A la recherche d’un bioplastique vraiment écolo !

ATELIER SCIENTIFIQUE
COLLEGE ANTOINE COURRIERE

Partenaires extérieurs :

- Dr. Karina Petit, Maître de Conférences en Pharmacognosie
- Laurent Bélard, Responsable R&D – R&D Manager chez Natureplast, entreprise experte en bioplastique
- Le Lycée Latécoère d’Istres

Remarque de l'enseignant : *par manque de temps et pour laisser au maximum les élèves avancer dans leur projet, je me suis occupé de la mise en page dans ce rapport et j'ai retranscrit aussi une grosse partie des explications à l'écrit, l'ensemble de ce travail étant assez long étant donné le temps dont nous disposions pour ce projet cette année.*

I. Résumé du projet (par l'enseignant)

Après un travail de recherche, les élèves ont trouvé 4-5 recettes, essentiellement à base de farine de blé.

Ils ont trouvé le support sur lequel couler le bioplastique, et ont trouvé une recette acceptable.
Ils ont fait jouer différents paramètres pour améliorer la recette, et j'ai conseillé aussi de mettre en place un protocole rigoureux pour tester la solidité des bioplastiques fabriqués pour mieux pouvoir les comparer.
Ils se sont rendu compte qu'un bioplastique du commerce s'étirait beaucoup.
Ils ont donc mis en place un protocole pour mesurer le poids que peut supporter leurs bioplastiques, mais aussi l'étirement avant rupture, à l'aide d'un petit robot fabriqué avec des briques de lego EV3.

Il y a peu, ils se sont finalement rendu compte que le bioplastique à base de farine de blé n'était pas vraiment écologique, car il entre en concurrence avec l'alimentation.

Ils sont ainsi repartis à zéro en travaillant à partir d'agar-agar. Une élève a même réussi à trouver sur internet un lycée qui leur a envoyé des algues rouges, afin de fabriquer l'agar-agar eux- mêmes.

L'un d'entre eux pensait aussi essayer de chercher ce que l'on pourrait faire avec des déchets ménagers, après avoir lu qu'une adolescente avait réussi à fabriquer un bioplastique avec des peaux de banane.

Le groupe a amélioré la recette à base d'agar-agar pour que leur bioplastique ressemble à celui du commerce en faisant varier différents paramètres, et a contacté des entreprises pour avoir des conseils ou des explications.

Ils ont aussi contacté sur mes conseils Mme Petit, Maître de conférences, pour avoir un protocole afin de transformer l'algue rouge en agar-agar.

II. Présentation du projet

Qui sommes-nous ?

Nous sommes 8 élèves allant de la 5ème à la 3ème. Cinq filles et trois garçons.
Nous avons commencé à travailler sur ce projet en septembre, 45 min par semaine durant l'atelier scientifique, en même temps qu'un autre groupe.

Pourquoi ce projet ?

Le projet a commencé avec l'article suivant :
(Source : https://www.consoglobe.com/bioplastique-plastique-vegetal-fantastique-4476-cg)

Le bioplastique est-il écologique ?

Le bioplastique peut donc être écologique, à quelques conditions :

- Qu'il ne soit pas **fabriqué avec du pétrole** : en effet, aujourd'hui on accepte sous le terme « *bioplastique* » des polymère fabriqués avec 70 % de pétrole.
- Qu'il ne concurrence pas les **cultures agricoles** : en effet, comme les « *biocarburants*« , le bioplastique est parfois fabriqué à partir de maïs ou de blé, qui pourrait nourrir des humains ou des animaux. En outre, ces produits agricoles nécessitent des ressources naturelles et de l'énergie fossile en quantité importante pour être produites.
- Qu'il ne soit pas fabriqué à partir d'**OGM** : c'est encore souvent le cas de certains bioplastiques, pour lesquels la réglementation est plus souple que pour les aliments.

Nous connaissions le principe du bioplastique, même si nous n'avions aucune idée de comment le fabriquer. Cet article cependant nous a surpris car on pensait que le bioplastique était vraiment écologique. Or on dirait que ce n'est pas souvent le cas.

- **Objectif du projet**

Notre problématique :
Est-il possible de créer nous-même un sac plastique vraiment écologique ?

III. Fabriquer un bioplastique

- **Le support :**

Pour commencer, nous avons cherché des recettes sur internet, mais nous nous sommes rendu compte qu'il fallait rapidement réfléchir sur quel support verser le bioplastique.
Ainsi, avec quelques recettes, nous avons testé plusieurs supports :

- Deux types de carton
- Du papier aluminium
- Du plastique
- Du verre
- De la faïence

Conclusion :

Le bioplastique se décolle bien lorsqu'on le verse sur du verre, du pastique et de la faïence.
Il reste collé sur les autres surfaces. C'est surprenant car plusieurs sites conseillent d'utiliser le papier d'aluminium.

- **Les recettes testées :**

Nous avons testé de nombreuses recettes, souvent à base d'amidon de maïs (Maïzena) et de glycérine.
Nous pensons choisir la meilleure, et ensuite essayer d'améliorer la recette.
Nous versons à chaque fois la préparation sur une plaque de verre ou de plastique.

