de 5 hectares
4. **Quel type de pomme de terre cultivez-vous principalement ?**
  - ☐ Pomme de terre de consommation (pour la vente directe)
  - ☐ Pomme de terre de semence
  - ☐ Pomme de terre pour transformation (frites, chips, etc.)
  - ☐ Autre (précisez) : \_\_\_\_\_
5. **Quelles variétés de pommes de terre cultivez-vous ? (Cochez toutes les options pertinentes)**
  - ☐ Bartina
  - ☐ Kondor
  - ☐ Spunta
  - ☐ Fadula
  - ☐ Autre (précisez) : \_\_\_\_\_

#### Partie 2 : Pratiques de Stockage

6. **Comment stockez-vous vos pommes de terre après la récolte ?**
  - ☐ Dans des silo à température contrôlée
  - ☐ Dans des caves ou entrepôts
  - ☐ À l'extérieur (sous abri, tas, etc.)
  - ☐ Autre (précisez) : \_\_\_\_\_
7. **À quelle température stockez-vous vos pommes de terre ?**

- ☐ Entre 4°C et 7°C
  - ☐ Entre 7°C et 10°C
  - ☐ Plus de 10°C
  - ☐ Moins de 4°C
  - ☐ Autre (précisez) : \_\_\_\_\_
8. **Utilisez-vous des techniques spéciales pour améliorer la conservation des pommes de terre ?**
- ☐ Ventilation mécanique
  - ☐ Humidité contrôlée
  - ☐ Traitements chimiques (par exemple, traitement avec des fongicides)
  - ☐ Aucun traitement spécifique
  - ☐ Autre (précisez) : \_\_\_\_\_
9. **Combien de temps stockez-vous généralement vos pommes de terre avant de les vendre ou les consommer ?**
- ☐ Moins de 1 mois
  - ☐ 1 à 3 mois
  - ☐ 3 à 6 mois
  - ☐ Plus de 6 mois

### Partie 3 : Pourriture et Dégradation des Pommes de Terre

10. **Avez-vous déjà rencontré des problèmes de pourriture des pommes de terre pendant le stockage ?**
- ☐ Oui
  - ☐ Non
11. **Quels types de pourriture avez-vous observés sur vos pommes de terre ? (Cochez toutes les options pertinentes)**
- ☐ Pourriture molle (due à des bactéries)
  - ☐ Pourriture sèche (due à des champignons)
  - ☐ Pourriture noire (due à des moisissures)
  - ☐ Autre (précisez) : \_\_\_\_\_
12. **Quels sont les facteurs qui, selon vous, favorisent la pourriture des pommes de terre pendant le stockage ?**
- ☐ Température trop élevée
  - ☐ Humidité trop élevée
  - ☐ Mauvaise ventilation
  - ☐ Dégâts lors de la récolte
  - ☐ Mauvaise qualité des pommes de terre au départ

- ☐ Autre (précisez) : \_\_\_\_\_
- 13. **Quels moyens mettez-vous en œuvre pour prévenir la pourriture des pommes de terre ?**
  - ☐ Surveillance régulière des stocks
  - ☐ Utilisation de produits de traitement (fongicides, bactéricides)
  - ☐ Amélioration de la ventilation
  - ☐ Maintien de la température et de l'humidité adéquates
  - ☐ Aucun moyen particulier
  - ☐ Autre (précisez) : \_\_\_\_\_
- 14. **Est-ce que vous observez une différence de sensibilité à la pourriture selon les variétés de pommes de terre ?**
  - ☐ Oui, certaines variétés sont plus sensibles
  - ☐ Non, toutes les variétés sont similaires
  - ☐ Je ne sais pas
- 15. **Comment gérez-vous les pommes de terre pourries ou endommagées ?**
  - ☐ Les jette
  - ☐ Les transforme (purée, frites, etc.)
  - ☐ Les donne pour compost
  - ☐ Autre (précisez) : \_\_\_\_\_

