



OLYMPIADES
DE PHYSIQUE FRANCE

Olympiades de physique années 2024/2025

On chauve les océans !

Comment préserver les océans avec nos cheveux...



Anaïs Pargny, Emma Gaudin, Camille Werner, Aude Le Nezet

Encadré par Julie Roman et Astrid Peytavin
Lycée Blanche de Castille, Chesnay-Rocquencourt



Table des matières :

1. Introduction :	3
2. Le cheveu comme solution, description du phénomène.	5
2.1. Le cheveu, une solution	5
2.2. Est-il possible de recycler les boudins de cheveux?	6
3. Dispositifs expérimentaux.	6
3.1. Création du boudin idéal.	6
3.1.1. Diffraction.	7
3.1.2. Tests pH-métriques.	8
3.1.3. Confirmation par spectrophotométrie.	10
3.1.4. Quantification par décantation.	13
3.2. Un recyclage possible ?	14
3.2.1 La distillation.	14
3.2.2 Le nettoyage au shampoing.	15
4. Conclusion.	16
4.1. Conclusion des expériences.	16
4.2. Impact financier, un projet réalisable ?	16
4.3. Justice pour l'écrevisse !	17
5. Bibliographie.	18
6. Remerciements.	18

1. Introduction :

Une expérience à s'en tirer les cheveux !
Bienvenue à bord du projet « On chauve les océans »! Préparez vous à immerger dans le récit de quatre petits scientifiques aux incroyables idées et découvrez nos raisonnements, nos recherches et nos expériences menées pour la protection des océans. Le but de nos recherches est de tenter de trouver des solutions réalisables pour protéger nos océans de ses plus grands fléaux : les activités humaines.



Nous nous concentrerons donc sur la protection des espaces marins de la pollution causée par les marées noires et également la crème solaire.

En effet, les catastrophes sur les espaces marins engendrent de nombreuses conséquences. La première est une conséquence écologique, avec la dégradation massive des écosystèmes implantés dans ce milieu. De plus, les marées noires bloquent le réseau trophique, c'est-à-dire l'ensemble des relations existant entre les diverses catégories d'animaux (producteurs, consommateurs et décomposeurs). La seconde conséquence s'applique au niveau sanitaire. En effet, le pétrole déversé par des bateaux en pleine mer et ramené vers les côtes par l'action des marées et des vents présente des dangers pour les êtres humains. En effet, l'inhalation, l'ingestion ou le contact avec la peau nue peuvent engendrer des maladies comme le cancer. Par exemple, une étude menée sur les populations bénévoles et professionnelles ayant aidé le nettoyage des plages suite au naufrage du navire Erika en 2000 sur la côte Atlantique montre que les produits présents dans le pétrole ont engendré la formation de différentes maladies : troubles du système respiratoire, troubles digestifs, cancers pulmonaires, ...

Les écrans solaires, quant à eux, sont un indispensable des vacanciers lorsqu'ils partent à la mer, mais se rendent-ils compte que son utilisation peut participer à la pollution des océans et ainsi à la destruction des écosystèmes ?

Chaque année environ 25 000 tonnes de crème solaire sont déversées dans les océans, ce qui correspond à 48 litres de crème solaire versés chaque minute à l'échelle de la planète d'après la fondation pour la nature et pour l'homme.

La cause majeure est due à la mauvaise adhérence de la crème sur notre peau : environ 25% de la quantité de crème étalée se dilue en 20 minutes dans la mer, libérant donc des produits chimiques nocifs pour les coraux dans l'eau.

Il est donc important de sensibiliser le plus grand nombre pour lutter et préserver notre planète. Pour cela, nous devons toucher le grand public par des problèmes concrets.

Nous verrons donc comment les cheveux peuvent être une solution concrète pour lutter contre la pollution des eaux.

La première idée qui nous est venue à l'esprit pour répondre au problème est l'utilisation des cheveux. En effet, l'utilisation des cheveux est un moyen pour lutter contre la pollution des eaux. C'est pourtant un sujet assez peu connu de tous. Ils sont déjà mis à contribution lors notamment des marées noires ou équipent encore des postes d'avitaillement de navires, comme ceux du Vieux Port à Marseille. Ils sont également utilisés à des fins de prévention de fuites au fond des cales, et peuvent également servir à la dépollution des récupérateurs d'eaux fluviales.

Nous sont alors venues plusieurs questions :

- Qu'est ce qui fait du cheveu une bonne solution à la dépollution ?
- Quels sont les éléments qui influencent sa qualité ?
- Pouvons-nous récupérer les hydrocarbures adsorbés ?

Nous chercherons à étudier ces questions à travers les raisonnements à suivre.

2. Le cheveu comme solution, description du phénomène

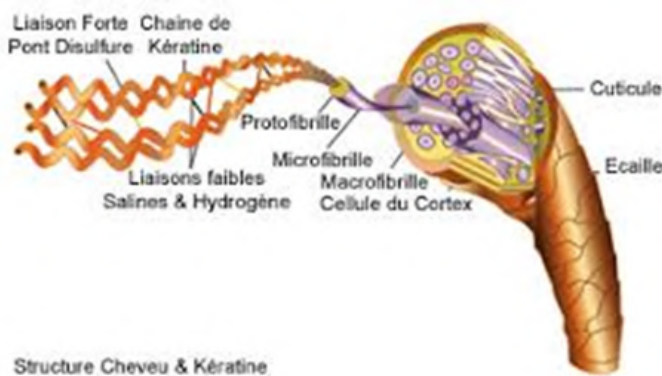
2.1. Le cheveu, une solution ...

