



Tous de mèche pour recycler.



Visite du LCA sur le site de l'ENSIACET-Toulouse.

ANDRIEU Alicia, BOU Elia, EMILE Louna, FABRE Lilou, FROMENT Rachel, LACOMBE Elyne, MAUREL Alix, MELEIRO Antonia, MELEIRO Charlotte, POURCEL Félicien, POUX Marius, RATABOUL Emmie.

Collège Lucie Aubrac 12 240 RIEUPEYROUX

Lien vidéo : https://youtu.be/8BC2Tlj7_YU

FEVRIER 2024

TABLE DES MATIÈRES

RESUME	2
INTRODUCTION, PROBLEMATIQUE	3
DEMARCHE EXPERIMENTALE	5
LES CHEVEUX SONT-ILS COMPOSTABLES ?	5
LES CHEVEUX PEUVENT-ILS SERVIR D'ISOLANT THERMIQUE ?	9
LES CHEVEUX PEUVENT-ILS SERVIR A ASSAINIR UNE EAU ?	11
PEUT-ON FABRIQUER DES OBJETS A PARTIR DES CHEVEUX ?	16
CONCLUSION, PERSPECTIVES	26

RESUME

Comment recycler les cheveux coupés dans les salons de coiffure ?

Pour chercher à répondre à cette question, notre atelier scientifique a essayé d'examiner la possibilité de les composter, de les utiliser comme isolants thermiques, de fabriquer un dispositif de filtration ou encore d'étudier les propriétés physiques d'un nouveau type de matériau à base de cheveux.

Une coiffeuse, la ferme Compost'vers, Aveyron Labo, l'entreprise Authentic Material et le Laboratoire de Chimie Agro-industrielle nous ont aidés dans notre travail.

INTRODUCTION, PROBLEMATIQUE

Le 19 septembre 2023, premier jour de notre atelier, nous avons pu rencontrer **Mylène Puech**, coiffeuse à Rieupeyrroux. Dans son salon, il existe un système de recyclage des cheveux coupés organisé par l'**entreprise Capillum**. Cette entreprise basée à Clermont Ferrand existe depuis 2019. Elle récupère les cheveux pour fabriquer des boudins absorbants d'hydrocarbures (*lutter contre les marées noires par exemple*), pour réaliser des tapis de paillage (*limiter les arrosages des plantes*) et pour récupérer la kératine (*applications médicales*).



Intervention de Mylène Puech au collège.

Sur le site Internet de Capillum nous avons pu lire :

1 million de français se rendent chaque jour chez le coiffeur, et génèrent 4000 tonnes de déchets capillaires chaque année en France.



Capillum est en relation avec des laboratoires de recherche pour améliorer le recyclage des cheveux. A notre tour de chercher de nouvelles façons de recycler les cheveux.

Comment recycler les cheveux ?

Notre travail est mené dans le cadre d'un **Atelier Scientifique et Technique** et fait intervenir trois disciplines : **la physique chimie, les SVT et la technologie**. Dans notre atelier, nous sommes cinq élèves en 4^e et sept en 3^e.





Pour trouver des réponses à notre problématique, nous avons été aidés par :

					
<p>Mylène PUECH</p> <p><i>Coiffeuse. Ancienne élève du collège.</i></p>	<p>Isabelle PANIS</p> <p><i>Lombricultrice. Ferme Compost'Vers à Villeneuve sur Tarn.</i></p>	<p>Margaux JUMEAUX</p> <p><i>Directrice technique. Entreprise Authentic Material</i></p>	<p>Antoine ROUILLY</p> <p><i>Chercheur, maître de conférences. Laboratoire de Chimie Agro- Industrielle de Toulouse.</i></p>	<p>François TOUCHALEAUME</p> <p><i>Chercheur. Laboratoire de Chimie Agro- Industrielle de Toulouse.</i></p>	<p>Stéphanie AMBLARD</p> <p><i>Technicienne. Aveyron Labo à Rodez.</i></p>

La rencontre avec nos différents partenaires nous a permis de travailler sur quatre hypothèses. Les cheveux coupés peuvent, peut-être :

- être compostés ;
- servir d'isolants thermiques ;
- servir à filtrer des eaux usées ;
- servir de matériau pour fabriquer des objets.

Nous avons décidé de former quatre groupes pour nous répartir le travail et chercher des expériences permettant de vérifier si nos hypothèses sont justes.

<p>Groupe compostage</p>  <p>Louna EMILE Emmie RATABOUL Rachel FROMENT</p>	<p>Groupe isolant thermique</p>  <p>Alicia ANDRIEU Alix MAUREL Charlotte MELEIRO</p>
<p>Groupe fabrication d'objets</p>  <p>Elia BOU Elyne LACOMBE Antonia MELEIRO</p>	<p>Groupe filtration</p>  <p>Lilou FABRE Félicien POURCEL Marius POUX</p>

Les cheveux sont-ils compostables ?

Si c'était le cas, il serait possible d'installer un lombricomposteur dans les salons de coiffure.

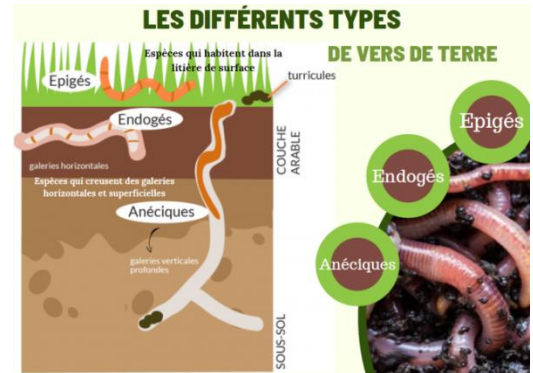


Le 3 octobre 2023, nous avons reçu au collège **Isabelle Panis**, lombricultrice à la ferme **Compost'Vers** à Villeneuve sur Tarn. Nous ne connaissons pas ce métier : en effet, seules dix personnes le pratiquent en France.

Dans son travail, Isabelle Panis élève des vers de terre dans le but de transformer des déchets de fruits et légumes en compost. Le produit fini est un engrais sept fois plus puissant que le fumier de cheval.

Isabelle Panis nous a parlé du rôle des vers dans l'aération des sols (*les galeries améliorent l'irrigation et l'enracinement des plantes*).

Il existe différents vers : les épigés, les anéciques et les endogés. Pour le lombricompostage, Isabelle Panis élève des épigés.



Extrait du diaporama d'Isabelle Panis.

Les épigés peuvent-ils transformer les cheveux en compost ?

Pour le vérifier, nous avons décidé de placer des cheveux dans un vivarium. Isabelle Panis n'a jamais essayé de composter des cheveux mais nous a donné de nombreux conseils pour réussir cette expérience :

- équilibrer les apports en azote (*fruits et légumes, marc de café*) et en carbone (*paille, feuilles mortes, carton*) ;
- l'apparition de petits vers blancs est un signe d'acidité, les épigés n'aiment pas l'acidité ;
- apporter des coquilles d'œufs broyées pour abaisser l'acidité ;
- les cheveux ne doivent pas être colorés ;
- le sel tue les vers ;
- les vers sont dérangés par la lumière et ressentent les vibrations ;
- la température ne doit pas dépasser 35°C ;

- en cas d'absence (*pendant les vacances scolaires*), déposer une petite couche d'un mélange de farines (*blé, orge, maïs*) ;
- de temps en temps, pulvériser un peu d'eau.