1ère recette : AMIDON DE MAIS + GLYCEROL + VINAIGRE

- 10 mL d'eau distillée
- plus ou moins 1 g de glycérol
- plus ou moins 1 g de maïzena
- 1 mL de vinaigre blanc
- 1 à 2 gouttes de colorant alimentaire

Combinez les ingrédients et remuez. Faites chauffer sur feu moyen 10 à 15 min.
Des grumeaux pourraient commencer à se former si vous le faites trop chauffer.

2ème recette : AGAR-AGAR + GLYCEROL

- ½ c. à c. de glycérol
- 4 c. à c. de gélatine ou d'agar-agar
- 60 mL d'eau chaude

Faites chauffer le mélange à 95 °C ou jusqu'à ce que de l'écume apparaisse.
Après l'avoir sortie du feu, vous devez retirer la mousse qui s'est formée.

3ème recette : LAIT + VINAIGRE

- 500 mL du lait
- 6 cuillères de vinaigre de vin blanc ou du jus de citron.

Faire chauffer 500 mL de lait puis versez 6 cuillères de vinaigre de vin blanc ou de citron.
Sur une passoire, poser un filtre à café puis verser le liquide lorsque celui-ci est refroidi. Récupérer la matière blanche sur le papier et rincer-la doucement à l'eau, pour que les grains se collent mieux entre eux.
Presser plusieurs fois la matière blanche entre deux feuilles de papier absorbant ou deux chiffons secs.

4ème recette : AMIDON DE MAIS + GLYCEROL + ACIDE + SOUDE

- 2.5 g d'amidon de maïs
- 20 mL d'eau distillée
- 2 mL de glycérol (solution 50% vol dans de l'eau distillée)
- Colorant alimentaire liquide (quelques gouttes)
- 3 mL HCl 0.1M
- 3 mL NaOH 0.1M

1/ Remplir à 1/3 environ le bécher d'eau distillée, le mettre à chauffer (jusqu'à ébullition) sur la plaque chauffante. Il servira de bain marie.
2/ Rajouter 2.5 g d'amidon de maïs.

3/ Ajouter dans l'erlenmeyer 2 ml de glycérol.
4/ Ajouter enfin 20 mL d'eau distillée et 3 ml d'HCl.
5/ Chauffer en agitant au bain marie. Surveiller la température avec le thermomètre. Quand la température est de 100 °C, continuer le chauffage et l'agitation pendant encore 15 minutes.
6/ Ajouter de 1 à 3 mL de NaOH 0.1M suivant la viscosité obtenue après le chauffage.

5ème recette : CREME CHANTILLY + LAIT

- 350 mL de lait demi-écrémé
- 1 cuillère à soupe de vinaigre
- Crème chantilly

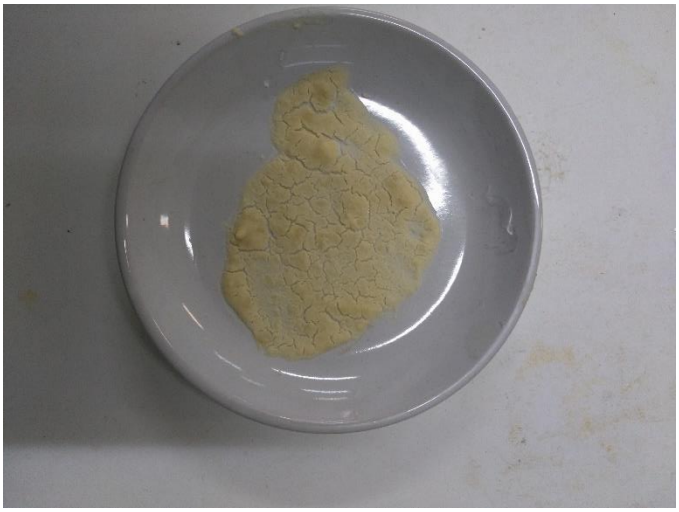
1. Recouvrez le pot avec le torchon et serrez-le avec l'élastique solide.
2. Faites chauffer le lait dans la casserole sans le laisser bouillir.
3. Ajoutez une cuillère à soupe de vinaigre : des grumeaux se forment.
4. Laissez refroidir le mélange puis versez-le dans le pot : les grumeaux vont se retrouver sur le torchon.
5. Appuyez sur les grumeaux à l'aide de la cuillère à soupe jusqu'à ce qu'un grumeau solide se constitue.
6. Ajoutez un peu de crème chantilly pour assouplir la masse.
7. Donnez la forme voulue au bioplastique.
8. Laissez sécher environ 2 semaines.

Conclusion :

Le résultat est très bon avec les recettes à base d'amidon de maïs.

Pour la recette avec l'agar-agar, c'est moyen. On a du mal à décoller le bioplastique de la plaque.

Pour les deux dernières, c'est un échec : nous obtenons des poudres.



Nous avons donc choisi de travailler sur les deux recettes à base d'amidon de maïs.

- **Les recettes à base d'amidon de maïs :**

A choisir entre les deux recettes à base d'amidon de maïs, celle avec l'acide et la soude nous semble mieux, mais nous ne voyons pas une grosse différence.

Maintenant que nous avons fini notre sélection de recette, nous testons, pour commencer, des variations dans la quantité de réactif à utiliser.

STOP !

