

# BCPST - 2025

Banque Agro véto – Notice d'instructions concours communs voie CPGE

**N° Candidat :**

Noms des auteurs :

MAURICE Agathe  
PAUMIER--DELEMER Lou  
REYBOZ Toscane  
ROCCA--SAVIO Faustine

**Dominante BIOLOGIE**

**Le bioplastique biodégradable, créé à partir d'ingrédients naturels, est-il une bonne alternative au plastique industriel à base de pétrole ?**

Nous avons synthétisé notre propre plastique à base de fécula de pomme de terre et l'avons comparé à deux plastiques industriels : un biodégradable et un non biodégradable. Nos expériences portent sur la dégradation, la perméabilité et l'élasticité de ces trois types de plastique.

Nous constatons que si les plastiques à partir d'amidon sont en effet dégradables et donc non polluants, leurs propriétés physiques (impermeabilité et élasticité) sont moins bonnes que celles des plastiques dérivés du pétrole mais ces bioplastiques constituent une alternative convenable à court terme.

**Nombre de caractères : 23 952 caractères**

**BANQUE AGRO-VETO – Session 2025  
T.I.P.E.**

TITRE : COMPARAISON DE PLASTIQUE CLASSIQUE ET PLASTIQUE BIODÉGRADABLE

# SOMMAIRE

Introduction.....	p3
I) SYNTHÈSE D'UN BIOPLASTIQUE.....	p4
A/ Comparaison de la composition moléculaire des plastiques.....	p4
B/ Élaboration d'un protocole de fabrication d'un bioplastique.....	p4
II) COMPARAISON DE LA BIODÉGRADABILITÉ DES TROIS PLASTIQUES.....	p5
A/ Biodégradations abiotiques.....	p5
B/ .. par les moules.....	p6
C/ .. par les vers de terre.....	p7
III) COMPARAISON DES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES TROIS PLASTIQUES.....	p9
A/ Étude de la perméabilité des plastiques.....	p9
B/ Étude de la résistance mécanique.....	p9
Conclusion.....	p11
Bibliographie.....	p12

## **Introduction**

Le plastique est un vrai fléau pour l'environnement et la biodiversité. Il est aujourd'hui omniprésent dans notre quotidien en raison de ses propriétés avantageuses : légèreté, résistance et faible coût de production. Chaque année, 60 millions de tonnes de matière plastique sont produites, dont des milliards de sacs plastiques. Un quart de la production est recyclé, le reste est incinéré ou déversé dans la nature.

Actuellement, on estime que la quantité de plastique dans les océans est comprise entre 75 et 199 millions de tonnes. Cela représente environ 85% des déchets marins. De plus, il y aurait environ 5 000 milliards de morceaux de plastique flottant dans nos océans. Ces chiffres soulignent l'ampleur de la pollution plastique dans les mers et océans, affectant la faune et la flore marine et formant des « continents » de plastique. Le 7<sup>e</sup> continent a été découvert en 1997, il se situe dans le gyre subtropical de l'océan Pacifique. Il s'étend sur une surface de près de 6 fois la superficie de la France. Ces déchets mettent entre 100 et 500 ans à se dégrader. [1]

De plus, la lumière du soleil fractionne ces déchets en petits morceaux qui menacent la biodiversité. Les poissons les confondent avec du plancton et d'autres animaux s'étouffent en avalant du plastique. Sa non-dégradation pose donc un défi écologique majeur.

Face à ce problème, les plastiques biodégradables apparaissent comme une bonne alternative, tant sur le plan de la fabrication que de sa dégradation. [2]

### **Le plastique biodégradable créé à partir de composants naturels est-il une bonne alternative au plastique industriel à base de pétrole ?**

Nous nous intéresserons à cette question à travers nos expériences en comparant trois types de plastiques : un plastique non biodégradable industriel (noté P), un plastique biodégradable industriel (noté BI) et un bioplastique que nous avons fabriqué (BM).

Nous avons choisi de tester trois des caractéristiques d'un plastique : sa dégradation en milieu naturel, sa perméabilité et son élasticité.

### **Objectifs :**

Dans un premier temps nous testons la fabrication d'un bioplastique susceptible de remplacer les sacs plastiques en polyéthylène issus du pétrole. Nous comparons ensuite la biodégradabilité des 3 types en simulant des conditions réelles de dégradation (action de l'eau douce, salée et acide, dégradation dans le sol...).