#### Partie 4 : Impacts et Solutions

- 16. **La pourriture des pommes de terre a-t-elle un impact significatif sur votre production ou vos revenus ?**
  - ☐ Oui, cela représente une perte importante
  - ☐ Oui, mais les pertes sont modérées
  - ☐ Non, l'impact est faible
  - ☐ Non, il n'y a aucun impact
- 17. **Quelles améliorations suggéreriez-vous pour réduire la pourriture des pommes de terre pendant le stockage ?**
  - ☐ Meilleur contrôle de la température et de l'humidité
  - ☐ Amélioration des infrastructures de stockage (ventilation, éclairage, etc.)
  - ☐ Recherche de variétés plus résistantes à la pourriture
  - ☐ Utilisation plus large de traitements chimiques
  - ☐ Autre (précisez) : \_\_\_\_\_
- 18. **La pourriture des pommes de terre a-t-elle un impact significatif sur la qualité de sol ?**
  - ☐ Oui

- ☐ Non

**19. Souhaitez-vous partager d'autres commentaires ou suggestions concernant la production et le stockage des pommes de terre ?**

- ☐

RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIQUE

## Références Bibliographique

- Abdullah, A. H. D., Fikriyyah, A. K., Putri, O. D., & Asri, P. P. P. (2019). *Fabrication and characterization of poly lactic acid (PLA)-starch based bioplastic composites*. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- Abe, M. M., Branciforti, M. C., Montagnolli, R. N., Morales, M. A. M., Jacobus, A. P., & Brienzo, M. (2022). Production and assessment of the biodegradation and ecotoxicity of xylan-and starch-based bioplastics. *Chemosphere*, 287, 132290.
- Alaswad, A., Dassisti, M., Prescott, T., & Olabi, A. G. (2015). Technologies and developments of third generation biofuel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 1446-1460.
- Andrady, A. L. (2015). *Plastics and environmental sustainability*: John Wiley & Sons.
- Antunes, F., Marçal, S., Taofiq, O., MMB Morais, A., Freitas, A. C., CFR Ferreira, I., & Pintado, M. (2020). Valorization of mushroom by-products as a source of value-added compounds and potential applications. *Molecules*, 25(11), 2672.
- Ates, M., & Kuz, P. (2020). Starch-based bioplastic materials for packaging industry. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies*, 5(1), 399-406.
- Atiweh, G., Mikhael, A., Parrish, C. C., Banoub, J., & Le, T.-A. T. (2021). Environmental impact of bioplastic use: A review. *Heliyon*, 7(9).
- Babu, R. P., O'connor, K., & Seeram, R. (2013). Current progress on bio-based polymers and their future trends. *Progress in biomaterials*, 2, 1-16.
- Balaji, S., Gopi, K., & Muthuvelan, B. (2013). A review on production of poly  $\beta$  hydroxybutyrate from cyanobacteria for the production of bio plastics. *Algal Research*, 2(3), 278-285.
- Bellahcene, M. (2009). Les matières plastiques et leur impact sur l'environnement. *Revue de l'Algerian Petroleum Institute*, 3(01), 35.
- Bhandari, S., & Gupta, P. (2018). Chemical depolymerization of polyurethane foam via ammonolysis and aminolysis *Recycling of Polyurethane Foams* (pp. 77-87): Elsevier.
- Bohlmann, G. M. (2005). General characteristics, processability, industrial applications and market evolution of biodegradable polymers. *Handbook of biodegradable polymers*, 183-218.
- Boufares, K. (2012). Comportement de trois variétés de pommes de terre (Spunta, Désirée et Chubaek) entre deux milieux de culture substrat et hydroponique. *Mémoire de Magister en agronomie option: amélioration de la production végétale et biodiversité*. 108p.
- Boumlik, M. (1995). Botanique: systématique des spermaphytes. *Edi. Ben Aknoun-Alger*. 91p.
- Bouselsal, B., & Kherici, N. (2014). Effets de la remontée des eaux de la nappe phréatique sur l'homme et l'environnement: cas de la région d'El-Oued (SE Algérie). *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 10(3).
- Brighenti, V., Pellati, F., Steinbach, M., Maran, D., & Benvenuti, S. (2017). Development of a new extraction technique and HPLC method for the analysis of non-psychoactive cannabinoids in fibre-type Cannabis sativa L.(hemp). *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 143, 228-236.
- Brydson, J. A. (1999). *Plastics materials*: Elsevier.
- Camire, M. E., Kubow, S., & Donnelly, D. J. (2009). Potatoes and human health. *Critical reviews in food science and nutrition*, 49(10), 823-840.
- Castilho, L. R., Mitchell, D. A., & Freire, D. M. (2009). Production of polyhydroxyalkanoates (PHAs) from waste materials and by-products by submerged and solid-state fermentation. *Bioresource Technology*, 100(23), 5996-6009.
- Chahbi, R., & Kateb, Y. (2020). *Elaboration d'un plastique biodégradable renforcé par des fibres végétale*. Université KASDI-MERBAH Ouargla.
- Chakraborty, I., Pooja, N., Govindaraju, I., Managuli, V., Banik, S., Mahato, K. K., & Mazumder, N. (2022). Preparation and characterization of citric acid crosslinked starch based bioplastic. *Materials Today: Proceedings*, 55, 26-30.