Expérience réalisée avec l'aide d'Isabelle Panis :



*Feuilles mortes coupées +
carton coupé + marc de café*

25 g de cheveux

Tourbe + 100 g de vers épigés

Fibre de coco

Terre

Nous avons mis en place un témoin (*mêmes couches mais sans les cheveux*) et une fiche de suivi pour noter nos observations au cours du temps.

Observations :

Nous avons régulièrement placé dans les bacs des fruits et des feuilles.

Après trois semaines, nous avons observé des petites bêtes blanches dans les vivariums. Ayant peur qu'elles tuent les vers, nous avons décidé de les prendre chez nous pendant les vacances pour mieux les surveiller. De retour au collège, deux semaines plus tard, nous voyons beaucoup moins de cheveux et nous décidons d'en savoir plus sur les petites bêtes blanches.



Montage expérimental – test du compostage.

Grâce à un microscope USB, et avec l'aide de notre professeur de SVT, nous avons pu identifier plusieurs petits organismes : des collemboles et des acariens.



Collemboles (6 pattes)



Acariens (8 pattes)

Les collemboles et les acariens ne sont pas nuisibles aux vers de terre et participent à la dégradation de la matière organique.

Deux mois et demi après le début de notre expérience, les cheveux n'étaient plus visibles à travers la vitre du vivarium. Inquiets de ne plus voir de vers, nous avons fait un prélèvement à l'intérieur. Nous avons trouvé une grande quantité de compost assez sec et ... une grande quantité de cheveux non décomposés ! Les vers n'étaient plus présents dans le témoin non plus.



Prélèvement.

Nous avons alors commandé de nouveaux vers épigés à Isabelle Panis et avons mis en place l'expérience suivante :



Vivarium 1

Tourbe + 100 g de vers épigés + carton coupé + terre + **cheveux coupés courts.**

Vivarium 2

Tourbe + 100 g de vers épigés + carton coupé + terre + reste du vivarium de notre première expérience (**avec les cheveux non décomposés**) sans le compost.

Les deux vivariums ont été placés dans un lieu sans chauffage et le contenu a été remué toutes les semaines.

Observations :

Après un mois et demi, les cheveux ne sont presque plus visibles dans les deux vivariums.

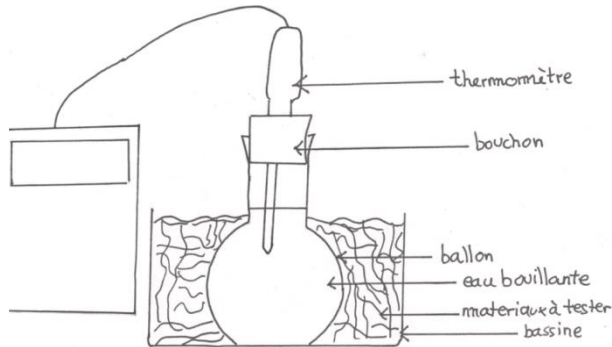
Conclusion :

Les cheveux de toutes tailles ont été décomposés en quatre mois environ. Les cheveux coupés courts ont été décomposés en un mois et demi.

Les cheveux sont très longs à décomposer et l'entretien d'un lombricomposteur nous a paru difficile. Cette technique de recyclage des cheveux nous paraît compliquée à mettre en place dans un salon de coiffure. Une entreprise comme Capillum pourrait peut-être prendre en charge les cheveux pour les composter à une plus grande échelle.

Les cheveux peuvent-ils servir d'isolant thermique ?

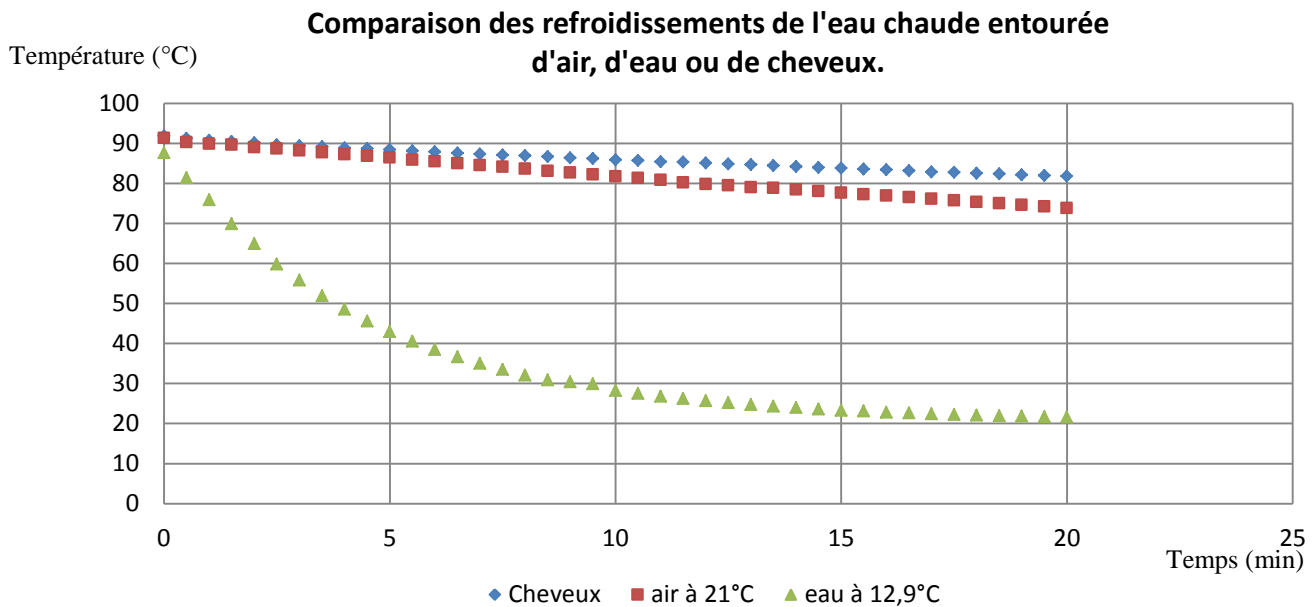
Après plusieurs essais avec différents récipients, voici le protocole que nous avons utilisé :



- Placer un ballon en verre au milieu d'une bassine.
- Entourer le ballon avec des cheveux.
- Verser 300 mL d'eau bouillante dans le ballon.
- Fermer avec un bouchon muni d'un thermomètre.
- Mesurer l'évolution de la température, toutes les 30 s, lors de son refroidissement.
- Reproduire la même expérience en entourant le ballon d'eau puis d'air.