Le cheveu de prime abord paraît être une solution étrange au traitement de notre sujet. Mais quand on analyse bien ses propriétés, on se demande pourquoi on n'y a pas pensé plus tôt !

En effet, le cheveu est lipophile, c'est-à-dire qu'il adsorbe les graisses des hydrocarbures et des huiles solaires.

Ce phénomène s'explique par la polarité des espèces chimiques qui entrent en jeu, que ce soit celle du cheveu, ou celle des hydrocarbures.

La polarité fait référence à la distribution des charges électriques à l'intérieur d'une molécule, qui influence son comportement et ses interactions.



Le cuir chevelu est constitué à 95% de kératine, une protéine fibreuse formée de chaînes de 18 acides aminés synthétisée par des cellules situées au fond du follicule pileux. La polarité de la kératine joue un rôle crucial dans la structure des cheveux. Les chaînes de kératine s'organisent en hélices et se lient entre elles grâce à des ponts disulfures et des liaisons de Van Der Waals, ce qui la rend apolaire et une affinité avec des substances non-polaires (comme les huiles et le sébum).

Le caractère lipophile de la kératine facilite ainsi l'adsorption des hydrocarbures, qui sont des composés majoritairement hydrophobes. Et comme dit le dicton : qui se ressemble s'assemble, les cheveux, apolaires, vont attirer les graisses elles mêmes apolaires. Lorsque les cheveux sont placés dans l'eau contaminée, les graisses s'attachent aux surfaces des cheveux, permettant ainsi de les récupérer efficacement.

La kératine en plus de sa polarité présente de nombreuses propriétés utiles à son emploi dans le combat contre les marées noires : imperméabilité, résistance, élasticité et brillance.

Un cheveu présente une bonne résistance et élasticité. Ces deux propriétés sont exploitables afin d'avoir un emploi simple et efficace. La résistance va permettre de créer des boudins de cheveux relativement compacts ce qui pourra permettre d'avoir un moyen durable et fiable. L'élasticité elle, est utile pour la maniabilité des boudins : en effet, il est important de pouvoir manier simplement et facilement le moyen déployé car l'objectif est de réduire le plus

possible les dégâts écologiques et économique et donc de stopper le plus rapidement possible l'expansion de la marée noire. La brillance témoigne de la bonne santé du cheveu, ce qui peut être un indicateur de l'efficacité ainsi que du repérage dans le lieu où sont déposés les boudins : il est important de savoir précisément où sont situés les différents moyens déployés afin d'avoir la meilleure gestion de l'opération.

2.2. Est-il possible de recycler les boudins de cheveux?

Les boudins sont censés être recyclables six à huit fois selon l'association des Coiffeurs Justes. Pour les recycler, il faut séparer les graisses récupérées des boudins.

Nous voudrions voir s'il est possible de réutiliser les huiles solaires mais surtout les hydrocarbures après récupération dans les boudins. Ces derniers pourraient être utiles pour des besoins du quotidien : tondeuse... Et peut-être à plus bas prix. Pour séparer les graisses des cheveux, il faut choisir un solvant miscible avec l'huile et apolaire. Nous avons choisi l'éthanol. Le solvant, miscible avec l'huile solaire, permet d'extraire cette dernière du cheveu.

3. Dispositifs expérimentaux

Le but des expériences à suivre est d'analyser si l'épaisseur des cheveux influe sur la qualité des boudins en mer.

Nous avons concentré nos recherches sur la capacité de nos boudins à adsorber l'huile solaire car plus facile à utiliser dans le laboratoire du lycée que les hydrocarbures.

Nous allons réaliser deux grandes phases de test. La première va consister à créer des boudins optimaux en analysant les propriétés lipophiles du cheveu et l'influence de l'épaisseur des cheveux.

Dans un second temps, nous avons voulu étudier s'il était possible de récupérer l'huile adsorbée par les cheveux afin de la réutiliser. Nous avons également voulu vérifier que les boudins sont utilisables plusieurs fois et chercher la méthode de lavage permettant de conserver au mieux leur efficacité.

3.1. Création du boudin idéal

Pour utiliser les cheveux de manière pratique, on réunit ces derniers en boudins que l'on fait flotter sur les océans. C'est ce que l'on a essayé de reproduire dans nos laboratoires en utilisant des collants.

Pour constituer les meilleurs boudins, nous avons effectué une série d'expériences basée sur l'épaisseur du cheveu.

3.1.1. Diffraction

Nous avons sélectionné différents cheveux et mesuré leur épaisseur grâce à la diffraction, le but étant de pouvoir analyser leur efficacité en prenant comme seul facteur qui varie leur épaisseur.