- Chung, H., Yang, J. E., Ha, J. Y., Chae, T. U., Shin, J. H., Gustavsson, M., & Lee, S. Y. (2015). Bio-based production of monomers and polymers by metabolically engineered microorganisms. *Current opinion in biotechnology*, 36, 73-84.
- Ciardelli, F., Bertoldo, M., Bronco, S., & Passaglia, E. (2019). *Polymers from Fossil and Renewable Resources*: Springer.
- Cullity, B. D., & Graham, C. D. (2011). *Introduction to magnetic materials*: John Wiley & Sons.
- Curia, S., Dautle, S., Satterfield, B., Yorke, K., Cranley, C. E., Dobson, B. E., . . . Stanzone III, J. F. (2019). Betulin-based thermoplastics and thermosets through sustainable and industrially viable approaches: new insights for the valorization of an underutilized resource. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 7(19), 16371-16381.
- da Luz, J. M. R., Paes, S. A., Nunes, M. D., da Silva, M. d. C. S., & Kasuya, M. C. M. (2013). Degradation of oxo-biodegradable plastic by *Pleurotus ostreatus*. *Plos one*, 8(8), e69386.
- Dajoz, R. (2006). *Sigita Podenas, Willy Geiger, Jean-Paul Haenni, Yves Gonseth.-Limoniidae, Pediciidae. Collection Fauna Helvetica n° 14, 2006. Centre Suisse de Cartographie de la Faune, Terreaux 14, CH-Neuchâtel. Bulletin de la Société entomologique de France*, 111(4), 524-524.
- Danchin, N., Duval, X., & Leport, C. (2005). Prophylaxis of infective endocarditis: French recommendations 2002. *Heart*, 91(6), 715-718.
- Diouf, D., Kleider, J.-P., Desrues, T., & Ribeyron, P.-J. (2009). Study of interdigitated back contact silicon heterojunctions solar cells by two-dimensional numerical simulations. *Materials Science and Engineering: B*, 159, 291-294.
- Douches, D. S., & Jastrzebski, K. (1993). Potato: *Solanum tuberosum* L *Genetic improvement of vegetable crops* (pp. 605-644): Elsevier.
- Doyle, C., Tanner, E., & Bonfield, W. (1991). In vitro and in vivo evaluation of polyhydroxybutyrate and of polyhydroxybutyrate reinforced with hydroxyapatite. *Biomaterials*, 12(9), 841-847.
- Dreyer, H. (2017). Towards sustainable potato production: partnering to support family farmers in Africa. *Potato Research*, 60, 237-238.
- Elsawy, M. A., Kim, K.-H., Park, J.-W., & Deep, A. (2017). Hydrolytic degradation of polylactic acid (PLA) and its composites. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 1346-1352.
- Farhouh, N. (2012). *PLASTIFICATION D'UN BIOPOLYMER A BASE D'AMIDON DE POMME DE TERRE*. Université Ibn Khaldoun.
- Faurie, C. (2011). *Ecologie: Approche scientifique et pratique*: Lavoisier.
- Gahtar, A., Benramache, S., Ammari, A., & Boukhachem, A. (2021). Study of the Structural, Optical, Electrical and Morphological Properties of Nickel Sulfide Thin Films Used in Supercapacitors. *Annals of West University of Timisoara-Physics*, 63(1), 1-13.
- Gervet, B. (2007). The use of crude oil in plastic making contributes to global warming. *Lulea: Lulea University of Technology*.
- Ghatge, S., Yang, Y., Ahn, J.-H., & Hur, H.-G. (2020). Biodegradation of polyethylene: a brief review. *Applied Biological Chemistry*, 63, 1-14.
- Gigli, M., Fabbri, M., Lotti, N., Gamberini, R., Rimini, B., & Munari, A. (2016). Poly (butylene succinate)-based polyesters for biomedical applications: A review. *European Polymer Journal*, 75, 431-460.
- Gironès, J., López, J., Mutjé, P., Carvalho, A. d., Curvelo, A. A. d. S., & Vilaseca, F. (2012). Natural fiber-reinforced thermoplastic starch composites obtained by melt processing. *Composites Science and Technology*, 72(7), 858-863.
- Goren, A., Ashlock, D., & Tetlow, I. J. (2018). Starch formation inside plastids of higher plants. *Protoplasma*, 255, 1855-1876.
- Gouaidia, L. (2008). *INFLUENCE DE LA LITHOLOGIE ET DES CONDITIONS CLIMATIQUES SUR LA VARIATION DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX D'UNE NAPPE EN ZONE SEMI ARIDE, CAS DE LA NAPPE DE MESKIANA NORD-EST ALGERIEN*. Université de Annaba-Badji Mokhtar.
- Guendouz, A., & Michelot, J.-L. (2006). Chlorine-36 dating of deep groundwater from northern Sahara. *Journal of hydrology*, 328(3-4), 572-580.
- Guendouz, M., & Debieb, F. (2015). *Formulation et caractérisation d'un béton de sable à base de déchets plastiques*. Paper presented at the Rencontres Universitaires de Génie Civil.
- Guerou, Z., & Habri, F. (2020). *Etude comparative d'un matériau composite à base de deux types d'argiles l'une naturelle et l'autre activée*. université ibn khaldoun-tiaret.