Observation :

Nous avons recopié les mesures dans un tableur et obtenu le graphique suivant :

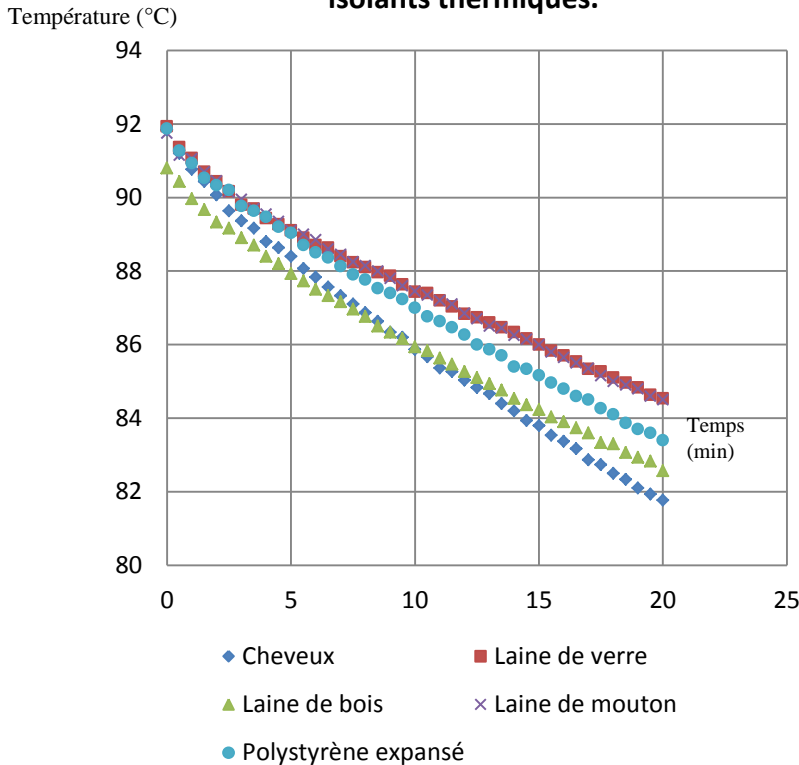


Interprétation :

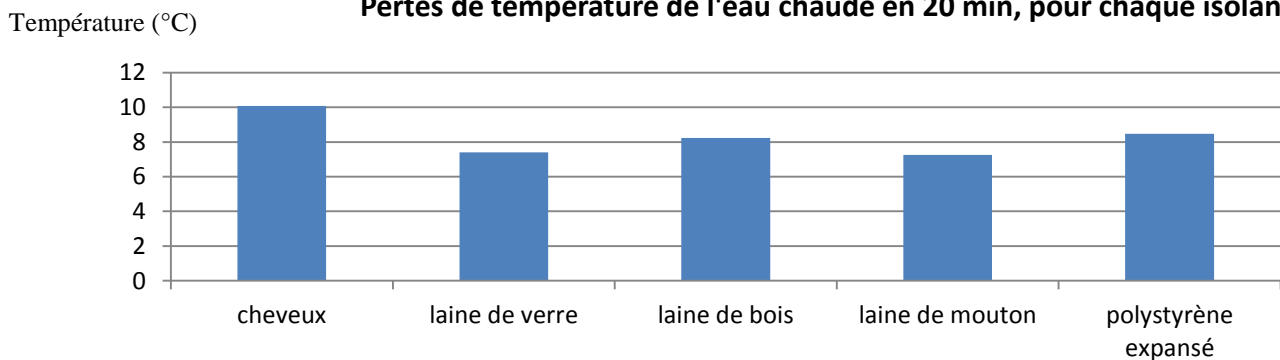
L'eau conduit très bien la chaleur. En comparaison, l'air et les cheveux conduisent mal la chaleur. Comme l'air est un isolant thermique, nous pouvons considérer que les cheveux sont aussi des isolants thermiques.

Nous avons cherché ensuite à comparer, avec le même protocole, le refroidissement de l'eau chaude lorsqu'elle est entourée par d'autres isolants thermiques : la laine de verre, la laine de bois, la laine de mouton et le polystyrène expansé. Nous avons reproduit chaque expérience trois fois.

Comparaison des refroidissements de l'eau chaude entourée par différents isolants thermiques.



Pertes de température de l'eau chaude en 20 min, pour chaque isolant.



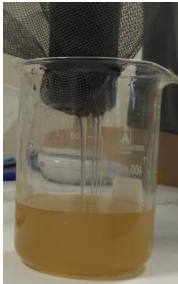
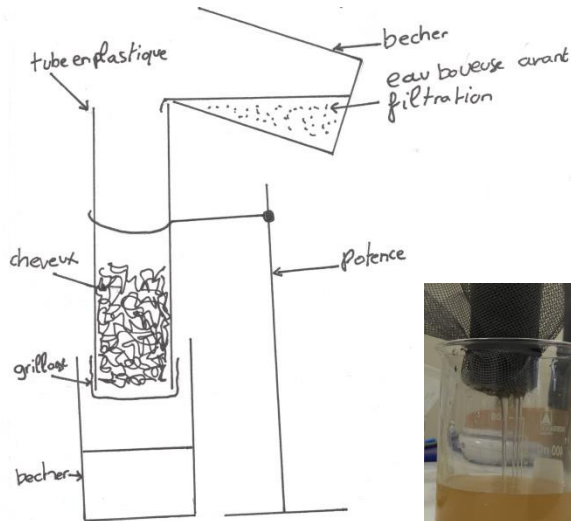
Conclusion :

La comparaison de ces différents résultats nous montre que les cheveux semblent de moins bons isolants thermiques que les autres. Cependant, ses propriétés isolantes se rapprochent de celles du polystyrène expansé ou de la laine de bois.

Les cheveux peuvent-ils servir à assainir une eau ?

En 6^e, pendant les cours de physique chimie, nous avons filtré une eau boueuse grâce à un papier filtre. Peut-on se servir des cheveux pour filtrer une eau sale ?

Voici l'expérience que nous avons imaginée pour répondre à cette question :



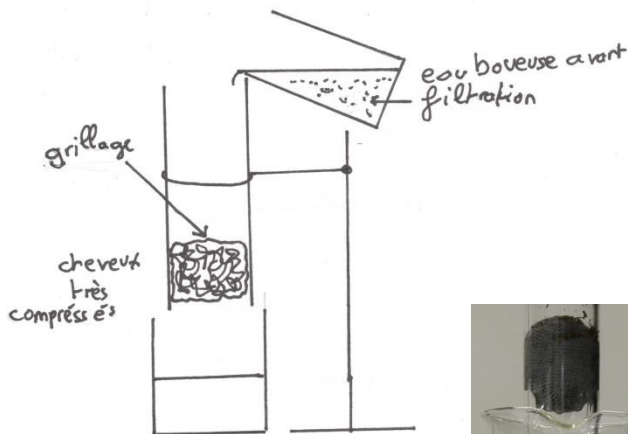
Nous avons préparé une eau boueuse en mélangeant 10 g de terre à 300 mL d'eau.

Pour éviter que des cheveux tombent dans le béccher de récupération, nous avons fixé, avec un élastique, un grillage sous un tube en plastique transparent.

Observation :

Lorsque nous avons filtré l'eau boueuse avec ce dispositif, le filtrat obtenu était très trouble, presque du même aspect qu'avant la filtration.

Nous pensons que les particules responsables du trouble arrivent à passer à travers les cheveux car ils ne sont pas assez tassés.



Nous avons donc modifié notre dispositif en serrant le plus fortement possible la même quantité de cheveux dans un grillage. Cette boule de cheveux a été ensuite insérée dans le tube transparent. Nous avons versé un mélange de 10 g de terre et de 300 mL d'eau sur les cheveux compressés.