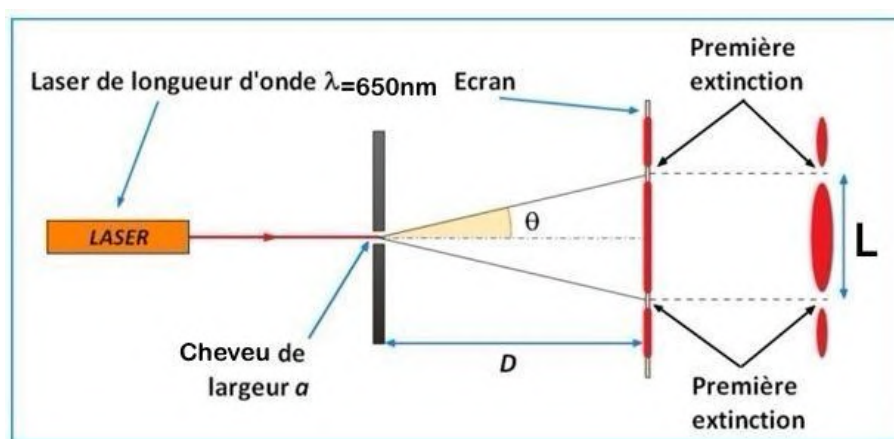
La diffraction est un phénomène physique par lequel une onde qui rencontre un obstacle ou une ouverture de même ordre de grandeur que la longueur d'onde subit un étalement des directions de sa propagation.



Dans les laboratoires de notre lycée, nous avons donc pu analyser l'épaisseur de 6 échantillons de cheveux d'individus différents.

Un laser projette une lumière rouge de longueur d'onde $\lambda=650\text{nm}$ pour former une figure de diffraction sur notre écran, une feuille blanche située à une distance $D=3,00\text{m}$. Nous avons ensuite placé un cheveu de chaque échantillon dans une diapositive devant le laser puis mesuré le plus grand nombre de taches L formées à l'aide d'une règle de précision $0,5\text{ mm}$, pour calculer la taille de la tache

centrale L de manière précise. Après avoir effectué toutes nos mesures, nous avons calculé l'épaisseur d'un cheveu (a).



Grâce à la formule $a = \frac{2\lambda D}{L}$ démontrée en annexe, nous avons calculé l'épaisseur de différents cheveux que nous avons répertoriés dans le tableau suivant, les cheveux étant classés du plus fin au plus épais :

Echantillon	Mesures de L	L	a
1 cheveux bruns lisses	2L = 17,7 cm	L = 8,3 cm	a = 4,4E-5 m
2 cheveux blonds bouclés	3L = 17,8 cm	L = 5,9 cm	a = 6,6E-5 m
3 cheveux bruns bouclés	2L = 9,2 cm	L = 4,6 cm	a = 8,5E-5 m
4 cheveux châains ondulés	2L = 8,5 cm	L = 4,3 cm	a = 9,2E-5 m
5 cheveux brun foncé ondulés	4L = 15,1 cm	L = 3,8 cm	a = 1,0E-4 m
6 cheveux bruns lisses	7L = 20,3 cm	L = 2,9 cm	a = 1,3E-4 m

Le coefficient devant L correspond aux nombres de taches mesurées sur la figure de diffraction, nous avons ensuite divisé la mesure obtenue par ce coefficient.

Nous pouvons ainsi conclure que nos cheveux sont tous différents, plus ou moins épais. Ces différences vont nous permettre de pouvoir étudier si l'épaisseur du cheveux impacte la capacité d'adsorption des huiles des boudins de cheveux.

3.1.2. Tests pH-métriques

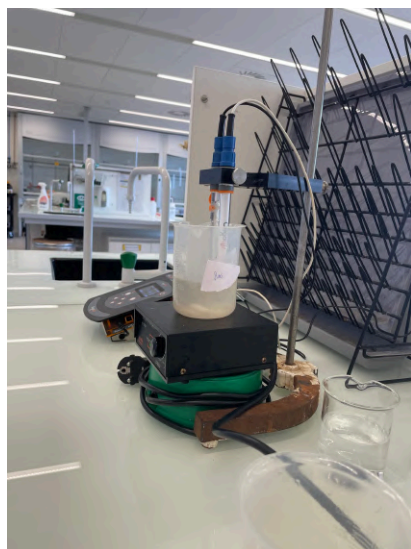
Nous avons réalisé 3 boudins de cheveux de même masse $m=7,00g$ à l'aide de collants. Le seul paramètre que nous avons fait varier est le type de cheveu contenu dans les boudins : un contient les cheveux les plus fins (n°1 dans tableau de diffraction), un autre les deuxièmes plus épais (n°5 dans tableau de diffraction) et enfin un dernier contenant un mélange de cheveux différents en épaisseur. Nous avons placé ces 3 boudins dans 3 béchers différents de 200 mL chacun contenant 150 mL d'eau de mer et 10,20g d'huile solaire.



Nous les y avons laissés deux jours avant d'enlever les boudins pour réaliser différents tests sur l'eau de mer restant dans les béchers afin d'analyser l'efficacité de chacun des boudins et ainsi les comparer. Afin d'obtenir des résultats exploitables, nous ne faisons varier qu'un paramètre, l'épaisseur des cheveux dans le boudin.

Premièrement juste en se basant sur le visuel des béchers après avoir enlevé les cheveux, celui restant le plus trouble et légèrement jaune est celui qui contenait le boudin de cheveux fin, celui semblant le plus clair est celui qui contenait le boudin de cheveux épais et enfin celui contenant le mélange de cheveux semblait être entre les deux précédents.