Enfin nous comparons les propriétés physiques impliquées dans leur utilisation : perméabilité, élasticité et résistance à la rupture.

Les matériaux de plastique sont obtenus par la R<sup>e</sup> dite de polymérisation qui conduit à un polymère par enchaînement de motifs, appelés monomères.

## I) SYNTHÈSE DU BIOPLASTIQUE

### A/ Comparaison de la composition moléculaire des plastiques

Le plastique de manière générale est obtenu par polymérisation de composés. Ce sont ces derniers qui confèrent l'ensemble de ses propriétés physiques.

#### Plastiques industriels non biodégradables :

Synthétisés à partir de dérivés pétrochimiques, les polymères d'éthylène et principalement le polyéthylène (PE) sont les composants majoritaires du plastique industriel.

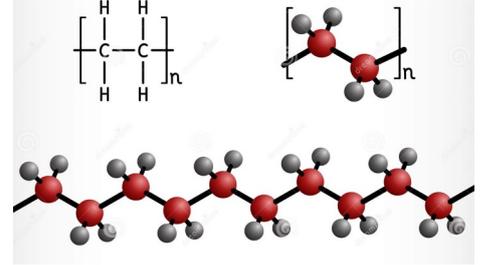


Figure 1. Structure chimique d'un polymère du polyéthylène.

L'avantage de ce type de polymère est sa haute résistance, sa flexibilité, son élasticité et sa longévité. De plus, sa production est possible à grande échelle et à faible coût. Mais ce processus n'est pas durable car très polluant dans sa fabrication (émissions de CO<sub>2</sub>), principalement lors d'extractions du pétrole ou des gaz dont est issu l'éthylène, et lors du vapoc cracking (passage du pétrole à l'éthylène). Son recyclage est limité et inefficace et son incinération relargue du CO<sub>2</sub>. [3]

Cependant, l'amylose, une des formes de l'amidon, est une alternative plus écologique. C'est un polymère végétal de réserve, dont le monomère est le glucose. C'est une molécule compactée en spirale, très stable et riche en énergie chimique. Mais sa résistance reste encore limitée ainsi que son coût de production.

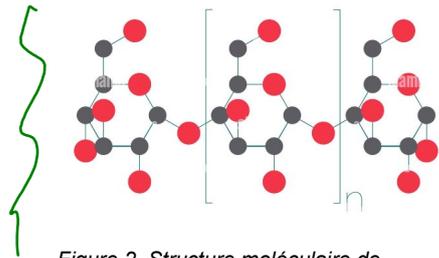


Figure 2. Structure moléculaire de l'amylose.

Le bioplastique industriel utilisé dans nos expériences a une composition très majoritairement biosourcée : [4]

- polymère principal : amidon de pomme de terre (50%)
- plastifiant : glycérol (5%)
- co-polymère : PLA (15-20%) et PBAT (30%)
- additifs : fibres végétales, talc et cire

Il est compostable d'après les normes industrielles avec des composants d'origine biosourcée à plus de 70% le reste étant biodégradable.

Afin de réaliser nous-même des travaux de comparaison entre plastique classique et bioplastique, nous avons décidé de synthétiser notre propre bioplastique, à base de féculé de pomme de terre (contenant de l'amidon) et d'en étudier ses propriétés.

### B/ Élaboration d'un protocole de fabrication d'un bioplastique

Nous avons utilisé des composants d'origine végétale tels que la féculé de pommes de terre, l'eau, le vinaigre blanc et la glycérine.

La féculé de pomme de terre est le polymère principal qui structure le plastique. L'eau est le solvant. Le vinaigre blanc est un catalyseur favorisant la gélification et la glycérine est le plastifiant.

La glycérine naturelle est obtenue lors d'une réaction de saponification (mélange d'un corps gras et de soude qui produit un savon et de la glycérine).

Après plusieurs tentatives insatisfaisantes, nous avons optimisé le protocole de préparation : [5] [6]

Plusieurs essais nous ont permis d'ajuster les proportions des constituants et le protocole pour obtenir un bioplastique d'aspect comparable à ceux du commerce.

Dans un bécher sont versés 10 g de féculé de pomme de terre, puis 5 mL de glycérine et 5 mL de vinaigre blanc, et quelques gouttes de colorant en agitant avec 60 mL d'eau.