Observation :

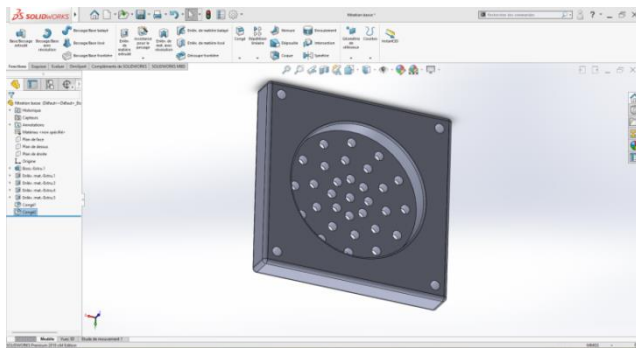
Le filtrat obtenu est beaucoup plus clair mais il n'est pas incolore.

Nous avons alors décidé de comprimer encore plus les cheveux pour améliorer la filtration.

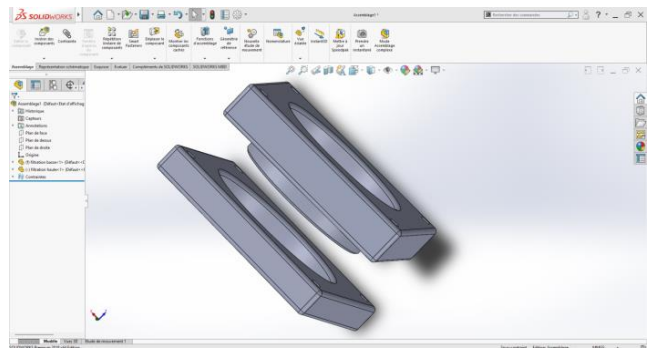
Pour créer notre dispositif de filtration, nous nous sommes fixé un cahier des charges. Le dispositif doit être solide, comprimer fortement une couche de cheveux entre deux plaques (*parties supérieure et inférieure*), pouvoir être posé sur un récipient de récupération, retenir le liquide à filtrer s'il traverse mal la couche de cheveux.

Nous avons choisi d'utiliser le logiciel SolidWorks et l'imprimante 3D de la salle de technologie pour le construire. Il a été réalisé en ABS.

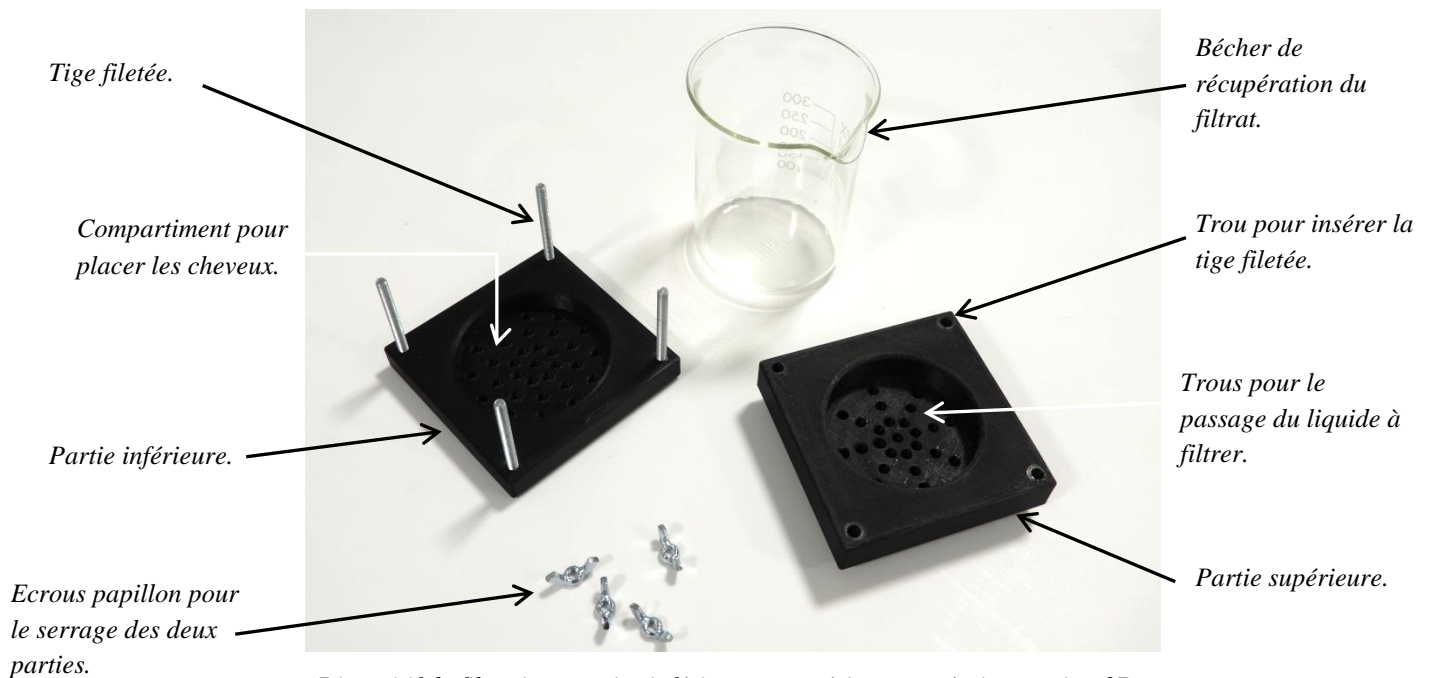
Voici le résultat obtenu après plusieurs heures de travail et l'aide de notre professeur de technologie.



Dispositif de filtration, partie inférieure, avec le logiciel SolidWorks.



Dispositif de filtration, parties inférieure et supérieure, avec le logiciel SolidWorks.



Dispositif de filtration, parties inférieure et supérieure, après impression 3D.

Pour tester notre dispositif de filtration, nous avons accueilli le 14 décembre **Stéphanie Amblard**, technicienne à **Aveyron Labo**. Ce laboratoire contrôle la qualité des eaux comme celle des rivières ou des eaux de baignade. Si les résultats ne répondent pas aux normes, l'ARS (*Agence Régionale de Santé*) peut prendre des mesures sanitaires (*interdiction de baignade par exemple*).

Stéphanie Amblard nous a expliqué plusieurs techniques de mesures :

- la conductivité. Plus l'eau contient d'ions dissous, plus elle conduit le courant électrique. En la mesurant avec un conductimètre, il est possible de détecter la présence de contaminants ou de polluants comme les métaux lourds ;
- le pH. Il doit être autour de 7. Il est mesuré avec un pH-mètre ;
- la température ;
- l'oxygène dissous. Les poissons dépendent de lui pour respirer ;
- la turbidité (*clarté de l'eau*). Elle se mesure avec un turbidimètre ;
- les analyses microbiologiques qui concernent la mesure des bactéries d'origine fécale. Les bactéries recherchées en laboratoire sont les *Escherichia coli* et les entérocoques intestinaux.



Intervention de Stéphanie Amblard.



Prélèvement de l'eau du lac.

Nous nous sommes rendus ensuite au petit lac à côté du collège. Stéphanie Amblard a pu mesurer sur place la conductivité, le pH, la température, l'oxygène dissous et la turbidité de l'eau. Un prélèvement de l'eau du lac a été fait pour rechercher des bactéries en laboratoire (*prélèvement 1*). Comme l'eau du lac n'était pas très trouble, un second prélèvement a été fait après avoir remué le fond de l'eau (*prélèvement 2*).



De retour dans la salle de physique chimie, nous avons utilisé le prélèvement 1 pour tester l'efficacité de notre appareil de filtration. Le filtrat obtenu a été analysé pour rechercher des bactéries (*prélèvement 3*). Voici les résultats obtenus après analyse :

Filtration avec des cheveux.