- Halis, M., Gökgöz, G. S., & Yaşar, Ö. (2007). Örgütsel güvenin belirleyici faktörleri ve bankacılık sektöründe bir uygulama. *Manas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(17), 187-205.
- Hamada, M., Mohammed, B., & Dia-Eddine, S. A.-E. D. (2023). Utilisation des plastiques organiques (bioplastiques) dans les emballages des produits laitiers.
- Haneef, M., Ceseracciu, L., Canale, C., Bayer, I. S., Heredia-Guerrero, J. A., & Athanassiou, A. (2017). Advanced materials from fungal mycelium: fabrication and tuning of physical properties. *Scientific reports*, 7(1), 41292.
- Iwata, T. (2015). Biodegradable and bio-based polymers: future prospects of eco-friendly plastics. *Angewandte Chemie (International ed. in English)*, 54(11), 3210-3215.
- Jallas, E., & Crétenet, M. (2003). *Aide à la décision en agriculture et gestion des ressources naturelles: note introductive*. Paper presented at the Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis.
- Jiugao, Y., Ning, W., & Xiaofei, M. (2005). The effects of citric acid on the properties of thermoplastic starch plasticized by glycerol. *Starch-Stärke*, 57(10), 494-504.
- Juneja, A., Ceballos, R. M., & Murthy, G. S. (2013). Effects of environmental factors and nutrient availability on the biochemical composition of algae for biofuels production: a review. *Energies*, 6(9), 4607-4638.
- Kamal, M., & Shukla, S. (2025). IR, SEM and EDX/EDS analysis of Starch and Coniferyl Alcohol-based polymer with other natural additives. *Essential Chem*, 2(1), 1-8.
- Kechid, M. (2005). Physiologie et Biotechnologie de la Micro tubérisation de la Pomme de Terre *Solanum tuberosum*. L. *Mémoire En vue de l'obtention du Diplôme de Magister en Biotechnologie Végétale. Université Mentouri de Constantine*. 154p.
- Khechana, S., & Derradji, E.-F. (2014). Qualité des eaux destinées à la consommation humaine et à l'utilisation agricole (Cas des eaux souterraines d'Oued-Souf, SE algérien). *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie*, 28, 58-68.
- Kim, M. S., Chang, H., Zheng, L., Yan, Q., Pflieger, B. F., Klier, J., . . . Huber, G. W. (2023). A review of biodegradable plastics: chemistry, applications, properties, and future research needs. *Chemical Reviews*, 123(16), 9915-9939.
- Kuhn, P., Sémeril, D., Matt, D., Chetcuti, M. J., & Lutz, P. (2007). Structure–reactivity relationships in SHOP-type complexes: tunable catalysts for the oligomerisation and polymerisation of ethylene. *Dalton Transactions*(5), 515-528.
- Kumari, A., Sati, P., & Kumar, S. (2023). Bioplastic construction from fruit and plant waste material and its application for water purification. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-13.
- Kuruppallil, Z. (2011). Green plastics: an emerging alternative for petroleum-based plastics. *Int J Eng Res Innov*, 3(1), 59-64.
- Lambert, S., & Wagner, M. (2017). Environmental performance of bio-based and biodegradable plastics: the road ahead. *Chemical Society Reviews*, 46(22), 6855-6871.
- Lapointe, R. (2012). *Bioplastiques biodégradables, compostables et biosourcés pour les emballages alimentaires, distinctions subtiles mais significatives*. Université de Sherbrooke.
- Lee, Y.-G., & Seo, J.-H. (2019). Production of 2, 3-butanediol from glucose and cassava hydrolysates by metabolically engineered industrial polyploid *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnology for biofuels*, 12, 1-12.
- Majdoub, R., Dirany, M., Benzina, M., & Grande, D. (2013). Matériaux poreux fonctionnalisés issus de réseaux (semi)-interpénétrés de polymères: synthèse et caractérisation. *Matériaux & Techniques*, 101(4), 405.
- Malloy, R. A. (2012). *Plastic part design for injection molding: an introduction*: Carl Hanser Verlag GmbH Co KG.
- Mariya, D., Usman, J., Mathew, E. N., & Aa, P. (2020). Reverse vending machine for plastic bottle recycling. *Int. J. Comput. Sci. Technol*, 8(2), 65-70.
- Medareg Narou, B. H., & Farhi, A. (2009). Le rôle des services et des investissements dans l'hypertrophie de la ville d'El Oued au bas Sahara algérien. *Environnement Urbain*, 3, c-1-c-18.
- Mekonnen, T., Mussone, P., Khalil, H., & Bressler, D. (2013). Progress in bio-based plastics and plasticizing modifications. *Journal of Materials Chemistry A*, 1(43), 13379-13398.