Alors que nous avions commencé à fabriquer plusieurs bioplastiques à base d'amidon de maïs, nous nous sommes rendus compte d'un gros problème que nous aurions pu éviter depuis longtemps. Notre bioplastique n'est pas vraiment écologique : comme l'ingrédient principal est l'amidon de maïs, cela rentre en concurrence avec l'alimentation… Nous avons donc perdu plusieurs semaines de travail…

Dans notre atelier scientifique, en même temps que nous, un autre groupe d'élèves travaille sur les blobs. Ils utilisent de l'agar-agar pour que les blobs restent humides. Une fois, nous avons vu une galette d'agar-agar qui avait séché au fond d'une boite de Petri. Cela ressemblait à un bon bioplastique, bien meilleur que notre propre test ! En comparant les recettes, nous avons vu qu'ils ont utilisé beaucoup moins d'agar-agar que nous.

A l'aide de recherche, nous avons aussi vu que la recette à base d'agar-agar ne concurrence pas l'alimentation. En effet, l'agar-agar est fabriqué à base d'une algue rouge qui s'échoue sur les plages. Cela pose problème car elle gène et elle finit par fermenter avec des odeurs nauséabondes. L'utiliser semble donc plus judicieux que l'amidon de maïs.

Une photo du site de notre partenaire :

(source : https://letangnouveau.wordpress.com/2013/04/08/lagar-agar-du-lycee-latecoere/)

Pour repartir sur de bonnes bases, notre professeur est intervenu pour nous signaler qu'il devenait nécessaire de mettre en place un protocole strict pour pouvoir comparer les bioplastiques que l'on va fabriquer.

IV. Mise en place d'un protocole pour comparer les bioplastiques

Nous avons récupéré un sac bioplastique du commerce, utilisé pour transporter des légumes. On va s'en servir comme référence.

Nous remarquons qu'il se déchire sans trop forcer, mais qu'il s'étire vraiment beaucoup avant de casser. Nous ne comprenons pas pourquoi il s'étire autant. Nous décidons donc de contacter plusieurs entreprises. Nous envoyons 6 mails.

Nous obtenons plusieurs réponses, mais une seule est intéressante :

Bonjour,
Nous ne faisons pas nous-mêmes ce type de sacs, donc je ne vais pas pouvoir vous donner la vraie raison.
Cependant en me basant sur mes échanges que j'ai eus avec les fabricants, je peux vous préciser les points suivants:
- pour la confection d'un sac, on cherche un produit qui puisse contenir une certaine charge avant de se casser (on doit pouvoir mettre environ 10 kg de courses dans un sac sans qu'il ne se casse). D'autre part, il faut une matière qui soit adaptée au procédé de fabrication d'un sac (il s'agit d'un procédé un peu particulier que l'on appelle extrusion-bulle). Enfin il fallait une matière peu chère. Le PEbd possède l'ensemble de ces caractéristiques techniques et économiques, il a donc été choisi, et il possède de base une faculté à s'étirer avant rupture importante.
- les anciens sacs en polyéthylène basse densité (PEbd) possédant déjà des allongements très importants, il s'agit dans un premier temps de ne pas perturber les consommateurs avec des produits ayant des caractéristiques très différentes.
- enfin, ces sacs biodégradables sont des mélanges à base d'amidon. L'amidon n'est pas utilisé seul car il n'a pas les bonnes propriétés (notamment pour le procédé de mise en œuvre). Il est mélangé avec un autre plastique biodégradable qui s'allonge beaucoup (plus que le PEbd en fait), ce qui fait que le mélange est d'une part adapté à l'extrusion-bulle, et possède d'autre part une faculté à s'étirer grâce à l'ajout de cet autre plastique.

En ce qui concerne les plaquettes, je vous envoie les plaquettes de présentation de nos sociétés.
Si il vous faut d'autres précisions, n'hésitez pas à me recontacter par mail, et bon courage pour votre travail!

Laurent Bélard
Responsable R&D – R&D Manager chez Natureplast

C’est amusant ! Si on a bien compris, si le bioplastique s’étire autant, c’est juste pour ressembler aux plastiques à base de pétrole. Mais si ces derniers s’étirent beaucoup, c’est un peu par hasard : cette matière, le PEbd, était choisie à la base surtout parce qu’elle n’était pas chère.

Nous préparons trois protocoles :
- Mesurer le poids maximal avant de se déchirer.
- Mesurer son étirement avant de se déchirer.
- On contrôle aussi la souplesse du bioplastique.

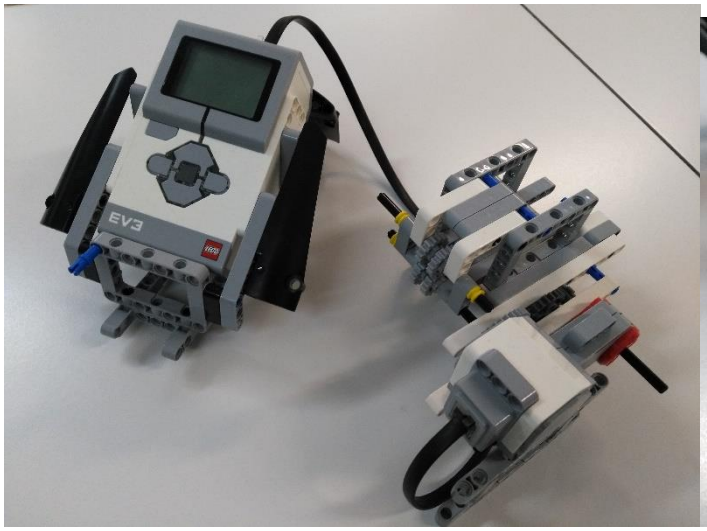
Mesurer le poids maximal du bioplastique avant de casser