	Résultats en UFC/100 mL	
	Avant filtration (<i>prélèvement 1</i>)	Après filtration (<i>prélèvement 3</i>)
Escherichia Coli	228	452
Entérocoques	196	248

UFC/100 mL : Unité Formant Colonie, unité utilisée pour estimer le nombre de bactéries.

Le nombre de bactéries Escherichia Coli et Entérocoques augmente donc après la filtration par des cheveux.



Nous avons ensuite réalisé une deuxième filtration en utilisant le prélèvement 2 pour faire des mesures de turbidité. Voici les résultats de nos mesures effectuées avec l'aide de Stéphanie Amblard.

- Turbidité avant filtration : 145 FNU
- Turbidité après filtration par notre dispositif (*cheveux*) : 18,1 FNU
- Turbidité après filtration par un filtre de laboratoire : 2,97 FNU

FNU : Unité Néphélométrique Formazine, unité de mesure de la turbidité.

Interprétation des résultats :

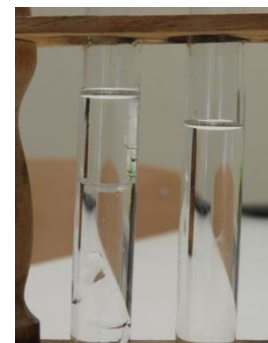
Notre dispositif de filtration par cheveux réduit fortement la turbidité de l'eau mais est moins efficace qu'un filtre de laboratoire.

Il est probable que **les cheveux apportent des bactéries à l'eau** (*la contamination proviendrait peut-être du sol du salon de coiffure*). Pourtant, le dispositif a été désinfecté par pulvérisation d'alcool. Pour mieux faire, il aurait fallu désinfecter les cheveux avant de les placer dans le dispositif.

Quelques jours plus tard, nous avons essayé de filtrer avec notre dispositif une eau polluée avec du pétrole désaromatisé. Ces deux liquides sont non miscibles.

Observation :

On ne distingue pas de couche de pétrole désaromatisé sur le filtrat (*même observation si on utilise un filtre de laboratoire pour la filtration*).



Avant filtration. Après filtration.

Interprétation :

Le dispositif de filtration par des cheveux semble aussi efficace qu'un filtre de laboratoire pour séparer du pétrole désaromatisé de l'eau et donc dépolluer cette eau.

Nous avons ensuite essayé de filtrer un autre mélange de liquides non miscibles : l'huile et l'eau. Notre filtre laisse passer l'huile et l'eau.

Nous avons essayé de filtrer de l'eau colorée (*colorant alimentaire vert*). Le filtrat obtenu ne présente pas de différence avec le mélange de départ.



Filtration du mélange huile + eau.



Filtration du mélange eau + colorant alimentaire

Peut-on fabriquer des objets à partir des cheveux ?

Le mardi 10 octobre, nous avons eu la chance de visiter l'entreprise **Authentic Material** à Portet-sur-Garonne et le **Laboratoire de Chimie Agro-industrielle (LCA)** sur le site de l'INP-ENSIACET à Toulouse.



A **Authentic Material**, nous avons été reçus par **Margaux Jumeaux**, directrice technique. L'entreprise Authentic Material travaille principalement à la revalorisation des déchets du cuir pour le marché du luxe (*exemples : Chanel, Hermès, Vuitton, ...*).



Visite de Authentic Material avec Margaux Jumeaux (à droite).

Jusqu'à présent les déchets du cuir étaient brûlés ou stockés. L'entreprise Authentic Material recycle le cuir en fabriquant des objets en cuir reconstitué grâce à un procédé développé par Margaux Jumeaux et Antoine Rouilly au sein du Laboratoire de Chimie Agro-industrielle.

Le principe est le suivant. Le déchet de cuir (*ou de corne, de laine, de coquille, ...*) est réduit en poudre par broyage. La poudre est ensuite tamisée pour obtenir la taille de grains souhaitée puis placée dans un moule. Le moule est introduit dans une thermopresse qui chauffe la poudre (*entre*

150 et 200°C) tout en la comprimant. On obtient un solide qui a la forme donnée par le moule et qui peut ensuite être usiné.

Les objets fabriqués sont testés (*comportement à l'eau, aux chocs, à la flexion, ...*).

Nous avons pu voir quelques objets fabriqués : stylos, bijoux, pièces de jeu, manches de couteau, accessoires de mode, ...



Pour savoir si nous pouvons fabriquer des objets à partir de cheveux, nous avons rencontré **Antoine Rouilly** et **François Touchaleaume**, chercheurs au LCA.

Ils nous ont expliqué que la forme des cheveux est influencée par la chaleur (*cela est utilisé pour les fers à lisser*) et la présence d'eau (*les cheveux frisent par temps humide*).

Les cheveux sont constitués de kératine (*protéine*), de sébum (*matière grasse*) et d'eau. La kératine est aussi présente dans les cornes, les becs, la laine. Les recherches récentes réalisées au LCA ont permis de comprendre que les molécules de kératine en forme d'hélice s'organisent en feuillets lors d'une cuisson-compression. Lors de la cuisson, la kératine passe d'un état solide à un « état caoutchoutique ». La pression exercée permet de garder l'eau dans le cheveu (*à la pression atmosphérique normale, elle s'évaporerait*). En respectant cela, on peut obtenir un objet rigide. Pour le vérifier, nous avons réalisé plusieurs essais avec des cheveux fournis par Mylène Puech.

Protocole :

- Mesurer environ 14 g de cheveux avec une balance.
- Placer les cheveux dans un moule en métal.
- Placer le moule dans une thermopresse à plateaux.
- Régler les paramètres (*température, pression, durée*).
- Attendre le refroidissement et démouler.







Moule.



Thermopresse à plateaux.

Observations :

Type de cheveux	<i>longs</i>	<i>longs</i>	<i>longs</i>	<i>courts</i>
Masse des cheveux	<i>14,18 g</i>	<i>14,18 g</i>	<i>14,24 g</i>	<i>14 g</i>
Température	<i>210°C</i>	<i>250°C</i>	<i>250°C</i>	<i>250°C</i>
Pression de l'huile dans le piston de la presse	<i>300 bars</i>	<i>300 bars</i>	<i>300 bars</i>	<i>300 bars</i>
Durée de chauffe	<i>5 min</i>	<i>7 min</i>	<i>5 min</i>	<i>5 min</i>
Photo du résultat obtenu				

La pression de l'huile dans le piston de la presse est de 300 bars mais la pression réelle appliquée sur les cheveux est d'environ 1000 bars (*soit l'équivalent de 50 tonnes sur un échantillon de 7 cm × 7 cm*).

Le meilleur résultat est obtenu pour les cheveux coupés courts et une température de chauffe de 250°C. L'objet fabriqué présente des défauts : aspect non homogène et présence de cheveux non fondus.

Interprétation :

Il faut une température suffisante pour pouvoir réaliser la fusion et les cheveux ne sont pas assez courts. Il faudrait pouvoir les réduire en poudre (*comme pour le cuir à Authentic Material*).

Conclusion :

Il est possible de fabriquer un objet à partir de cheveux réduits en poudre et soumis à une cuisson-compression.

