

Du plastique aux bioplastiques: une dynamique en marche !

La pollution due aux déchets plastiques participe grandement à la dégradation de notre environnement. Il me paraît donc éco-responsable de considérer le développement d'un plastique aux propriétés plus respectueuses de l'environnement.

De nos jours, on parle beaucoup de transition écologique et de l'impact du plastique sur l'environnement. C'est dans ce cadre que la transformation de biopolymères en plastique peut jouer un rôle important.

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- *HERBERT Apolline*

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *CHIMIE (Chimie Organique)*

- *PHYSIQUE (Mécanique)*

- *CHIMIE (Chimie Inorganique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

Algues

Seaweed

Bioplastiques

Bioplastics

Biopolymères

Biopolymers

Structure

Organization

Résistance

Resistance

Bibliographie commentée

Le pétrole est le principal constituant des pochettes plastiques. En effet, un film plastique est le plus souvent constitué de polyéthylène, un polymère issu de la pétrochimie, c'est-à-dire le domaine regroupant l'ensemble des techniques étudiant ou utilisant le pétrole pour fabriquer des composés chimiques synthétiques. Chaque année, plus de 100 millions de tonnes de polyéthylène sont fabriquées, représentant un tiers de l'ensemble des plastiques produits [1]. Or le pétrole est une ressource fossile dont l'extraction, le stockage et par la suite le raffinage sont sources de pollution [2]. Par ailleurs, un tel plastique n'est pas biodégradable ni biosourcé. En d'

autres termes, il ne peut pas être dégradé par des composés vivants et n'est pas d'origine naturelle renouvelable. De plus, chaque année entre 4,8 et 12,7 millions de tonnes de plastique se retrouvent dans nos océans, ce qui a donné lieu à la création du 7ème continent.

Ainsi, le recours à des biopolymères, soit l'ensemble des matériaux constitués de macromolécules au sein desquelles un motif se répète et produits par des êtres vivants, peut s'avérer utile pour la création de pochettes plastique. Et pour cause, à partir d'amidon (de pomme de terre, de maïs,...) il est possible d'obtenir un film plastique transparent, non visqueux et assez fin tout comme ceux à base de pétrole.

Néanmoins, une telle ressource soulève des enjeux sociétaux. En effet, l'amidon est principalement extrait de ressources à visées alimentaires, il est donc préférable de trouver un autre biopolymère qui servirait à la création de plastique et qui ne serait pas extrait d'une ressource soulevant de tels enjeux [3].

C'est ainsi que la découverte du paramylon par le professeur allemand J. Gottlieb en 1850 s'avère des plus intéressantes. Par ailleurs, notons que ce n'est que vers les années 2000 que ce biopolymère est utilisé pour la création de films plastiques [4] [5]. De nos jours, le paramylon est un biopolymère extrait de micro-algues appelées "Euglena Gracilis" cultivées majoritairement au Japon et aux Etats-Unis.

Ce biopolymère présent naturellement dans la micro-algue peut être récupéré dans son état granulaire natif. Ainsi, une fois extraits, les grains de paramylon peuvent servir à l'obtention d'une pochette plastique. En effet, à ce jour, il existe 3 façons différentes d'obtenir un film plastique à partir de paramylon.

- La première consiste à procéder à une estérification du paramylon. Ainsi des triesters de paramylon sont obtenus. De plus, il a été constaté que ces triester avec des chaînes alkyles C3 à C12 pourraient constituer des films par des méthodes de coulée au solvant [4].
- Deuxièmement, on peut utiliser un plastifiant assez fort, c'est-à-dire ayant la capacité d'augmenter le volume libre entre deux chaînes de polymères et ainsi favoriser le mouvement de l'une par rapport à l'autre. En d'autres termes, le plastifiant permet de changer la structure du paramylon afin d'obtenir une solution visqueuse qui après séchage donne un film plastique.
- Troisièmement, les études montrent que l'on peut dissoudre sous une agitation constante d'une durée minimale de 36h les grains de paramylon dans un solvant ayant un pKa très faible ou très élevé afin d'obtenir après séchage et lavage un film plastique. Ce phénomène s'explique par un changement de structure au cours de la transformation [5][6].