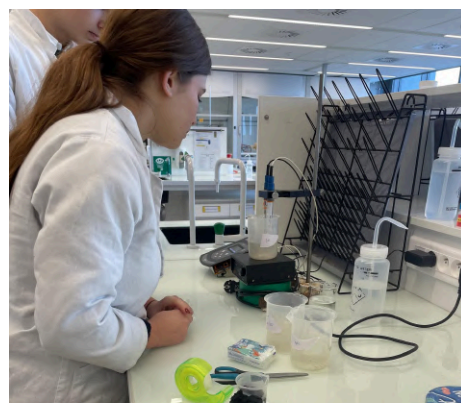
Nous sommes donc partis de l'hypothèse que plus les cheveux sont épais, plus ils adsorbent les huiles.



Pour confirmer cette hypothèse, nous réalisons dans un second temps une étude pH-métrique de l'eau de mer après y avoir laissé les boudins et l'huile solaire. Pour réaliser cette expérience, nous avons dans un premier temps utilisé les pH-mètres de nos laboratoires. Mais les résultats que nous avons trouvés sont proches les uns des autres et l'incertitude reste trop élevée. C'est pourquoi nous avons cherché un endroit où nous pourrions avoir accès à un matériel plus précis. Nous avons donc contacté un professeur de l'Ecole normale supérieure de Paris-Saclay qui nous a gentiment ouvert les portes de leur laboratoire. Nous avons donc pu remener alors notre étude pH-métrique.

Après avoir préalablement étalonné le pH-mètre, nous plaçons la sonde dans un bécher de 200 mL contenant 150 mL d'eau de mer afin de connaître son pH. Nous obtenons un $\text{pH} = 7,90$.

Nous réitérons la manipulation avec le contenu restant dans les trois béchers après avoir enlevé les boudins qui y sont restés deux jours ainsi qu'avec un bécher témoin contenant de l'eau de mer et de l'huile.



Nous avons répertorié les résultats dans le tableau suivant:

Contenu du bécher	Résultat
Eau de mer	$\text{pH} = 7,9$
Huile solaire	$\text{pH} = 5,4$
Eau de mer et huile solaire	$\text{pH} = 6,8$
Eau et huile restant après avoir enlevé le boudin de cheveux fins	$\text{pH} = 7,1$
Eau et huile restant après avoir enlevé le boudin de cheveux de différents types	$\text{pH} = 7,3$
Eau et huile restant après avoir enlevé le boudin de cheveux épais	$\text{pH} = 7,5$

Nos mesures étant encore relativement proches, nous les avons réalisées 7 fois. Ensuite nous avons créé un programme python qui nous a permis de calculer une valeur moyenne et l'incertitude de chaque mesure. Cf. annexe.

Grâce à ce programme, nous pouvons observer que la plupart de nos mesures sont cohérentes.

Cependant, nos valeurs restant tout de même très proches, nous ne pouvons baser notre analyse seulement sur un test pH-métrique, c'est pourquoi nous avons mené une nouvelle expérience...

3.1.3. Confirmation par spectrophotométrie

Enfin nous avons utilisé un spectrophotomètre pour confirmer les résultats des tests pH-métriques et voir si nous pouvions détecter la présence d'huile grâce au spectre d'absorption.

En effet, nous utilisons les huiles ou crèmes solaires puisque elles créent un écran solaire chimique qui absorbe les rayons UV pour nous en protéger. Ainsi, si l'eau de mer contient de l'huile solaire, il est possible de la détecter en analysant son spectre d'absorption. Si l'eau contient de l'huile, nous devrions trouver des pics d'absorption aux alentours de 300 nm-400 nm principalement puisque les filtres chimiques qu'elle contient absorbent les UV dont les UV A dont la longueur d'onde se rapproche du domaine du visible. De plus, notre huile solaire est jaune donc si il y en a dans l'échantillon testé nous devrions trouver un pic important autour des 400 nm.

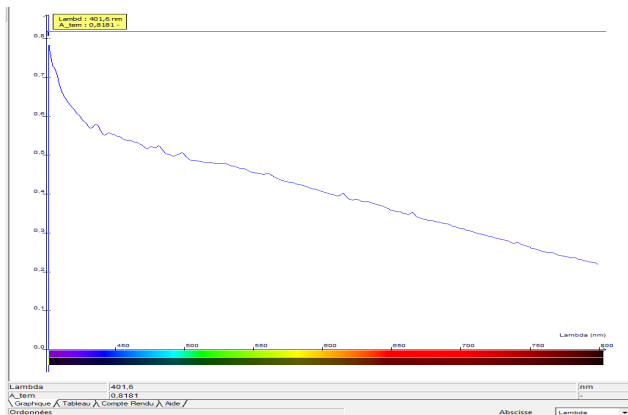
En effet d'après la synthèse additive des couleurs, le jaune est obtenu par l'addition du rouge et du vert donc un échantillon de couleur jaune diffuse les rayons de longueur d'onde environnant les 560 nm.

L'échantillon contenant du jaune absorbe sa couleur complémentaire : le violet obtenu par la synthèse additive du bleu et du rouge. Si il y a de l'huile solaire, nous devrions observer un pic d'absorption aux alentours de 400 nm (violet), un autre vers 490 nm (bleu) et un dernier vers 650 nm (rouge).

Nous avons donc utilisé un spectrophotomètre UV visible de nos laboratoires. Nous avons obtenu des spectres exploitables pour la solution témoin (eau huile) et la cuve avec boudin de cheveux fins, mais pas pour les deux autres où il restait moins d'huile. C'est pour cela que nous sommes allés à l'ENS.