Nous avons pu récupérer les plaques de cheveux fabriquées mais aussi des plaques de poudre de corne, de laine blanche extrudée, de laine blanche extrudée et broyée préparées au LCA.



François Touchaleaume donne les consignes.

Antoine Rouilly nous a fait visiter les laboratoires. Il nous a parlé des tests réalisés sur les objets créés. Par exemple, on peut utiliser une machine pour tester la limite d'élasticité d'un objet.

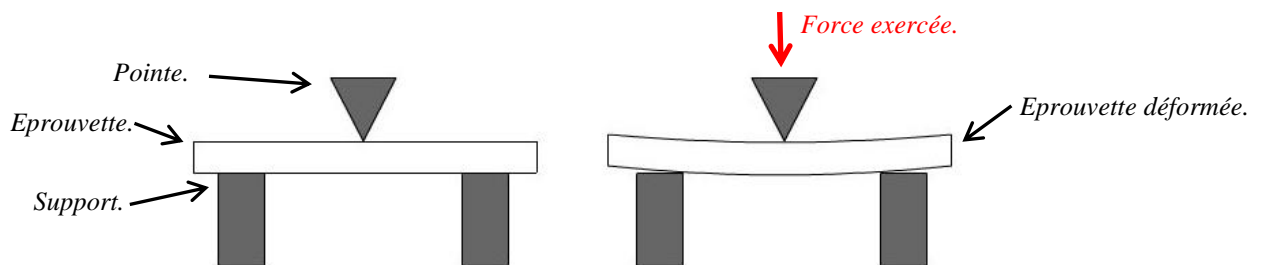


Antoine Rouilly nous explique le principe de la machine de flexion 3 points.

De retour au collège, nous avons décidé de mettre à l'épreuve les plaques fabriquées au laboratoire : résistance à la flexion, résistance à l'eau, résistance à l'acidité, ...

Les échantillons de matériaux à tester s'appellent des éprouvettes. Comme les plaques fournies par le LCA ont une dimension de $7\text{ cm} \times 7\text{ cm}$, nous avons décidé de découper des éprouvettes de 1 cm sur 7 cm .

Pour la résistance à la flexion, n'ayant pas de machine de flexion, nous en avons fabriqué une. Voici le principe que nous avons essayé de reproduire :

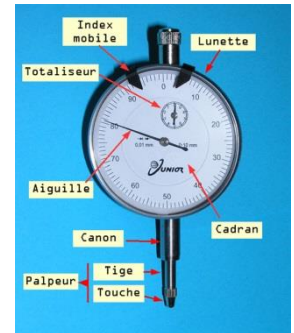


Cahier des charges :

- la machine doit pouvoir réaliser la flexion d'une éprouvette de 1 cm de large sur 7 cm de long ;
- la machine doit permettre de réaliser des mesures de la flexion du matériau ;
- la force exercée doit pouvoir être mesurée.

Dans un premier temps, nous avons fait des croquis de la machine, puis réalisé une maquette avec du papier.

La plus grosse difficulté était de trouver comment mesurer la flexion. Nous avons demandé de l'aide à notre professeur de technologie qui nous a proposé d'utiliser un appareil appelé « comparateur ». Cet appareil est utilisé en mécanique pour comparer une dimension, une profondeur ou pour contrôler qu'une surface est bien plane. Pour cela, le comparateur doit être fixe. Lorsque la touche du palpeur est posée sur la surface de l'éprouvette il faut régler l'aiguille sur zéro. Une déformation de l'éprouvette peut alors être mesurée.



Comparateur, image Wikipedia.

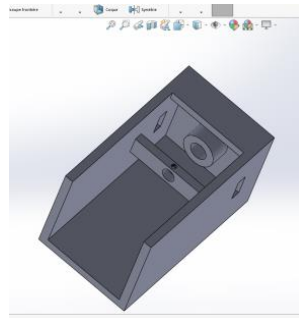


Nous avons donc ajouté à notre cahier des charges que notre machine devait posséder un comparateur fixe.

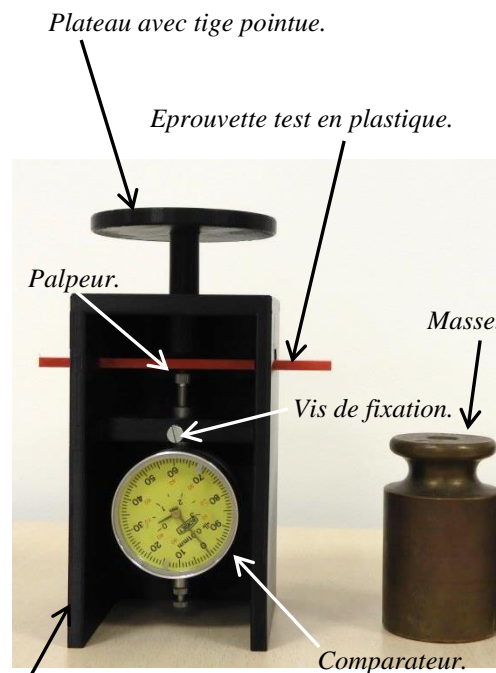
Pour construire notre machine de flexion, nous avons utilisé le logiciel SolidWorks et l'imprimante 3D. Notre professeur de technologie nous a aidés dans ce travail.



Maquette en papier.



Support avec SolidWorks.



Support.



Machine de flexion 3 points obtenue après impression 3D.




La déformation maximale qui peut être mesurée par notre comparateur est de 3,55 mm (*touche du palpeur poussée à son maximum*). Le cadran est gradué en centièmes de mm.

Au mois de janvier, l'entreprise Authentic Material nous a envoyé une plaque de 7 cm par 7 cm fabriquée à partir de poudre de cheveux et la technique de cuisson-compression. Notre machine de flexion venait juste d'être terminée.



Plaque de poudre de cheveux (à droite).

Les éprouvettes de tous les matériaux à tester ont été découpées. Voici la liste de tous les matériaux testés par notre machine de flexion :

Matériau	Longueur	Largeur	Epaisseur	Méthode de fabrication	Origine
Cheveux longs	7 cm	1 cm	1,10 mm	Cuisson-compression 250°C 300 bars 7 min	
Cheveux longs	7 cm	1 cm	1,50 mm	Cuisson-compression 210°C 300 bars 5 min	
Cheveux longs	7 cm	1 cm	2 mm	Cuisson-compression 250°C 300 bars 5 min	
Cheveux courts	7 cm	1 cm	2,60 mm	Cuisson-compression 250°C 300 bars 5 min	
Poudre de cheveux	7 cm	1 cm	3,10 mm	Cuisson-compression	
Laine blanche extrudée	7 cm	1 cm	2,75 mm	Cuisson-compression 190°C/180°C 300 bars 5 min	
Laine blanche extrudée + broyée	7 cm	1 cm	3,10 mm	Cuisson-compression 190°C/180°C 300 bars 5 min	
Poudre de corne	7 cm	1 cm	3,20 mm	Cuisson-compression 210°C/200°C 300 bars 6 min	
PVC	7 cm	1 cm	3,07 mm	?	?
PLA	7 cm	1 cm	3,18 mm	Imprimante 3D (<i>remplissage maximum</i>)	salle de technologie
ABS	7 cm	1 cm	3,25 mm	Imprimante 3D (<i>remplissage maximum</i>)	

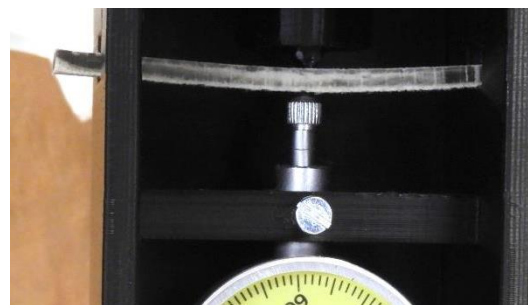


Eprouvettes des différents matériaux testés.