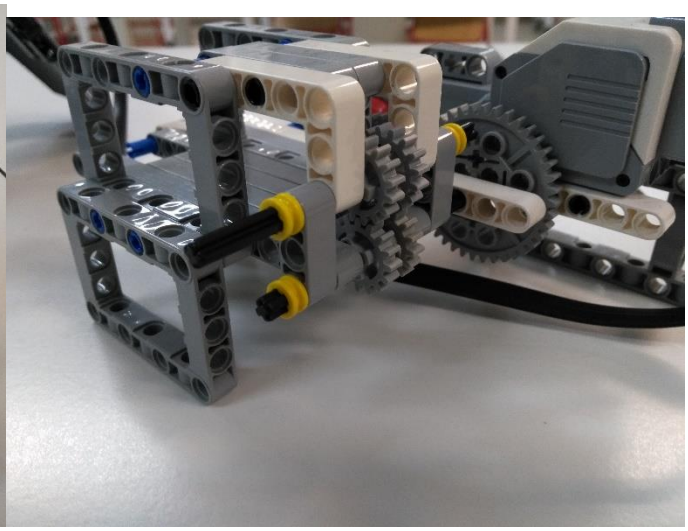
On découpe une bande de bioplastique de 8 cm sur 1,5 cm.
On l’accroche sur une petite machine en lego, et on rajoute des masses dans le sac jusqu’à ce que le bioplastique se déchire.

Par exemple, le bioplastique du commerce se déchire à partir de 200g.

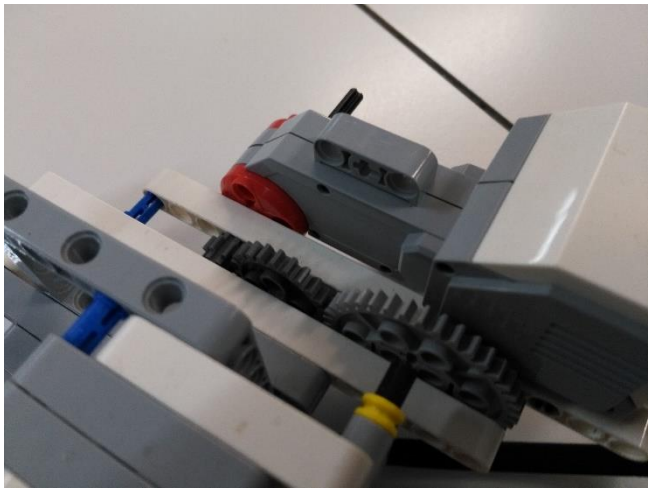
Mesurer l’étirement du bioplastique avant de se déchirer

Pour cela, nous avons fabriqué une machine en lego EV3. On bloque une bande de bioplastique de 1,5 cm de large dans la machine. La bande va se faire étirer lorsque le moteur va tourner.

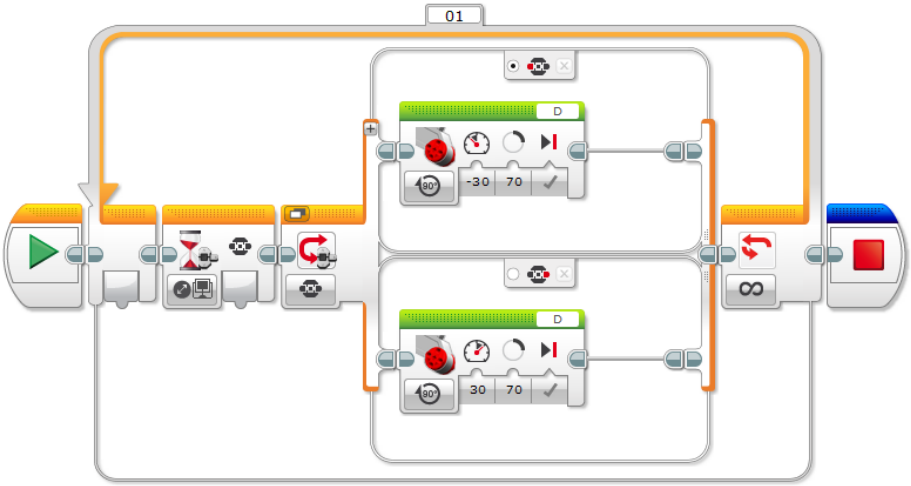




Nous avons rencontré plusieurs difficultés pour la fabriquer, à cause du manque de puissance des moteurs. Nous avons pour cela utilisé des engrenages pour donner plus de puissance au moteur.



Voici le programme que nous avons fait : à chaque fois que nous appuyons sur le bouton, le moteur qui va étirer le bioplastique va faire un tour (on peut aussi le faire tourner dans l'autre sens en appuyant sur un autre bouton). Nous comptons le nombre de fois où nous appuyons sur le bouton avant que le bioplastique ne se déchire complétement.



Par exemple, le sac du commerce se déchire après 15 tours.