Le mélange est chauffé au bain marie à environ 60-70 °C tout en remuant à l'aide d'un bâton mélangeur en verre, jusqu'à épaississement. Ce chauffage permet de répartir également la chaleur dans la solution et l'agitation douce

à la baguette de verre évite la formation des bulles.

Le mélange est ensuite étalé de manière homogène sur une surface plane (cristalliseur) pour obtenir une fine couche de plastique. Il est impératif d'étaler finement la pâte sur une surface rigide et lisse à l'aide d'une règle afin d'obtenir un plastique d'épaisseur constante (ce que ne permet pas la spatule trop étroite) et suffisamment souple. Celle-ci est laissée à sécher 48h à l'air ambiant.

En outre, le plastique n'a pas la même texture selon ses conditions de température et d'humidité régnant dans la salle lors de sa préparation : en été il était plus élastique, plus uniforme, alors qu'en hiver et lorsqu'il fait plus humide, il est plus rigide, rugueux et épais. Il se rétracte avec le froid et l'humidité et se fissure.

**Nous avons fabriqué 3 plastiques BM (exploitables), et mesuré les masses et épaisseurs de plusieurs échantillons.**

**Les épaisseurs de BM sont très variables du fait de sa fabrication non industrielle. Mais leur comparaison est possible puisque la contrainte est fonction de l'épaisseur.**

	Moyenne épaisseur	Ecart-type épaisseur	Moyenne masse	Ecart-type masse
P	10 µm	<del>0 µm</del>	<del>5 mg</del>	0 mg
BI	25 µm	<del>0 µm</del>	<del>9 mg</del>	0 mg
BM	300 µm	100 µm	125 mg	38,5 mg

Tableau 1 : Epaisseurs et masses des plastiques

*j'ai pas pu l'imposer du mal à voir si cette évaluation est pertinente.*

*épaisseur homogène ? mesurée en 5 points ? on veut l'épaisseur moyenne des 3 plastiques fabriqués*



Figure 3: Matériel de synthèse utilisé



Figure 4: Plastique inexploitable



Figure 5: Premier plastique exploitable

## II) COMPARAISON DE LA BIODÉGRADABILITÉ DES TROIS PLASTIQUES

*PH est-ce de la mer ?*

Pour modéliser les conditions naturelles, nous avons testé la dégradation dans l'eau de mer avec de l'eau salée et dans de l'acide avec du citron (simulant des pluies acides ou gouttes d'acide dans un sac de course par exemple), et enfin dans un sol.

Enfin nous avons souhaité tester la dégradation par les organismes vivants en faisant ingérer les plastiques par des moules.

### A/ Biodégradations abiotiques

Pour chaque expérience nous avons découpé 2 échantillons carrés par plastique (donc 6 échantillons) de dimension 2x2 cm<sup>2</sup>.

Nous avons mis les échantillons dans des tubes à essai de 10 mL et boîtes de pétri. Nous avons doublé les échantillons pour faire les expériences témoins.

**Expérience n°1 : EAU SALÉE**

Nous avons recréé artificiellement de l'eau de mer avec une concentration de 33 g.L<sup>-1</sup> de sel.  
 Et témoin avec de l'eau distillée.

*le témoin est*

**Expérience n°2 : CITRON**

Nous avons versé du jus de citron dans les boîtes de pétri jusqu'à avoir un pH de 4,3 dans chaque boîte pour obtenir des solutions acides.  
 Le témoin est fait d'eau distillée.



Figure 6. Tubes à essais et boîte de pétri avec eau de mer et témoin

**Résultats :**

On observe l'apparition de champignons sur les plastiques BM au bout de 14 jours dans l'eau salée, puis sur les bioplastiques BI. Aucun champignons sur P, quelque soit le milieu.

Cela permet d'affirmer que les bioplastiques sont dégradables par des êtres vivants alors que P n'est dégradable dans aucun milieu.

Dans le milieu acide, rien ne s'est développé.