Afin de caractériser les propriétés des films obtenus, des tests de diffraction des rayons X et de traction peuvent être réalisés. Les premiers résultats ont indiqué que les films étaient pour la plupart amorphes avec un comportement vitreux (module de Young de l'ordre de 1 GPa et allongement à la rupture inférieur à 15%) [5].

Néanmoins, il reste à affiner les propriétés des films. Pour cela, différentes techniques peuvent être utilisées telle que la DMA (Analyse Thermique Dynamique) qui peut nous donner accès à la transition vitreuse du plastique c'est-à-dire la température pour laquelle le plastique change d'état [7].

Problématique retenue

Dans quelle mesure les biopolymères peuvent-ils contribuer à une production plus responsable de plastiques ?

Objectifs du TIPE du candidat

Concevoir des films plastiques plus respectueux de l'environnement.

Étudier le comportement des plastiques (résistance, humidité).

Analyser des inconvénients associés à la fabrication des films plastiques à partir de biopolymères.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] NAITE : Les caractéristiques du polyéthylène (PE) & son utilité : <https://www.naite.fr/blog/caracteristiques-polyethylene>
- [2] MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE : Émissions de CO₂ hors UTCATF dans le monde : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-climat/6-emissions-de-co2-hors-utcatf>
- [3] ERIC LEROY : Matières plastiques biosourcées issues de la culture d'Euglena gracilis. – EG4BIOPLAST : <https://anr.fr/Projet-ANR-22-CE43-0011>
- [4] JIN HO SEOK : Synthesis of paramylon ester-graft-PLA copolymers and its two-step enzymatic degradation by proteinase K and β -1,3-glucanase : <https://www.sciencedirect.com/journal/polymer-degradation-and-stability>
- [5] FRÉDÉRIC FEUZING : A review of paramylon processing routes from microalga biomass to non-derivatized and chemically modified products : <https://www.sciencedirect-com.budistant.univ-nantes.fr/science/article/pii/S0144861722000856>
- [6] YUTAKA KAWAHARA : Development of Novel Film Using Paramylon Prepared from Euglena gracilis : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/app.24618>
- [7] NETZSCH : Analyseurs mécaniques dynamiques pour mesurer les propriétés viscoélastiques des matériaux : <https://analyzing-testing.netzsch.com/fr/produits/analyse-mecanique-dynamique-dma>

DOT

- [1] : *Entre mars et mai 2024 - Recherche sur les bioplastiques et notamment ceux à base d'amidon. Puis création de films plastiques à partir de féculé de pomme de terre.*
- [2] : *Juin 2024 - Identification de limites à la production de films plastiques à partir d'amidon. Par conséquent, recherche d'un nouveau biopolymère qui pourrait permettre l'obtention d'un film plastique.*
- [3] : *Septembre 2024 - Rencontre avec Eric Leroy, directeur de recherche CNRS. Cette discussion m'a amenée à lire la référence [3], permettant la découverte du paramylon.*
- [4] : *Octobre 2024 - Réalisation d'une série d'expériences ayant pour but l'obtention d'un film plastique à base de paramylon. Cependant, celles-ci se sont avérées infructueuses.*
- [5] : *Décembre 2024 - Suite à la lecture de l'article [6] fourni par M.Leroy, réalisation d'une nouvelle expérience qui permet l'obtention d'un film plastique à base de paramylon.*
- [6] : *Janvier 2025 - Test DMA (Analyse Thermique Dynamique) effectué à l'INRAE de Nantes avec l'aide de Denis Lourdin, Directeur de Recherche, Institut National de la Recherche Agronomique et Jean-Eudes Maigret, ingénieur d'étude.*
- [7] : *Mars 2025 - Analyse des résultats obtenus et compréhension de la théorie basée sur le module de Young complexe.*
- [8] : *Mai 2025 - Test d'humidité réalisé à l'INRAE de Nantes avec l'aide de Denis Lourdin, Directeur de Recherche, Institut National de la Recherche Agronomique et Jean-Eudes Maigret, ingénieur d'étude.*