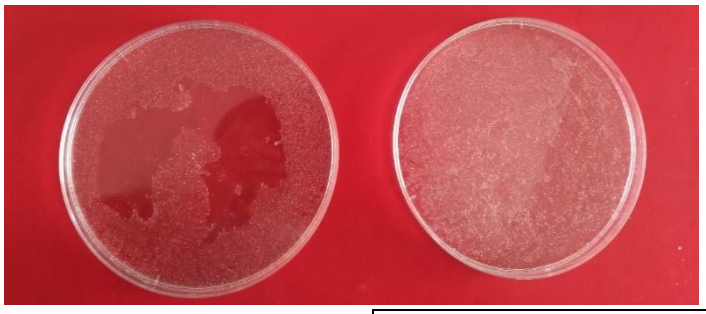
V. Le bioplastique à base d'agar-agar

1. Trouver une recette de base

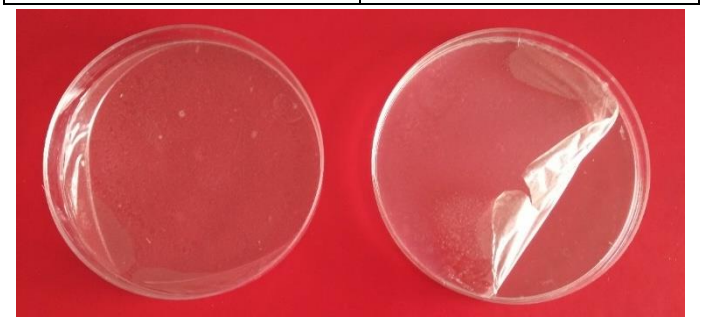
Pour nos tests, il faut que nous ayons à chaque fois la même épaisseur de bioplastique.
Nous travaillons dans des boites de Petri.
Nous avons fait à chaque fois 3 mesures, puis la moyenne des résultats.

Nous testons 3 concentrations différentes d'agar-agar dans l'eau.
Pour chaque concentration, nous versons 20mL dans une boite de Petri, et 40mL dans une autre.
Dans le tableau suivant, « Agar-agar 1% » veut dire qu'on a versé 1g d'agar-agar pour 100mL d'eau.

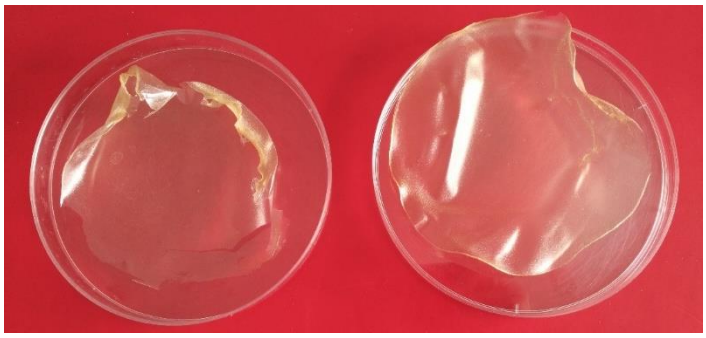
Agar-agar 0,1%	
20 mL	40 mL



Agar-agar 1%	
20 mL	40 mL

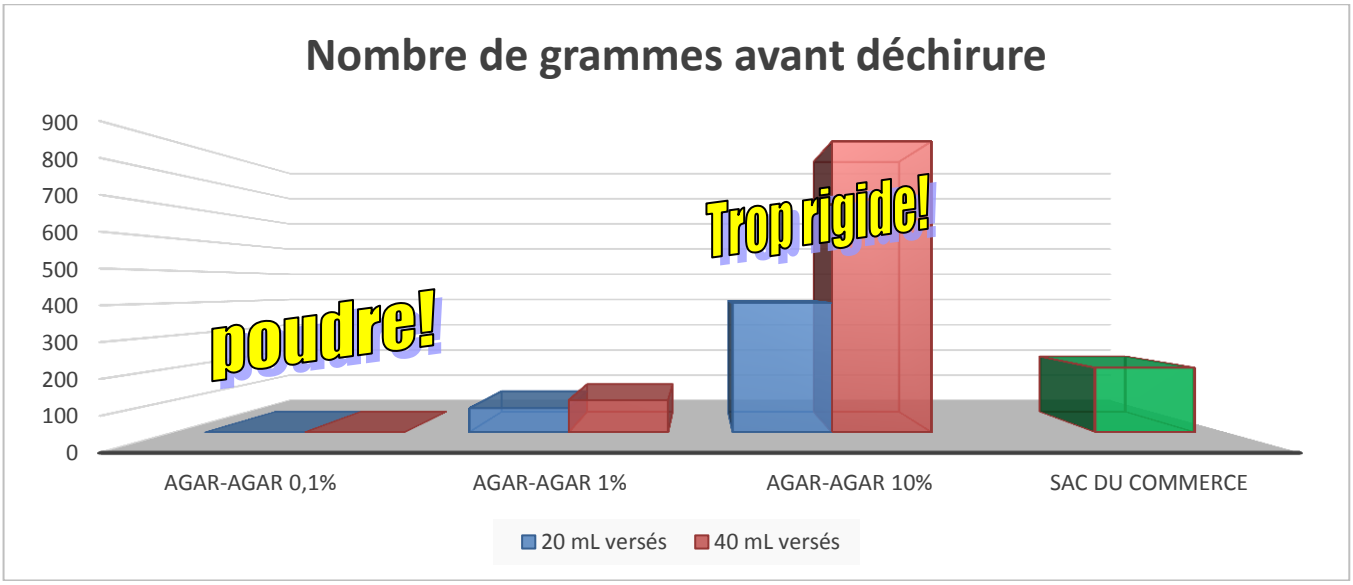


Agar-agar 10%	
20 mL	40 mL



Les résultats :