*Vos légendes + classement des champignons*

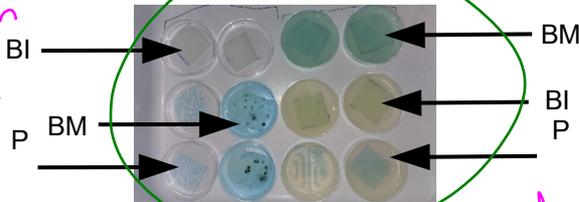


Figure 7. Résultats de la dégradation par l'eau de mer au bout 15 j et du citron au bout de 7j

*les quels sont lesquels?*

	P	BI	BM
Eau salée	/	+	+++
Eau distillée	/	+	++
Eau citronnée	/	/	/

Tableau 2 : Tableau récapitulatifs de l'apparition de champignons lors de la dégradation

*le classement des photos et faites 1 classement clair.*

**B/ ... par les moules**

**Expérience n°3 – A : MOULES, ABSORPTION IN VIVO**



Figure 8. Création artificielle du milieu naturel des moules

Nous avons recréé le milieu de vie des moules en imitant la concentration de l'eau de mer à 33 g.L<sup>-1</sup> de sel dans trois cristalloirs, un pour chaque type de plastique, et un quatrième servant de témoin. Chaque cristalloir comporte 10 moules et un bulleur créant du courant pour la filtration de l'eau. Nous avons découpé en paillettes millimétriques les plastiques pour faciliter la filtration, puis les avons insérés dans les cristalloirs.

Les moules ont filtré l'eau pendant 24h puis nous avons cuit la moitié des moules, afin de disséquer leur estomac et de les observer à la loupe binoculaire et au microscope optique. L'autre moitié des moules a servi à observer les éventuelles traces de plastique dans les branchies qui filtrent l'eau.

**Observations :**

Traces de plastique P dans les branchies et aucune trace de BI ou BM.  
 Pas de trace de plastique dans les estomacs.

**Interprétations :**

Les moules filtrent bien le plastique mais même si l'on ne trouve pas de plastique dans les estomacs, cela ne signifie pas qu'elles l'ont digéré.  
 Pour déterminer si les moules ont vraiment digéré le plastique nous réalisons une digestion in-vitro.

microplastique P

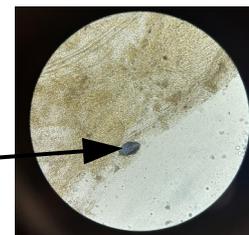


Figure 9. Observation au MO x400 des branchies des moules

### Expérience n°3 – B : DIGESTION IN VITRO

Nous réalisons une dissection des moules afin d'en extraire l'hépatopancréas dans lequel sont contenues les enzymes digestives. On prélève les sucs pancréatiques en écrasant l'hépatopancréas puis on les dépose sur des fragments carrés de plastique dans des boîtes de pétri contenant de l'eau distillée, 3 boîtes pour les 3 plastiques. On laisse les sucs agir 24h avant d'en observer les résultats.

**Observations :** Macroscopiquement, on peut voir que les fragments carrés de bioplastique ont été déchirés et déchiquetés, mais que P reste intact. De plus, nous pouvons observer microscopiquement des trous et des fissures sur BM et BI et non sur P.

**Interprétation :** Les enzymes de l'hépatopancréas ont digéré les bioplastiques, mais pas le plastique industriel.

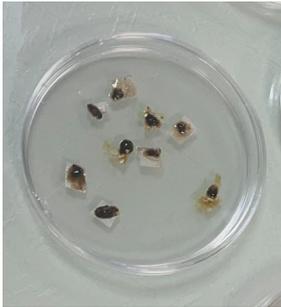


Figure 11. Digestion in vitro des plastiques BI



Figure 12: Résultats expérimentaux macroscopiques (BI)

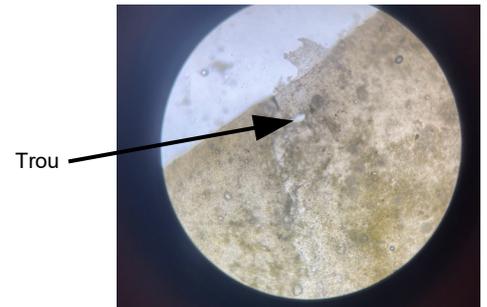


Figure 10: Résultats expérimentaux au MO x400 (BI)

### C/ .. par les vers de terre

#### Expérience n°4 : DÉCOMPOSITION PAR LES VERS DE TERRE

Nous avons souhaité étudier la biodégradation des plastiques dans un sol vivant constitué d'une cinquantaine de vers décomposeurs *Eisenia foetida*, des cloportes, des Enchytréides et autres décomposeurs du sol.