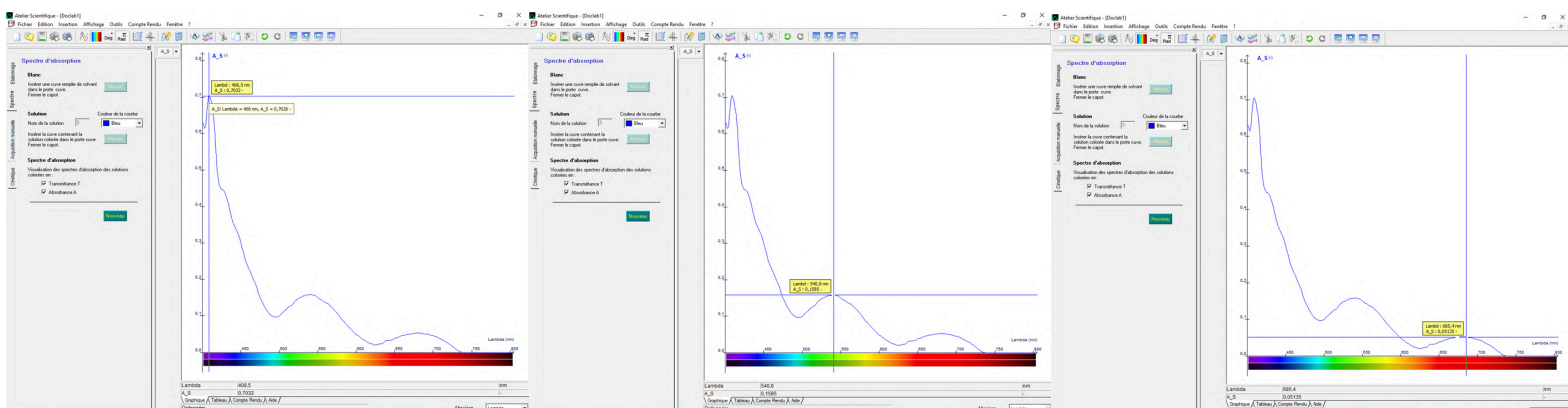
Dans nos laboratoires, nous avons obtenu les spectres suivants :

Cuve Témoin : solution sans cheveux :



On observe un pic très important d'absorption à 400 nm et une quasi-linéarité du spectre ce qui traduit de la très forte présence d'huile.

CUVE 1 : solution qui contenait le boudin de cheveux fins (44,1 µm)



Le spectre d'absorption présente 3 pics majeurs témoignant de la présence d'huile :

- le plus grand à $\lambda = 408,5$ nm avec une absorbance égale à $A = 0,7032$
- un deuxième à $\lambda = 540,8$ nm avec une absorbance $A = 0,1585$
- le plus petit à $\lambda = 685,4$ nm avec une absorbance $A = 0,05135$

Les spectrophotomètres de nos laboratoires n'allant pas plus bas que 400 nm, nous avons cherché d'autres appareils nous permettant plus de précision.

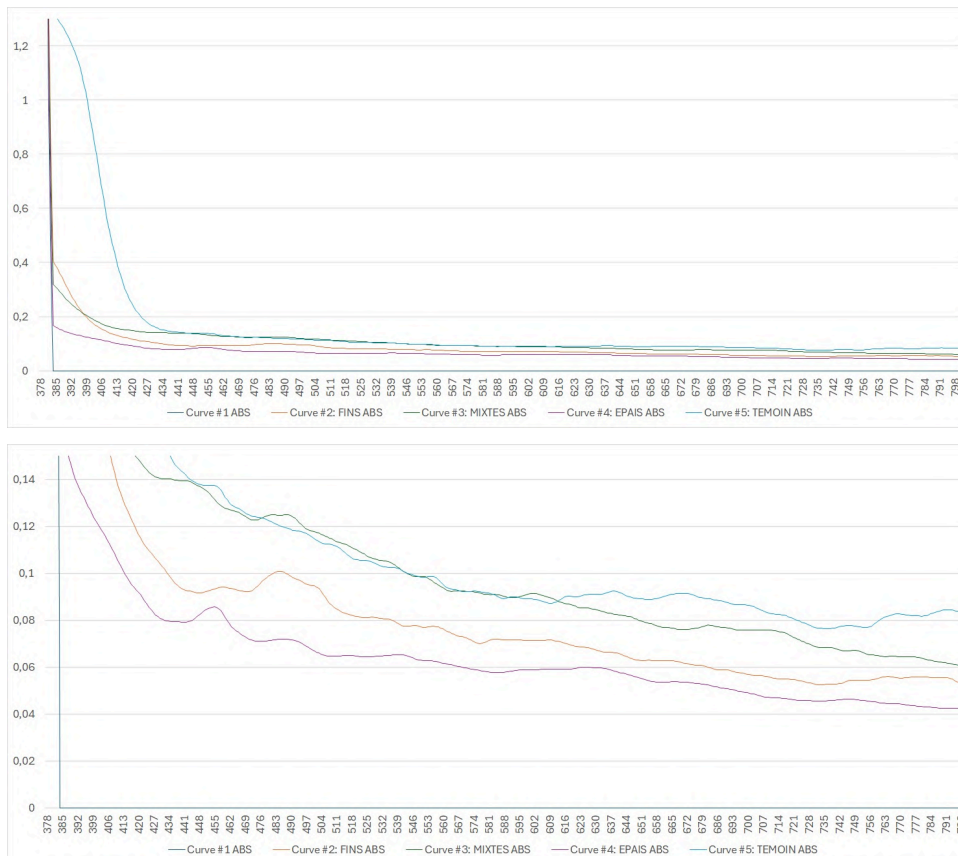
C'est pourquoi nous avons aussi refait cette expérience dans les laboratoires de l'ENS.