	Volume versé dans la boite de Petri	Aspect	Test résistance au poids	Test de l'étirement
Agar-agar 0,1%	20 mL	Poudre	X	1 tour
Agar-agar 0,1%	40 mL	Poudre	X	1 tour
Agar-agar 1%	20 mL	Souple	75g	1 tour
Agar-agar 1%	40 mL	Souple	100g	1 tour
Agar-agar 10%	20 mL	Un peu rigide	400g	1 tour
Agar-agar 10%	40 mL	Assez rigide	900g	1 tour
Sac du commerce		Souple, très fin	200g	15 tours



Conclusion :

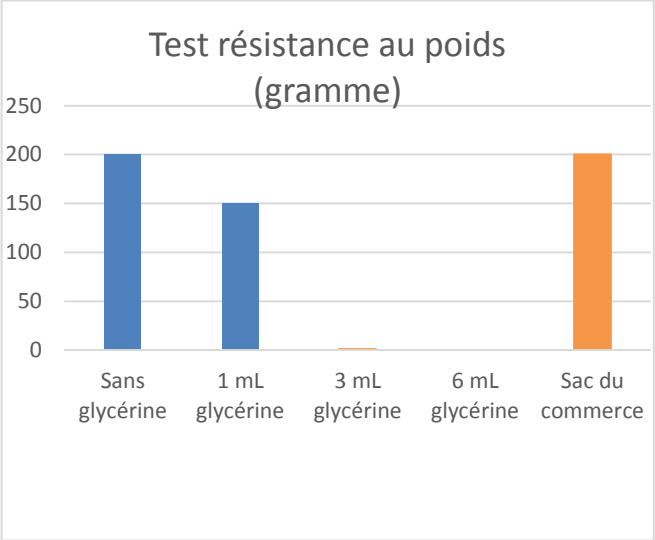
- A 10% d'agar-agar, le bioplastique est trop rigide.
- Toutes nos recettes n'ont aucune élasticité.
- La recette qui se rapproche le plus du bioplastique du commerce est la solution avec 1% d'agar-agar, avec 40 mL versés.

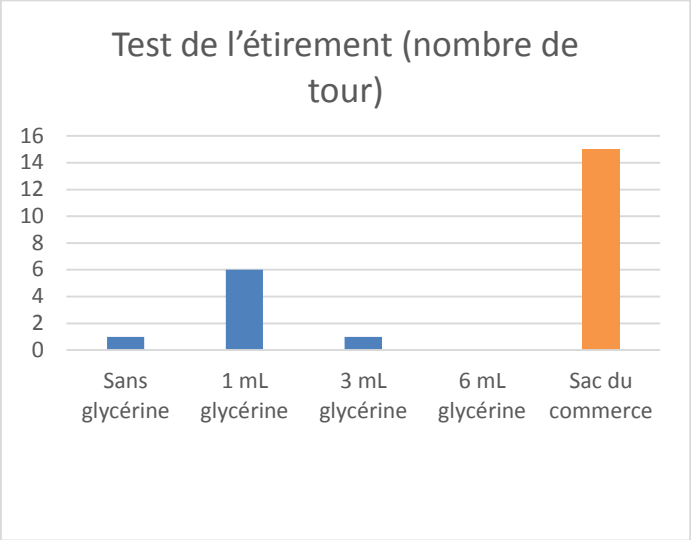
Nous avons ensuite testé une recette avec 2% d'agar-agar et 50 mL versés. Elle se déchire à 200g, comme le sac du commerce. Nous utiliserons cette recette pour la suite.

2. Améliorer la recette avec la glycérine

Sur la recette que nous avions vue sur internet, il y avait un peu de glycérine.
Cette fois-ci, pour ne pas reproduire nos erreurs, nous avons pensé avant de commencer à regarder si la glycérine était écologique pour notre recette.
Nous avons vu qu'elle est formée à base de pétrole, ou alors par fermentation du sucre. Ce n'est pas donc pas très écologique.
Cependant, nous avons aussi vu que c'est un résidu lors de la fabrication de savon. Nous pouvons alors considérer que dans ce cas-là, cela ne concurrence pas l'alimentation. Nous validons donc son utilisation.

Base : 50 mL d'eau, 1g d'agar-agar	Aspect	Test résistance au poids (gramme)	Test de l'étirement (nombre de tour)
Sans glycérine	souple	200	1
1 mL glycérine	souple	150	6
3 mL glycérine	souple	150	9
6 mL glycérine (A TESTER)			
SAC du commerce :	Souple, fin	200	15





Conclusion :
Avec un peu de glycérine, mais pas trop, le bioplastique supporte moins de poids, mais par contre il commence à bien s'étirer avant de se déchirer, comme le sac bioplastique du commerce.

3. Améliorer la recette avec d'autres réactifs

Nous avons eu envie de tester d'autres réactifs :

- La gomme de Xanthane
- La caféine
- La gomme de guar

Pourquoi ces trois réactifs ? Ils étaient présents dans la salle, car utilisés dans d'autres projets.
Pour la caféine et la gomme de Xanthane, c'est un échec.