Nous avons ajouté du marc de café. En effet, la sensibilité des décomposeurs à la caféine augmente leur activité pour la transformation des végétaux en compost et donc par la même occasion la dégradation des plastiques. En guise de témoin, nous avons utilisé de la terre stérilisée mise dans les mêmes conditions physiques que la terre vivante (même température, taux d'humidité, ensoleillement...). [7]

Chaque bac de terre contient 5 carrés de 2 x 2cm<sup>2</sup> pour chaque type de plastique.

Leur évolution a été étudiée pendant une durée de 9 semaines, à une fréquence de 1 fois par semaine.

- **Conditions initiales :**

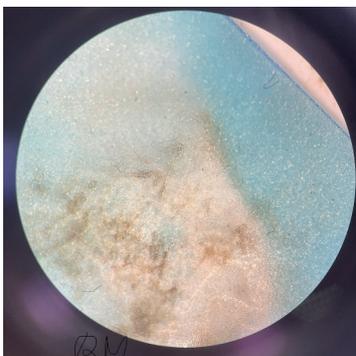


Figure 13. BM de référence

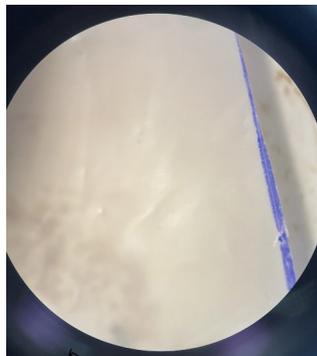


Figure 14. P de référence

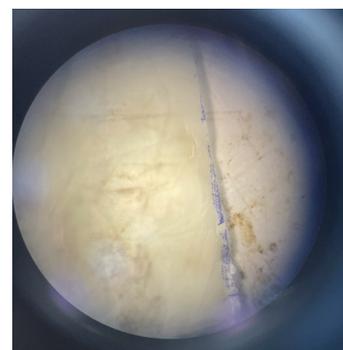
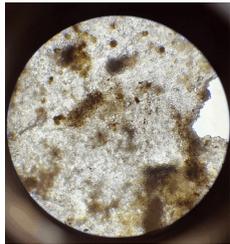
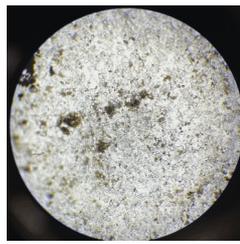


Figure 15: BI de référence

- **Premières traces de dégradation sur BM :**



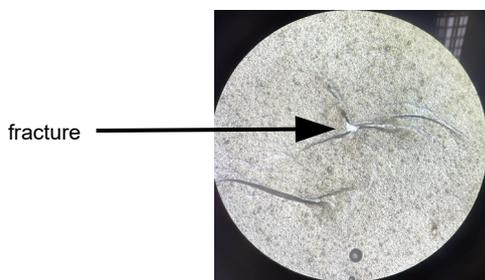
*Figure 16. BM dans la terre "vivante" après 2 semaines*



*Figure 17. BM dans la terre témoin après 2 semaines*

Après 2 semaines, les bioplastiques BM sont déjà partiellement décomposés et incrustés de terre tandis que l'on n'observe aucune dégradation ni sur les bioplastiques BM témoins ni sur aucun autre plastique.

- **Premières traces de dégradation sur BI :**



*Figure 19. BI dans la terre « vivante » après 4 semaines*



*Figure 18. BI dans la terre témoin après 4 semaines*

Mêmes observations que BM, seulement les dégradations arrivent plus tard. Puisque BM est entièrement fabriqué à base d'éléments naturels, il est plus dégradé et décomposable que BI.

- **Pas de dégradation observée pour les plastiques industriels**

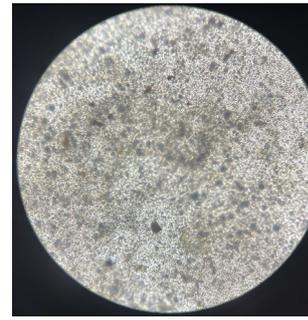
**Fin de l'expérience :**



*Figure 20: BM après 4 semaines*



*Figure 21: BI après 9 semaines*



*Figure 22: P après 9 semaines*

*Remarque : BM est entièrement dégradé au bout de la 5e semaine.*

**Résultats généraux et interprétations :**

Seul BM est entièrement dégradé et sur un temps court, comparé à la durée globale de l'expérience. Sa composition naturelle l'a rendu attrayant pour les décomposeurs du sol. BI est altéré, comparé à P qui lui ne l'a pas été du tout.