Nous avons réalisé 5 cuves :

- Une première avec de l'eau de mer pour faire le réglage du blanc, c'est à dire avec le solvant de nos expériences, ici l'eau de mer.(cuve 1)
- Une deuxième (cuve 2) avec la solution issue du béccher dans lequel nous avons placé les cheveux fins qui semblent avoir le moins bien absorbé les graisses.

- Une troisième (cuve 3) avec la solution issue du bécher dans lequel nous avons placé les cheveux mixtes qui semblent avoir mieux absorber les graisses.
- Une quatrième (cuve 4) avec la solution issue du bécher dans lequel nous avons placé les cheveux épais qui semblent être les plus efficaces.
- une cinquième (cuve 5) avec la solution témoin : huile et eau de mer sans boudin

Nous avons alors pu obtenir les spectres suivants :



On observe un pic très important pour toutes les solutions entre 385 nm et 420 nm ce qui montre la présence d'huile solaire dans une quantité plus ou moins importante. En effet, le pic est le plus important pour la cuve 5 contenant la solution témoin qui n'a pas eu de boudins, et donc celle où il reste le plus d'huile puisqu'elle n'a pas pu être adsorbée. De plus la solution où nous avons placé les cheveux absorbant le plus autour de cette longueur d'onde, et donc celle où il reste le plus d'huile correspond à celle où il y a eu le boudin de cheveux fins (cuve 2), suivie de celle contenant le boudin de cheveux mixtes (cuve 3) et enfin celle absorbant le moins cette longueur d'onde est celle contenant le boudin de cheveux épais (cuve 4). C'est donc le boudin de cheveux qui a le plus adsorbé l'huile solaire.

Ces résultats confirment nos premières observations et hypothèses, plus le cheveux est épais, plus il adsorbe les huiles. Pour avoir un boudin des plus efficaces, il faudrait n'utiliser que les cheveux les plus épais. Néanmoins, ce tri n'est pas possible chez les coiffeurs qui ne peuvent savoir à l' il nu l'épaisseur des cheveux. Le boudin qui se rapproche le plus de la réalité bien qu'ils soient tous différents serait celui composé de cheveux mixtes.

3.1.4. Quantification par décantation

Pour calculer plus précisément la masse d'huile restante après avoir enlevé les boudins, nous avons essayé de séparer la phase huileuse de la phase aqueuse.

Pour cela nous avons placé dans une burette graduée les solutions restantes dans les béchers. N'ayant une contenance que de 25 mL, nous avons dû d'abord attendre la décantation dans ces 25 mL pour isoler l'huile et ainsi vider la phase aqueuse avant de la remplir, et ainsi réaliser cette manipulation jusqu'à ce que toute la solution de chaque bécher ait été décantée.

Cette manipulation est réalisable grâce à la densité de l'huile qui est inférieure à celle de l'eau de mer : en effet $d_{\text{eau de mer}} = 1,025$ et nous avons calculé celle de notre huile solaire :

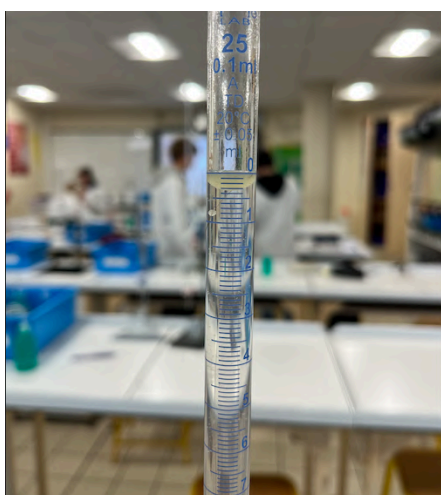
$$m_{\text{huile}} = 12,37 \text{ g} \quad V_{\text{huile}} = 15,0 \text{ mL}$$

$$\text{donc } \rho_{\text{huile}} = \frac{m_{\text{huile}}}{V_{\text{huile}}} = 0,825 \text{ g/mL}$$

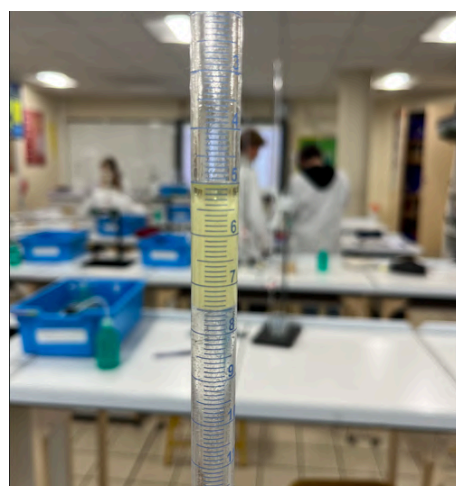
$$d_{\text{huile}} = \frac{\rho_{\text{huile}}}{\rho_{\text{eau}}} = \frac{0,825}{1,000} = 0,825$$

$d_{\text{huile}} < d_{\text{eau de mer}}$, donc la phase huileuse sera bien au-dessus de la phase aqueuse.