Gomme de Xanthane	**Caféine**

La gomme de guar :

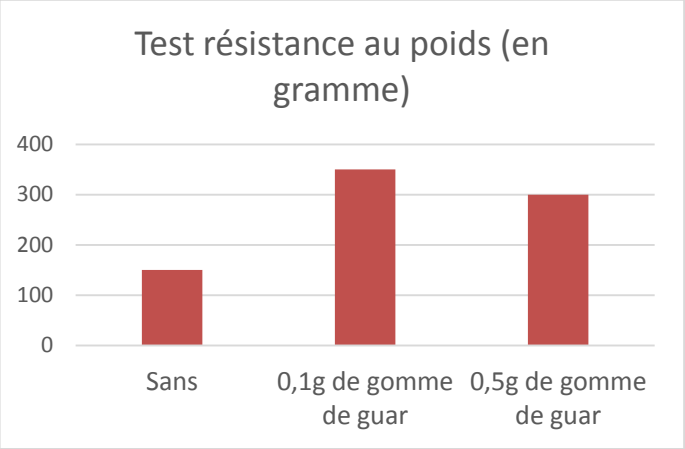
Nous avons testé la gomme de guar dans l'eau bouillante, cela ne fonctionne pas car elle forme des grumeaux.

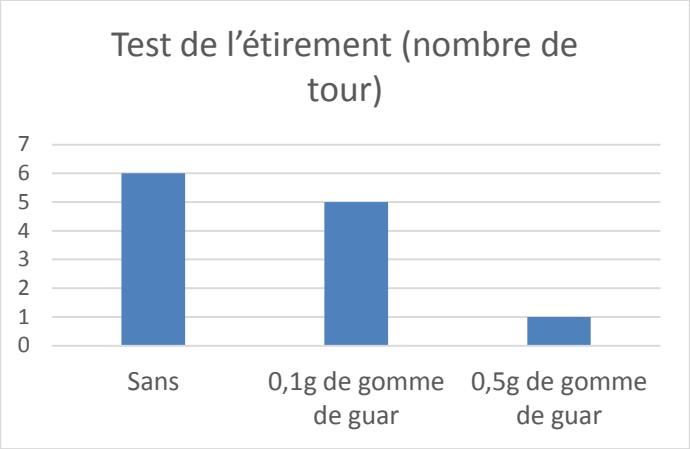
Nous nous en doutions car nous l'avons déjà utilisée en classe de 5ème pour fabriquer des bulles de savon géantes. Pour les bulles de savon, utilisé en très petite quantité, c'est l'ingrédient « magique » qui permet de rendre les bulles beaucoup plus solides, et donc plus grosses.

REMARQUE :
Sans la goutte de glycérine, cela forme directement des grumeaux. Sur la recette de bulle de savon, il fallait utiliser un tout petit peu de glycérine car la gomme de guar ne se gélifie pas dedans. Cela permet donc de mieux répartir la poudre dans l'eau et évite les grumeaux. Nous avons beaucoup de chance car de toute façon, nous utilisons déjà de la glycérine dans notre recette.

Gomme de guar : (50 mL d'eau, 1g d'agar-agar, 1mL de glycérine)

Base : 50 mL d'eau, 1g d'agar-agar, 1 mL de glycérine	Aspect	Test résistance au poids (en gramme)	Test de l'étirement (nombre de tour)
Sans	souple	150	6
0,1g de gomme de guar	souple	350	5
0,5g de gomme de guar	souple	300	1





Conclusion :
C'est génial, la gomme de guar a le même effet que pour la recette de bulle de savon : le bioplastique est beaucoup plus résistant si on n'en utilise pas trop. Par contre, le bioplastique est un tout petit peu moins élastique.

Remarque :
La gomme de guar est obtenue à partir de la graine d'une légumineuse (Cyamopsis tetragonoloba, cela ressemble à des haricots verts). Cela rentre donc en concurrence avec l'alimentation ! Cependant, nous n'en utilisons pas beaucoup, 20 fois moins que l'agar-agar.

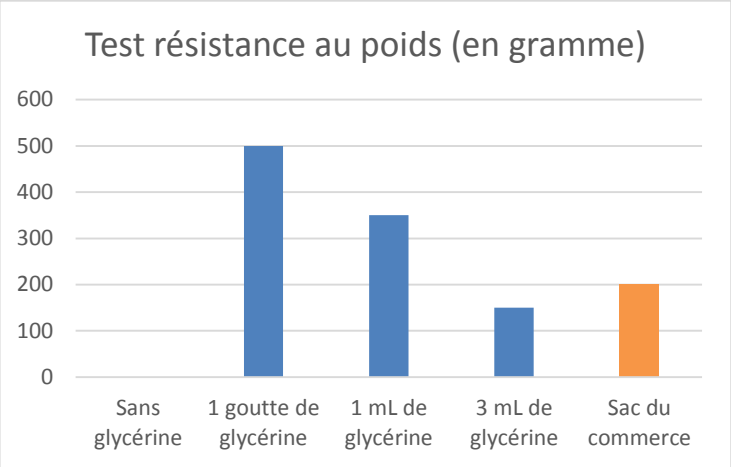
4. Retour sur la glycérine avec la gomme de guar