Cette expérience montre une effective différence dans la décomposition du plastique dans le sol et l'influence de sa composition sur son impact environnemental. Les plastiques à base d'amidon, se décomposant rapidement et sans diffuser de produits toxiques dans l'environnement présentent une bonne alternative au plastique à base de polyéthylène de ce point de vue ci.

### III) COMPARAISON DES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES TROIS PLASTIQUES

#### A/ Étude de la perméabilité des plastiques

##### Expérience 5 : perméabilité du plastique

Le sulfate de cuivre anhydre se colore en bleu en présence d'eau. Nous en avons donc mis dans un bécher et l'avons recouvert avec chaque plastique, puis versé de l'eau par-dessus. Après cinq jours, nous avons comparé les teintes de bleu du sulfate de cuivre anhydre selon les paramètres : plastique choisi (BM ou PI) et présence d'eau ou non par-dessus. Les teintes ont été mesurées à l'aide du logiciel *Mesurim2*.

**Remarque :** Durant l'expérience, nous avons remarqué que BM était beaucoup plus perméable à l'eau que P et BI. En 12 secondes, l'eau déposée sur le plastique le transperce. Par conséquent, nous avons par la suite effectué les expériences uniquement sur P et BI.

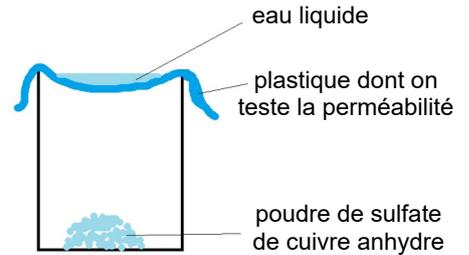


Figure 23. Protocole expérience perméabilité

#### Interprétations :

Si l'on compare BI et P, on observe que la teinte du sulfate de cuivre anhydre est plus élevée pour les bioplastiques que pour P. Cela signifie que la perméabilité des bioplastiques à la vapeur d'eau et à l'eau liquide est plus élevée que celle de P.

De plus, on observe en comparant les deux P (témoin et celui avec eau) que l'ajout d'eau liquide en contact direct avec le plastique ne change pas les résultats de l'expérience.

Les plastiques sont donc imperméables, même en contact direct avec de l'eau liquide.

Teinte du sulfate de cuivre anhydre selon le plastique

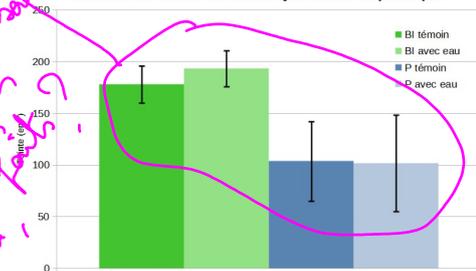


Figure 24. Teinte de sulfate de cuivre anhydre

*A quoi correspondent les hautes et basses ? Plusieurs essais ont été faits. Si oui, oui, non, non.*

#### B/ Étude de la résistance mécanique Expérience 6

Nous avons d'abord mesuré l'épaisseur des plastiques (avec un pied à coulisse électronique).

P : e = 20 µm

BI : e = 25 µm

BM : e = 200 µm environ

*! 300 µm avec scale type 100 µm à non us PJ*

Puis découpé des bandes des trois plastiques, toutes de même dimension : 10 x 5 cm<sup>2</sup>. [9]

Sur une potence avec une pince suspendue, nous avons accroché la bande de plastique dans la pince, et un crochet en bas de la bande pour y ajouter successivement des masses.

Nous avons mesuré la longueur du plastique avec une règle graduée à chaque ajout de masse.



Figure 25. Ajout de masses petit à petit pour mesurer l'élongation du plastique

je trouve que ça fait bizarre. Peut-être faire 1 petit intro en mettant le profil type avec les 3 zones et définir la contrainte.