- Meziani, Y., Handa, H., Knap, W., Otsuji, T., Sano, E., Popov, V., . . . Teppe, F. (2008). Room temperature terahertz emission from grating coupled two-dimensional plasmons. *Applied Physics Letters*, 92(20).
- Miles, P. G., & Chang, S.-T. (2004). *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*: CRC press.
- Mishra, P. K. Lignocellulosic Nanomaterials: Preparation, Characterization and Applications.
- Monnet, D. (2008). Etude de l'évolution des propriétés mécaniques de matériaux amylicés par sélection et/ou modifications structurales dirigées. *Université de Reims Champagne-Ardenne*.
- Müller, C., Townsend, K., & Matschullat, J. (2012). Experimental degradation of polymer shopping bags (standard and degradable plastic, and biodegradable) in the gastrointestinal fluids of sea turtles. *Science of the Total Environment*, 416, 464-467.
- Muniyandi, K., Punamalai, G., Sachithanantham, P., Chardrasekaran, N., & Kamaraj, Y. (2020). Perspectives of bioplastics-a review. *Int. J. Sci. Technol. Res*, 9(6), 374-381.
- Murariu, M., & Dubois, P. (2016). PLA composites: From production to properties. *Advanced drug delivery reviews*, 107, 17-46.
- Muthukumar, A., & Veerappapillai, S. (2015). Biodegradation of plastics—a brief review. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res*, 31(2), 204-209.
- Nadjah, A. (1971). Le Souf des oasis. Ed. maison livres: Alger.
- Nagarajan, V., Mohanty, A. K., & Misra, M. (2016). Perspective on polylactic acid (PLA) based sustainable materials for durable applications: Focus on toughness and heat resistance. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 4(6), 2899-2916.
- Niaounakis, M. (2019). *Recycling of flexible plastic packaging*: William Andrew.
- Palacios-Fonseca, A., Castro-Rosas, J., Gómez-Aldapa, C., Tovar-Benítez, T., Millán-Malo, B., Del Real, A., & Rodríguez-García, M. (2013). Effect of the alkaline and acid treatments on the physicochemical properties of corn starch. *CyTA-Journal of Food*, 11(sup1), 67-74.
- Peat, S., Whelan, W., & Thomas, G. J. (1956). 587. The enzymic synthesis and degradation of starch. Part XXII. Evidence of multiple branching in waxy-maize starch. A correction. *Journal of the Chemical Society (Resumed)*, 3025-3030.
- Peelman, N., Ragaert, P., De Meulenaer, B., Adons, D., Peeters, R., Cardon, L., . . . Devlieghere, F. (2013). Application of bioplastics for food packaging. *Trends in food science & technology*, 32(2), 128-141.
- Perennec, P., & Madec, P. (1980). Age physiologique du plant de pomme de terre. Incidence sur la germination et répercussions sur le comportement des plantes. *Potato Research*, 23, 183-199.
- Poirier, Y., Dennis, D. E., Klomparens, K., & Somerville, C. (1992). Polyhydroxybutyrate, a biodegradable thermoplastic, produced in transgenic plants. *Science*, 256(5056), 520-523.
- Polese, J.-M. (2006). *La culture des pommes de terre*: Editions Artemis.
- Pongsuwan, C., Boonsuk, P., Sermwittayawong, D., Aiemcharoen, P., Mayakun, J., & Kaewtatip, K. (2022). Banana inflorescence waste fiber: An effective filler for starch-based bioplastics. *Industrial crops and products*, 180, 114731.
- Pratt, S., Vandi, L.-J., Gapes, D., Werker, A., Oehmen, A., & Laycock, B. (2019). Polyhydroxyalkanoate (PHA) bioplastics from organic waste. *Biorefinery: Integrated Sustainable Processes for Biomass Conversion to Biomaterials, Biofuels, and Fertilizers*, 615-638.
- Rajendran, N., Puppala, S., Sneha Raj, M., Ruth Angeeleena, B., & Rajam, C. (2012). Seaweeds can be a new source for bioplastics. *J. Pharm. Res*, 5(3), 1476-1479.
- Ramade, C., Silvestre, S., Pascal-Delannoy, F., & Sorli, B. (2012). Thin film HF RFID tag deposited on paper by thermal evaporation. *International Journal of Radio Frequency Identification Technology and Applications*, 4(1), 49-66.
- Ramade, F. (2008). Courchamps, F., Berek, L. & Gasascoigne, J.—Allee effect in ecology and conservation. Oxford University Press, Oxford & New York. 2008. *Revue d'Écologie (La Terre et La Vie)*, 63(4), 400-400.
- Razza, F., Fieschi, M., Degli Innocenti, F., & Bastioli, C. (2009). Compostable cutlery and waste management: An LCA approach. *Waste management*, 29(4), 1424-1433.