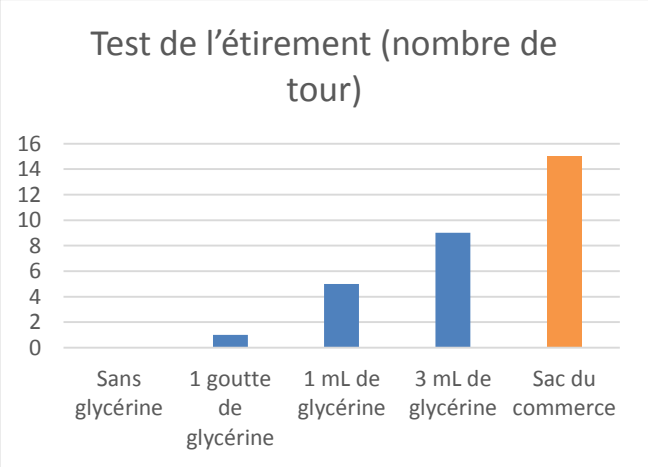
Nous testons donc un peu de gomme de guar en faisant varier la quantité de glycérine

Retour sur glycérine avec gomme de guar : (50 mL d'eau, 1g d'agar-agar, 1mL de glycérine)

Base : 50 mL d'eau, 1g d'agar-agar, 0,1 de gomme de guar	Aspect	Test résistance au poids (en gramme)	Test de l'étirement (nombre de tour)
Sans glycérine	Grumeau, poudre	0	0
1 goutte de glycérine	souple	500	1
1 mL de glycérine	souple	350	5
3 mL de glycérine	souple	150	9

Sac du commerce	Souple, très fin	200	15





Conclusion :

Grâce à la gomme de guar et en jouant sur la quantité de glycérine, nous pouvons obtenir :

- Un bioplastique très résistant mais pas très élastique,
- Un bioplastique assez élastique, mais pas très résistant. Dans ce cas-là, on se rapproche mais sans égaler du bioplastique du commerce.

5. Faire sécher le bioplastique au four

Il faut environ une semaine pour que la préparation sèche et donne le bioplastique. Nous voulions accélérer le processus en faisant chauffer la préparation dans un four. Malheureusement, faute de matériel, c'est notre professeur qui l'a testé chez lui. Il nous a dit que cela a bien fonctionné en faisant chauffer à 80°C durant une heure environ.

VI. Fabriquer nous même notre poudre d'agar-agar

Lou-Anne, l'une d'entre nous, a trouvé un contact sur le lien suivant :

https://letangnouveau.wordpress.com/2013/04/08/lagar-agar-du-lycee-latecoere/

C'est un blog du Lycée Latécoère. Ils essaient de transformer l'algue rouge récupérée au bord de leur lac en agar-agar. Ils ont accepté de nous en envoyer et nous venons de la recevoir !

Sur les conseils de M. Bonnafous, nous avons contacté le docteur Petit pour nous aider à trouver un protocole expérimental sérieux pour transformer cette algue en agar-agar.

La suite, plus tard !

VII. La résistance à l'humidité

Nous avons trouvé un article qui concerne les bioplastiques dans l'un des magazines Science&Vie de la salle de classe. Cet article, très intéressant, signale les faiblesses des bioplastiques du commerce :

- Souvent composé avec une partie de pétrole.
- Ne se dégrade pas dans du compost classique mais dans des conditions très particulières.
- Ne se dégrade pas vraiment mais se découpe en petits morceaux invisibles à l'œil nu.

L'article signale aussi que les vrais bioplastiques ont un autre problème : ils ne résistent pas bien à l'humidité.
Nous décidons donc de tester la charge maximale de nos bioplastiques après les avoir trempés 30 secondes dans l'eau.

Conclusion :
Pour toutes nos recettes à base d'agar-agar, c'est la même chose : tous nos bioplastiques cèdent si la charge est supérieure à 50g… Celui du commerce cependant ne change pas.
Nos bioplastiques ne résistent donc pas à l'eau.

VIII. Notre bioplastique est-il biodégradable ?

Il est important de vérifier si notre bioplastique se dégrade. Nous découpons deux bandes de bioplastiques qui ont la même masse :

- Une bande du bioplastique du commerce.
- Une bande de notre bioplastique à base d'agar-agar.

Nous plaçons les bandes dans un compost que nous avons fabriqué :

Nous voulions peser les bandes régulièrement pour pouvoir voir l'évolution de la dégradation.
Cela n'a pas été possible car trop de terre colle aux bioplastiques et cela fausserait donc nos mesures.

Notre bioplastique à base d'agar-agar	Le bioplastique du commerce

On observe cependant que notre bioplastique comporte des trous : il semble donc se dégrader.
Celui du commerce, par contre, n'a pas bougé.

Conclusion :
Notre bioplastique se dégrade mieux que celui du commerce.

IX. Conclusion

Nous avons conscience que notre bioplastique n'est pas aussi bien que celui du commerce sur plusieurs points :

- Même s'il a à peu près les mêmes propriétés, il est beaucoup plus épais.
- Il ne résiste pas à l'humidité.
- Grâce à M. Bélard, manager en recherche et développement chez Natureplast, on a compris qu'une bonne recette ne peut pas forcement être utilisée dans l'industrie.

Nous sommes cependant assez fiers d'avoir découvert un réactif qui apporte beaucoup de chose à la recette : la gomme de guar. En effet, si on cherche sur internet, elle n'a jamais été utilisée dans les bioplastiques.

Notre projet n'est pas encore fini :

- Nous devons encore transformer l'algue envoyée par le Lycée Latécoère en agar-agar pour pouvoir ensuite l'utiliser.
- Il faudrait trouver un réactif pour que nos bioplastiques résistent à l'humidité.
- Nous voulons aussi fabriquer un vrai sac plastique.