ANALYSE :  
 (Q) types de  
 (S) demande de  
 calcul

**ANALYSE :**

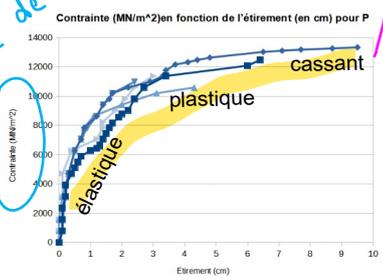


Figure 28: Courbe de traction P

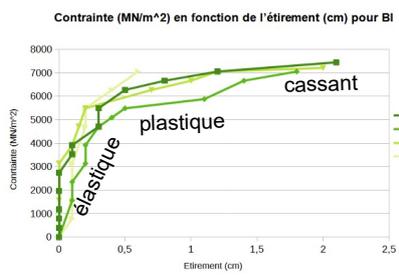


Figure 27: Profil rhéologique BI

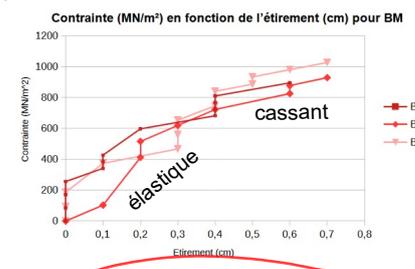


Figure 26: Profil rhéologique BM

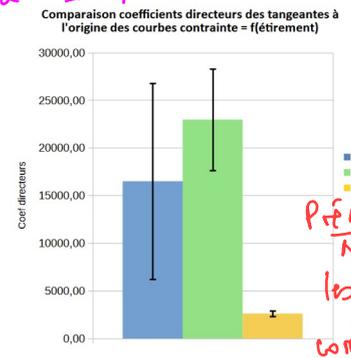
Observations qualitatives:

- On remarque que BI et BM s'étirent beaucoup moins que P. Et BM s'étire moins que BI, qui s'étire moins que P.
- On remarque également que le poids appliqué à P au moment de la fracture est supérieur à celui appliqué aux deux plastiques biodégradables.
- La plasticité varie selon le type de plastique (P est plus plastique que BM et BI).

Pour réaliser 1 comparaison + quantitative (figure 29)

Nous avons calculé les coefficients directeurs des tangentes à l'origine des courbes Contrainte = f (étirement). On remarque que le coefficient de BM est significativement plus faible. On en déduit que BM est beaucoup moins élastique que les deux autres. Ceci s'explique par l'ajout de plastifiants dans la composition de BI, remarqué précédemment.

Figure 29: Comparaison des coef. directeurs des tangentes à l'origine des courbes contrainte=f(étirement)



26-27 prin 28.  
 quelle différence faites vous ?  
 faire 1 titre homogène si pas de différence  
 P est un N° de cas  
 les barres d'erreur correspondent à 1 intervalle de confiance à 95%  
 tel mlti à l'aide du coeff de Student

Nous avons également comparé les valeurs de contrainte et d'étirement au point de fracture. Nous observons que le plastique P s'étire beaucoup plus et résiste à une force plus forte avant la fracture. En revanche les barres d'erreur se chevauchent pour comparer l'étirement. Pour le poids, on voit très bien que P craque plus tard (avec plus de force appliquée) que BM et BI (barre d'erreur de BM et BI se chevauchent).

On observe grand même 1 tendance

idem sur barres d'erreur

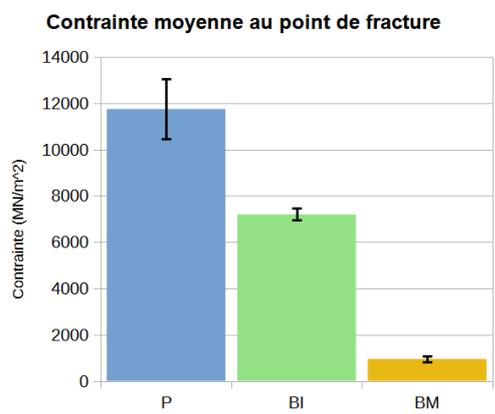


Figure 31: Contrainte moyenne au point de fracture

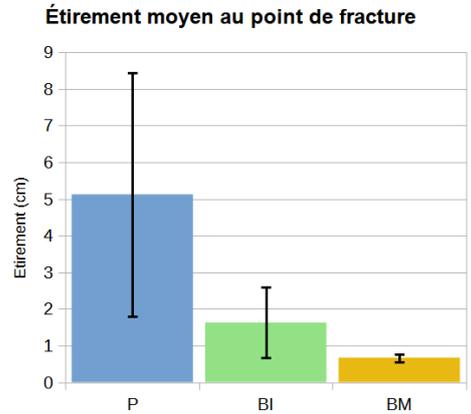


Figure 30: Étirement moyen au point de fracture

## CONCLUSION

Ainsi le bioplastique maison est facilement synthétisable, demande peu d'énergie lors de sa fabrication, n'est pas toxique, ne pollue pas et son coût de production est relativement faible. Il répond donc aux attentes de la chimie verte. De plus, par la présence de champignons ou de bactéries dans l'eau salée et l'eau distillée, le bioplastique se dégrade effectivement, contrairement au plastique industriel.