- Reust, W., & Escher, F. (1979). Formation du rendement et de l'amidon en relation avec les stades phénologiques et évolution du pH dans les tubercules de pommes de terre pendant la croissance. *Potato Research*, 22, 305-317.
- Rinaudo, M. (2014). Biomaterials based on a natural polysaccharide: alginate. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 17(1), 92-96.
- Saibi, H. (2003). *Analyse qualitative des ressources en eau de la vallée du souf et impact sur l'environnement, région aride à semi-aride d'El Oued*.
- Saker, M. L., Daddi Bouhoun, M., Ould el hadj, M. D., & Brinis, L. AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLAS A OUED RIGH: SITUATION ACTUELLE ET PROBLEMES POSES (SUD EST ALGERIEN).
- Santana, R. F., Bonomo, R. C. F., Gandolfi, O. R. R., Rodrigues, L. B., Santos, L. S., dos Santos Pires, A. C., . . . Veloso, C. M. (2018). Characterization of starch-based bioplastics from jackfruit seed plasticized with glycerol. *Journal of food science and technology*, 55, 278-286.
- Satam, C. C., Irvin, C. W., Lang, A. W., Jallorina, J. C. R., Shofner, M. L., Reynolds, J. R., & Meredith, J. C. (2018). Spray-coated multilayer cellulose nanocrystal—chitin nanofiber films for barrier applications. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6(8), 10637-10644.
- Scherrer, P. (1918). Bestimmung der Grösse und der inneren Struktur von Kolloiteilchen mittels Röntgenstrahlen. *Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Gottingen Mathematisch-Physikalische Klasse*, 1.
- Seguela, R., & Rietsch, F. (1984). Déformation plastique du polyéthylène linéaire basse densité. *European polymer journal*, 20(8), 765-771.
- Semprini, L., Hopkins, G. D., Roberts, P. V., Grbic-Galic, D., & McCarty, P. L. (1991). A field evaluation of in-situ biodegradation of chlorinated ethenes: Part 3, studies of competitive inhibition. *Groundwater*, 29(2), 239-250.
- Senoussi, A. (2012). L'élevage camelin en Algérie: mythe ou réalité? Camel breeding in Algeria: myth or reality?'. *Renc. Rech. Ruminants*, 1, 318.
- Sin, L. T. (2012). *Polylactic acid: PLA biopolymer technology and applications*: William Andrew.
- Singh, M. K., Rai, P. K., Rai, A., Singh, S., & Singh, J. S. (2019). Poly-β-hydroxybutyrate production by the cyanobacterium *Scytonema geitleri* Bharadwaja under varying environmental conditions. *Biomolecules*, 9(5), 198.
- Siracusa, V., Rocculi, P., Romani, S., & Dalla Rosa, M. (2008). Biodegradable polymers for food packaging: a review. *Trends in food science & technology*, 19(12), 634-643.
- Srinivasa, P., & Tharanathan, R. (2007). Chitin/chitosan—Safe, ecofriendly packaging materials with multiple potential uses. *Food reviews international*, 23(1), 53-72.