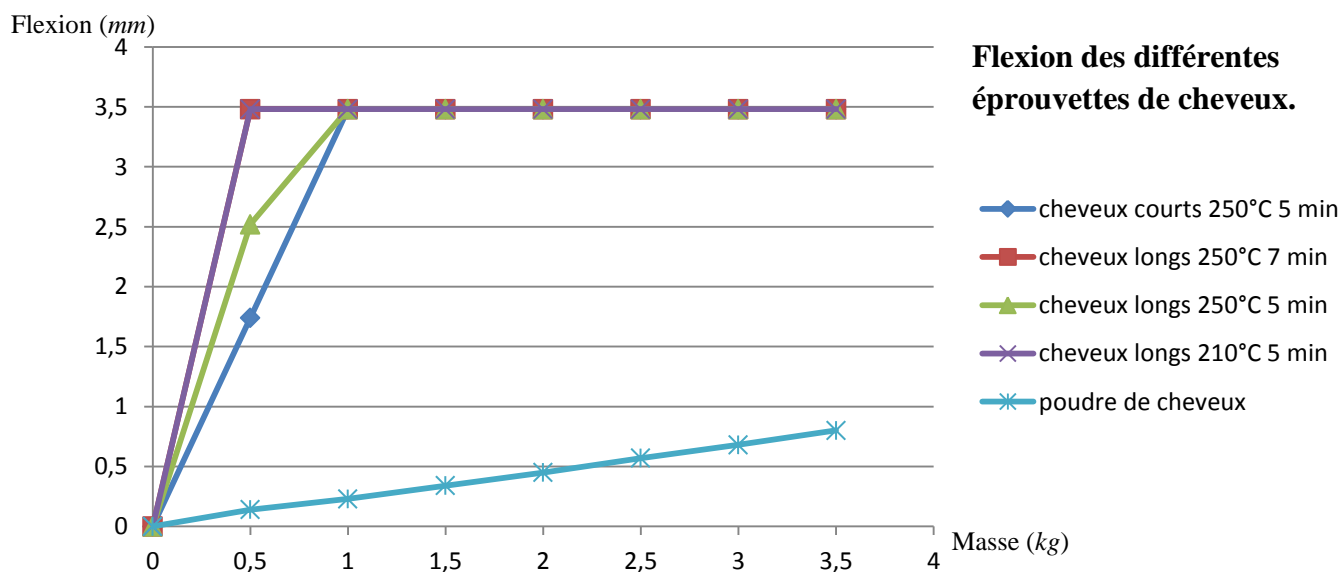
Les épaisseurs des éprouvettes ont été mesurées avec un pied à coulisse.

Nous avons d'abord placé 500 g sur le plateau, puis augmenté la masse de 500 g en 500 g jusqu'à 3,5 kg.

Voici les résultats de nos différentes mesures :

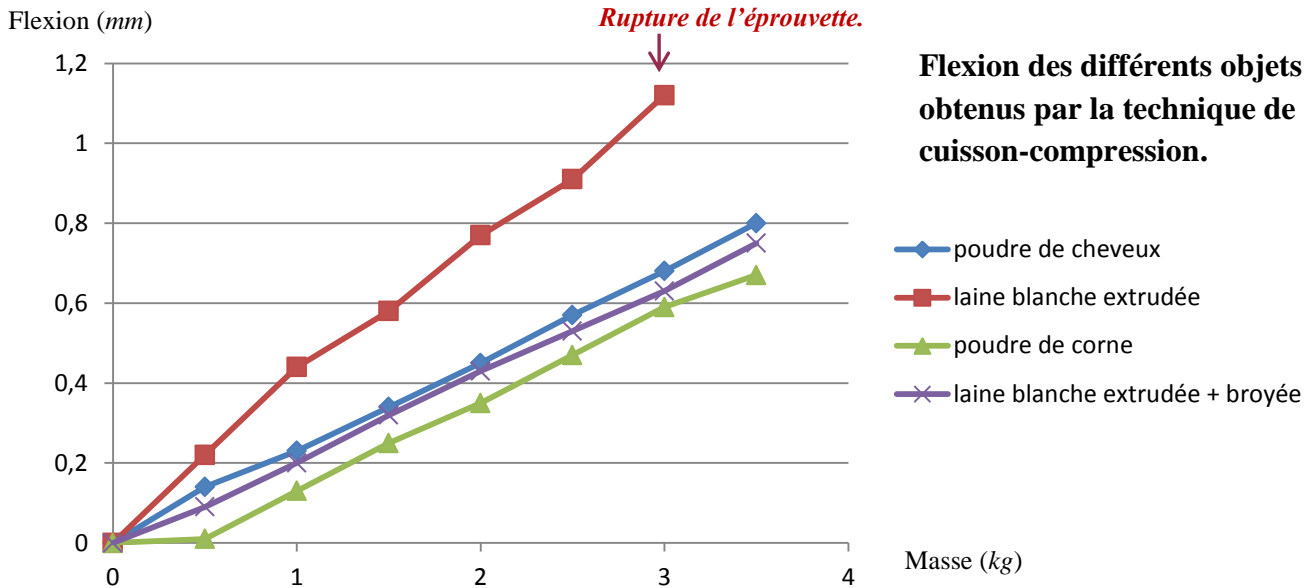


Flexion de l'éprouvette de poudre de cheveux.



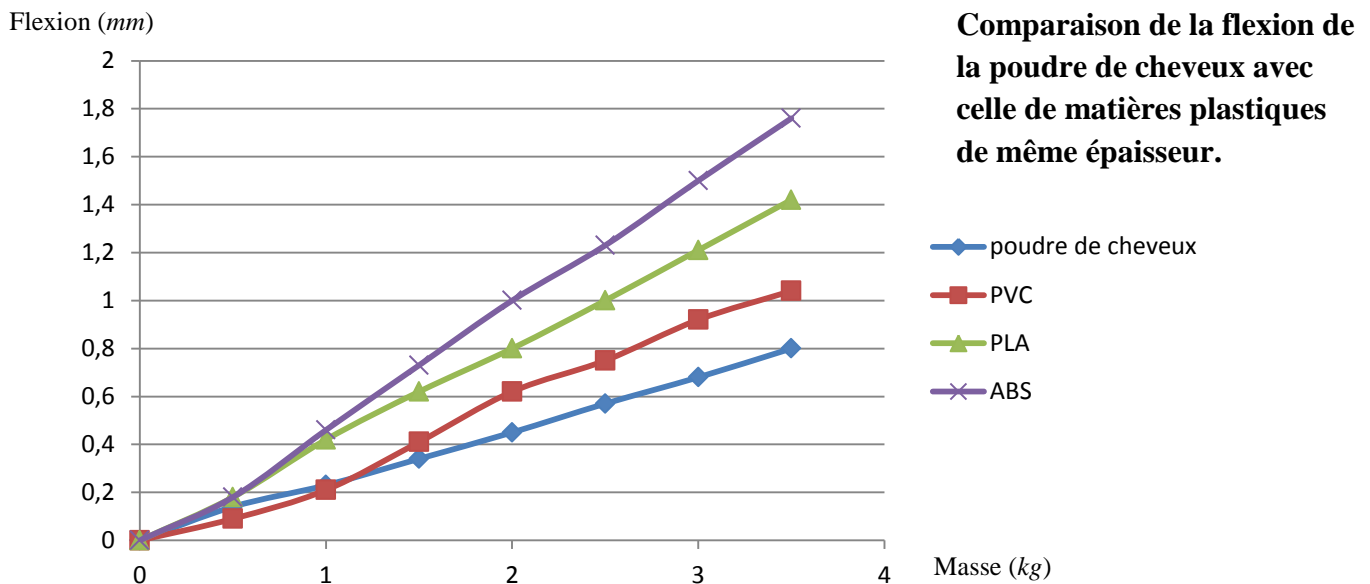
Interprétation :