Voici les résultats obtenus :



Cheveux épais :
0,40 mL d'huile restante soit 0,33 g



Cheveux fins :
2,5 mL d'huile restante soit 2,1 g

3.2. Un recyclage possible ?

Nous avons décidé dans cette partie d'étudier la suite du cycle du boudin après son utilisation: son recyclage. D'après l'association des Coiffeurs Justes, les boudins seraient réutilisables au moins six fois. Des entreprises comme Sol-Hair insulation ou encore Ecofair réalisent des projets autour du recyclage de cheveux avec par exemple la création de panneaux d'isolation thermiques. Nous nous sommes donc demandés comment on pourrait recycler ces cheveux, et, si les huiles qu'on en extrait pourraient aussi être réutilisables. Pour recycler l'huile et les cheveux, il faut les séparer. C'est ce que nous avons cherché à faire. Pour cela, nous avons utilisé deux techniques : la distillation et le nettoyage.

3.2.1. La distillation



La technique de la distillation peut nous permettre de récupérer l'huile adsorbée par les cheveux. Nous avons sélectionné pour cette partie le boudin de cheveux épais, car c'est avec celui-ci que nous avons pu récolter le plus d'huile.

Pour séparer le boudin de cheveux de l'huile adsorbée, on utilise le principe d'extraction par solvant.

Nous plaçons d'abord les cheveux ayant adsorbé l'huile solaire dans un bécher et ajoutons de l'éthanol C_2H_6O . En effet, ce dernier est miscible avec l'huile et non avec l'eau grâce à ses propriétés physico-chimiques.

Les cheveux doivent être immergés pour que l'extraction soit la plus efficace possible, nous avons mis 8,0 mL d'éthanol.

Nous remuons le bécher pour que l'action soit plus efficace. On fait ensuite reposer le mélange contenu dans le bécher pendant environ 10 à 15 minutes.



Après le repos, on enlève le boudin du bécher et on le presse à l'aide d'une seringue pour en récupérer le plus de solution possible. De cette manière, on obtient un mélange solvant et huile solaire d'un côté et les cheveux de l'autre.

Afin de récupérer l'huile sans le solvant utilisé pour l'extraction, on utilise ensuite le principe d'évaporation par distillation.

En effet, on peut utiliser le principe de l'évaporation car l'éthanol et l'huile n'ont pas la même température de vaporisation.

T° de vaporisation de l'éthanol : 78,37 °C à pression atmosphérique normale (1 atm)
T° de vaporisation de l'huile solaire : dépend des composants des huiles mais varie entre 150 et 300 °C.

La température de vaporisation du solvant étant largement inférieure à celle de l'huile, si on chauffe les deux, la vaporisation de l'éthanol va se faire, se séparant ainsi de l'huile qui elle reste à l'état liquide dans le ballon.

Ce principe peut être adapté aux hydrocarbures afin de les récupérer.

Nous avons pesé le ballon et la solution avant distillation $m=126,42$ g et après $m=119,09$ g. On a réussi à récupérer 7,33 g d'huile.

Nous avons réitéré la manipulation pour le boudin de cheveux moyens et nous avons réussi à récupérer $m=7,26$ g d'huile.



Ensuite, nous avons cherché à savoir si le boudin de cheveux aussi pouvait être réutilisé après en avoir extrait l'huile par solvant. Nous avons donc replongé le boudin de cheveux épais dans les mêmes conditions que dans la partie 3.1.2. Pour tester son efficacité, nous avons refait une décantation et avons trouvé une quantité d'huile de 2 mL soit 1,65 g. En comparaison, c'est cinq fois plus que lors de sa première utilisation. On peut donc constater que la qualité du boudin s'est dégradée entre les deux mais le boudin garde tout de même une certaine efficacité car il a adsorbé 8,55 g d'huile.

3.2.2. Le nettoyage au shampoing

Ensuite nous avons réfléchi à une manière plus simple de traiter les boudins. S'il on nettoie nos cheveux avec du shampoing, pourquoi ne pourrions nous pas faire de même avec nos boudins ?

Nous avons donc pris le boudin de cheveux fins de la partie 3.1.2 et l'avons placé dans une bassine d'eau. Nous avons rajouté du shampoing et avons pressé le boudin. Nous avons pu constater rien que visuellement que l'huile en sortait. Nous avons réitéré le même procédé que pour le boudin de cheveux épais et après décantation de la solution d'eau de mer et d'huile après deux jours avec le boudin de cheveux fins, il restait 2,7 mL d'huile dans la solution contre 2,5 mL à la première utilisation. Les résultats sont presque identiques.

Cela démontre une bonne efficacité de cette technique, qu'on pourrait plus démocratiser que la distillation. Cependant, ce nettoyage ne permet de récupérer que les boudins, et non les huiles...

Les associations assurent qu'après le recyclage des boudins dans la mer, ces derniers sont récupérés pour servir d'isolant dans le secteur de la construction. La vie de nos cheveux ne s'arrête donc jamais !

4. Conclusion

4.1. Conclusion des expériences

La réalisation de nos expériences nous a permis de confirmer notre hypothèse de départ : l'épaisseur des cheveux influe sur la qualité des boudins.

La première partie de nos expériences nous a permis de comprendre et de réaliser le phénomène étudié.

Nous avons pu mettre en évidence l'acidité des huiles solaires qui sont, de ce fait, un danger pour l'équilibre des écosystèmes marins. L'ajout d'huile solaire dans l'eau de mer a acidifié la solution tandis que nous avons pu observer que plus les cheveux étaient épais, plus le pH était haut ce qui témoigne du bon fonctionnement de l'adsorption par les cheveux.