- Stamets, P. (2005). *Mycelium running: how mushrooms can help save the world*: Ten speed press.
- Strong, P. J., Laycock, B., Mahamud, S. N. S., Jensen, P. D., Lant, P. A., Tyson, G., & Pratt, S. (2016). The opportunity for high-performance biomaterials from methane. *Microorganisms*, 4(1), 11.
- Tauc, J., Grigorovici, R., & Vancu, A. (1966). Optical properties and electronic structure of amorphous germanium. *physica status solidi (b)*, 15(2), 627-637.
- Thomas, M.-J. (1980). Contributions récentes de la cytologie et de la cytochimie à l'étude de l'embryogenèse des Spermaphytes. *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques*, 127(3-4), 5-18.
- Thomas, N. L., Clarke, J., McLauchlin, A. R., & Patrick, S. G. (2012). *Oxodegradable plastics: degradation, environmental impact and recycling*. Paper presented at the Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Waste and Resource Management.
- Tokiwa, Y., Calabia, B. P., Ugwu, C. U., & Aiba, S. (2009). Biodegradability of plastics. *International journal of molecular sciences*, 10(9), 3722-3742.
- Urbanek, A. K., Rymowicz, W., & Mirończuk, A. M. (2018). Degradation of plastics and plastic-degrading bacteria in cold marine habitats. *Applied microbiology and biotechnology*, 102, 7669-7678.
- Vanderhofstadt, B., & Jouan, B. (2007). Guide pratique de la culture de la pomme de terre en Afrique de l'Ouest. *Centre pour le Développement de l'Entreprise (CDE), suite à l'atelier sur la filière pomme de terre organisé au Burkina Faso, Ouagadougou*.
- Venugopal, V. (2016). *Marine polysaccharides: Food applications*: CRC press.

- Voisin, C., Christofilos, D., Loukakos, P., Del Fatti, N., Vallée, F., Lermé, J., . . . Broyer, M. (2004). Ultrafast electron-electron scattering and energy exchanges in noble-metal nanoparticles. *Physical Review B*, 69(19), 195416.
- Wertz, J.-L. (2011). L'amidon et le PLA: deux biopolymères sur le marché. *Note de Synthèse*.
- Williamson, G., & Hall, W. (1953). X-ray line broadening from fcc aluminium and wolfram. *Acta metallurgica*, 1(1), 22-31.
- Woodford, C. (2020). Bioplastics and biodegradable plastics-How do they work. *Explain that St*.
- Yahiaoui, H., & Sidi Said, K. (2017). *Etude comparative des paramètres physico-chimiques de deux biomatériaux (pomme de terre et agave) application pour la dépollution des eaux textiles*. UMMTO.
- Zárate-Ramírez, L., Romero, A., Bengoechea, C., Partal, P., & Guerrero, A. (2014). Thermo-mechanical and hydrophilic properties of polysaccharide/gluten-based bioplastics. *Carbohydrate polymers*, 112, 24-31.