Un objet fabriqué à partir de cheveux réduits en poudre est bien plus résistant à la flexion que les autres objets fabriqués à partir de cheveux.



Interprétation :

La comparaison de la flexion des différents matériaux fabriqués par la technique de cuisson-compression nous montre que la poudre de cheveux se comporte de manière presque identique à la laine blanche extrudée et broyée. Le matériau le plus résistant à la flexion est la poudre de corne.



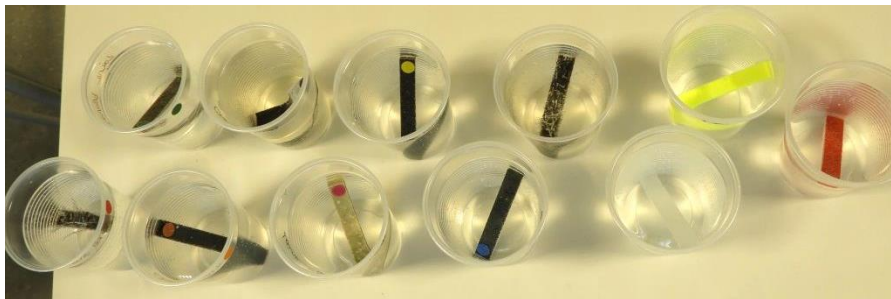
Interprétation :

A épaisseurs environ égales, la poudre de cheveux est plus résistante à la flexion que du PVC, du PLA ou de l'ABS.

Pour tester la résistance à l'eau des différentes éprouvettes, nous nous sommes inspirées d'un protocole suivi par les élèves ingénieurs d'Antoine Rouilly.

Protocole :

- Mesurer l'épaisseur et la masse de chaque éprouvette ;
- Plonger les éprouvettes dans un gobelet rempli d'eau ;
- Attendre 24 h ;
- Sortir les éprouvettes de l'eau, les sécher avec du papier essuie-tout ;
- Mesurer l'épaisseur et la masse de chaque éprouvette



Test de résistance à l'eau.



Mesure de la masse des éprouvettes.

Plus la variation de l'épaisseur et de la masse est grande, plus le matériau est poreux et sensible à l'eau. Voici les résultats que nous avons obtenus :

	Cheveux longs 250°C 300 bars 7 min		Cheveux longs 210°C 300 bars 5 min		Cheveux longs 250°C 300 bars 5 min		Cheveux courts 250°C 300 bars 5 min		Poudre de cheveux	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Masse (g)	0,66	0,92	0,67	1,07	0,98	1,44	1,74	2,77	2,83	3,14
Epaisseur (mm)	0,67	0,90	1,40	1,55	1,34	1,48	2,14	2,58	3,08	3,47

	Laine blanche extrudée		Laine blanche extrudée + broyée		Poudre de corne		PVC		PLA		ABS	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Masse (g)	2,47	4,21	2,83	4,07	2,67	2,82	3,11	3,11	2,60	2,63	2,39	2,40
Epaisseur (mm)	2,78	4,04	3,05	4,34	2,87	3,14	3,06	3,06	3,22	3,22	3,19	3,21

Nous avons ensuite calculé les variations d'épaisseur et de masse pour chaque éprouvette.

	Cheveux longs 250°C 300 bars 7 min	Cheveux longs 210°C 300 bars 5 min	Cheveux longs 250°C 300 bars 5 min	Cheveux courts 250°C 300 bars 5 min	Poudre de cheveux
Variation masse (%)	39	60	47	60	11
Variation épaisseur (%)	28	11	11	21	13

	Laine blanche extrudée	Laine blanche extrudée + broyée	Poudre de corne	PVC	PLA	ABS
Variation masse (%)	70	44	6	0	1	0
Variation épaisseur (%)	45	42	9	0	0	1

Interprétation :

Les plaques fabriquées à partir de cheveux longs ou courts ainsi que celles fabriquées à partir de laine blanche extrudée résistent mal à l'eau. Leur observation montre également une très forte déformation.

Les plaques fabriquées à partir de poudre de cheveux ou de poudre de corne résistent mieux à l'eau (*moins bonne résistance pour la poudre de cheveux*). Elles sont très peu déformées. Elles sont cependant moins résistantes à l'eau que celles réalisées en plastique.



Eprouvettes déformées.



Eprouvette de poudre de cheveux.

Conclusion :

Pour être sûrs de nos interprétations, il faudrait réaliser les expériences plusieurs fois mais nous voulons garder des éprouvettes pour d'autres tests (*résistance à l'acidité, à la chaleur, ...*).

Un objet construit à partir de poudre de cheveux nous paraît résistant à la flexion. Il ne faudrait pas l'exposer à un contact prolongé avec de l'eau. Il serait peut-être nécessaire de l'imperméabiliser s'il devait servir de récipient.

CONCLUSION, PERSPECTIVES

Il nous paraît difficile de recycler les cheveux en les compostant directement dans un salon de coiffure car ils sont très longs à se dégrader et la gestion d'un lombricomposteur demande beaucoup d'attention.

Il nous semble intéressant d'utiliser les cheveux comme isolant thermique. Nous cherchons maintenant à trouver un moyen pour qu'ils soient aussi efficaces que la laine de verre (*faut-il qu'ils soient coupés courts ? faut-il une plus grande épaisseur ? ...*).

Filtrer une eau pour la rendre potable ne semble pas une bonne idée car les cheveux apportent des bactéries s'ils n'ont pas été désinfectés. Ils sont assez efficaces pour diminuer la turbidité d'une eau et absorber des hydrocarbures.

Enfin, après broyage et cuisson-compression, il est possible de fabriquer des objets à partir de cheveux. Le matériau créé est assez rigide mais ne doit pas être exposé à l'eau de manière trop importante. Nous cherchons à mettre en place d'autres expériences pour mieux connaître les propriétés de ce nouveau type de matériau.

Antoine Rouilly nous a expliqué qu'il serait également intéressant d'analyser le cycle de vie d'un objet fabriqué à partir de poudre de cheveux. Pour cela, il faut regarder sa fabrication, son transport, sa destruction en termes d'énergie et d'impact sur l'environnement.

Toutes ces étapes sont nécessaires pour savoir si nous pouvons remplacer des matériaux fabriqués à partir du pétrole par des matériaux biosourcés.