Enfin nous avons vérifié ces résultats grâce à la spectrophotométrie qui nous a permis de mettre en avant plus précisément l'efficacité des boudins. Cette expérience a confirmé les résultats des précédentes : le boudin le plus efficace est celui composé de cheveux épais suivi de près par celui composé d'un mélange de cheveux et enfin celui contenant les cheveux fins.

Néanmoins, cela prend du temps de trier les cheveux en fonction de leur épaisseur, et comme l'efficacité du boudin de cheveux mixtes est assez proche de celui des cheveux épais, pour une utilisation à grande échelle comme pour lutter contre les marées noires, il vaut mieux réaliser le plus grand nombre possible de boudins composés de tous les types de cheveux pour une plus grande efficacité.

Le recyclage des boudins et des huiles est aussi possible. Avec deux manières de procéder, les huiles et/ou les boudins peuvent être réutilisables.

4.2. Impact financier, un projet réalisable ?

Tout le monde va régulièrement chez le coiffeur pour se faire couper les cheveux. Les poubelles des coiffeurs sont composées à 50% de cheveux et ils sont jetés par kilos tous les jours, une quantité qui représente 200 L de cheveux par an et par coiffeur. Un sac de recyclage peut contenir environ 220 coupes soit environ 2 kg de cheveux. Mais ces coupes peuvent permettre à la planète un avenir durable sans pour autant nécessiter de moyens financiers astronomiques ni l'utilisation de ressources rares.

Des associations ont déjà développé des systèmes permettant de récupérer les cheveux comme celle que nous avons citée précédemment, les Coiffeurs Justes. Ainsi chaque coiffeur doit verser 25 euros pour participer au programme, une participation qui permet de financer les différents coûts de la mise en place du projet mais qui n'arrête pas les 3500 salons partenaires. Ils doivent également financer les sacs de recyclage, à hauteur de 1 euro l'unité; ces sacs sont évidemment éco-responsables car fabriqués à partir de bois français, et utilisant de la colle de maïs et de l'encre alimentaire, ces sacs étant entièrement biodégradables.

L'envoi de 2 kilos de cheveux, soit un sac de recyclage, représente un coût de 6 euros via Mondial Relay, à la charge du coiffeur qui s'ajoutent aux nombreux coûts du salon. Néanmoins, un système de participation de la clientèle peut être mis en place afin d'encourager ces pratiques sans pénaliser les coiffeurs. Si chacun fait un geste, le coût sera vite comblé.

Grâce à cet engagement, 40 tonnes de cheveux sont récupérées tous les ans. La piste de quantification du produit répandu à la surface est également une question importante puisque sa connaissance permet de mettre en place des dispositifs à la hauteur des dégâts et de la quantité d'huile (ou hydrocarbures dans de vraies conditions) et donc de potentiellement limiter le coût de la mise en place de l'opération.

4.3. Justice pour l'écrevisse !

Finalement, notre projet a pour but de réduire fortement les dégâts causés par ces marées noires et autres pollutions de ce genre dans l'océan. La faune et la flore qui y vivent créent un écosystème important, qui est déjà menacé par les déchets que les humains rejettent. Tout type de polluant déversé peut être fatal pour une espèce que ce soit pour les coraux, les poissons, les algues ou encore des espèces plus importantes comme des requins ou des dauphins. Cette question de la protection de l'environnement est encore aujourd'hui difficile à résoudre mais notre projet aide à mieux comprendre les dispositifs déjà mis en place par de nombreuses associations.

5. Bibliographie

https://www.wedemain.fr/decouvrir/ces-coiffeurs-ecolos-recyclent-vos-cheveux-pour-nettoyer-les-oceans_a4316.html/

<https://coiffeurs-justes.co>

<https://www.parlonsplanete.com/planete/preservation-respect/cheveux-pollution-ocean>

<https://www.parismatch.be/actualites/environnement/2019/07/27/vos-cheveux-peuvent-ils-contribuer-a-la-depollution-des-oceans-JX2Q3XL66VEYLB2UK2SABNH3EI/>

https://www.wedemain.fr/decouvrir/ces-coiffeurs-ecolos-recyclent-vos-cheveux-pour-nettoyer-les-oceans_a4316.html/

 Nos cheveux pour lutter contre les marées noires ? - C Jamy

https://www.francetvinfo.fr/replay-radio/le-billet-vert/environnement-quel-est-limpact-des-cremes-solaires-sur-les-oceans_5210290.html

6. Remerciements

Nous remercions Madame Roman, notre professeure de physique et professeure principale, de nous avoir accompagnés tout au long de nos expériences, de nous avoir soutenus et encouragés avec le sourire tout au long du projet.

Nous remercions aussi Madame Peytavin, notre laborantine, pour son aide précieuse au sein des laboratoires.

Nous remercions également nos partenaires qui nous ont aidé à réaliser ce projet grâce à du matériel performant : l'Ecole Normale Supérieure de Paris Saclay et le Lycée et Classe Préparatoire Sainte Geneviève à Versailles qui nous ont ouvert leurs laboratoires.

Merci à Thierry Roland, qui nous a aidé dans notre collecte de cheveux, ainsi qu'à François chez Franck Provost à Vaucresson.

Enfin merci à tous nos donateurs de cheveux qui nous ont permis de réaliser ce projet !