De même, la digestion du bioplastique par les sucs pancréatiques des moules montre que le bioplastique pollue peu et est bien moins nocif pour la faune et la flore marine en se dégradant plus rapidement que celui à base de pétrole qui se dégrade à peine après des siècles.

D'autre part, les décomposeurs du sol dégradent totalement le bioplastique maison au bout de 5 semaines, le bioplastique industriel au bout de 9 semaines, tandis que le plastique à base de pétrole est toujours intact. Ainsi concernant la biodégradation, l'utilisation du bioplastique est favorisée.

Cependant, malgré les recherches et les avancées scientifiques, le bioplastique ne possède pas encore les mêmes propriétés physico-chimiques que le plastique industriel. Le plastique P est imperméable tandis que la perméabilité du bioplastique est élevée. Enfin, le BM est seulement élastique et les plastiques P et BI sont aussi plastiques, ils se déforment sans reprendre leur forme. L'élongation de P est ainsi supérieure à celle de BI elle-même supérieure à celle de BM. Cependant la rupture du bioplastique est bien plus rapide que celle de P. Le bioplastique est ainsi moins résistant. Ainsi en fonction de l'utilisation du produit fini, le plastique P est favorisé ou non pour ses propriétés mécaniques.

En revanche, même si le bioplastique industriel est favorable à l'environnement, son coût de production reste bien plus élevé que celui à base de pétrole, ce qui ralentit considérablement la transition du plastique au bioplastique.

*fait. il en core pouvoir le faire à la font distillée !*

## **Bibliographie**

- [SimplyScience: Le bioplastique, qu'est-ce que c'est ?](#)
- [Plastiques ou bioplastiques ? Quelles sont les alternatives durables ? | Citoyen - Bruxelles Environnement](#)
- [Déchets marins | Ministères Aménagement du territoire Transition écologique](#)

## **Notes de bas de page**

[1] RÉDACTION [ECOLOGIE.GOUV.FR](#), *et al.* (2017). [Déchets marins | Ministères Aménagement du territoire Transition écologique](#), [ecologie.gouv.fr](#). Consulté le 24 mars 2025.

[2] RÉDACTION SIMPLYSCIENCE et SATW, *et al.* (2020). [SimplyScience: Le bioplastique, qu'est-ce que c'est ?](#). [simplyscience.ch](#). Consulté le 12 février 2024.

[ancien 2] RÉDACTION EMPLOI PLASTURGIE, *et al.* (2021). [Les bioplastiques : tout ce qu'il faut savoir ! | Compétences techniques | Emploi Plasturgie](#) [emploi-plasturgie.org](#). Consulté le 5 février 2025.

[3] RÉDACTION ENVIRONNEMENT BRUSSELS, *et al.* (2022). [Plastiques ou bioplastiques ? Quelles sont les alternatives durables ? | Citoyen - Bruxelles Environnement](#) [environnement.brussels](#). Consulté le 5 février 2024.

[5] L.BLANC, B.MARTY et L.LARUELLE, *et al.* (2021). [me\\_thodes\\_et\\_protocoles\\_-\\_synthe\\_se\\_de\\_bioplastiques.pdf](#) [pse.espci.fr](#).

[6] SOPHIA, student from the department of chemical and process engineering of the University of Strathclyde, *et al.* (2021). [Potato Bioplastics - Curious About Innovation](#) [curiousabout.glasgowsciencecenter.org](#). Consulté le 5 février 2024.

[7] JACQUIN, J., *et al.* (2023) [Le processus de biodégradation des plastiques, comment ça se passe ? - IPC](#), Centre Technique Industriel de la Plasturgie et des Composites [ct-ipc.com](#). Consulté le 27 mai 2024.

[8] R.VANDERMEERSCH, A.ROQUETTE, A.NICOLAS et F.DELHEM, *et al.* (2017). [Résultats de la dégradation des bioplast | impact-bioplastiques](#) [impact-bioplastiques.wixsite.com](#). Consulté 23 septembre 2024.

[4] BESSON, F., *et al.* (2013). [pastel.hal.science/pastel-00971268/file/2013ENMP0067.pdf](#) [pastel.hal.science](#). Consulté le 7 octobre 2024.